



**Fyzikální ústav**  
Akademie věd ČR, v. v. i.

# Výroční zpráva

o činnosti a hospodaření  
za rok



**2015**





Výzkumná činnost ve Fyzikálním ústavu AV ČR, v. v. i., (dále jen FZÚ) probíhala v roce 2015 se stejným úsilím jako v předchozích letech. Směry výzkumu odpovídají zaměření jednotlivých vědeckých sekcí. V oblasti fyziky elementárních částic se naše činnost mimo jiné zaměřila na studium top kvarku – nejtěžší známé částice, která je svojí hmotou srovnatelná s jádrem ytterbia a v jejich rozpadech lze dobře ověřovat platnost současných teorií. V astročásticové fyzice se rozbíhá vývoj nových detektorů pro modernizaci Observatoře Pierra Augera. Ta by tak v závěrečné dekádě své existence měla významně zpřesnit výsledky, kterých bylo dosaženo od počátku jejího vědeckého provozu v roce 2004.

V oblasti fyziky pevných látek, tradičně nejširě pěstované fyzikální disciplíně ve FZÚ, bylo dosaženo řady významných výsledků. Například byl experimentálně ověřen zvláštní typ světelné emise křemíkových nanokrystalů, byl objasněn mechanismus superelastické deformace materiálů s tvarovou pamětí nebo byla vypracována technologie nanášení hematitových fotoanod vhodných k solárnímu rozkladu vody. Byly pozorovány nové jevy v kapalných krystalech. Zkoumání topografie grafenu na různě modifikovaném substrátu, prováděné v rámci FZÚ, má velký aplikační potenciál. Ten má i námi nově vyvinutá metoda zpracování dat elektronové difrakce, která umožňuje strukturní analýzu i z mikrokrytalických či nanokrytalických vzorků. Podobně přínosná je i nová metoda přípravy tenkovrstvých scintilátorů na bázi granátů dopovaných gadoliniem a galiem, připravených metodou kapalně epitaxe. V neposlední řadě teoretické práce objasňující jevy v tzv. Hundově kovu přibližují vysokoteplotní supravodivost blíže k praktickému použití.

Optika rovněž tradičně patří k oborům pěstovaným ve FZÚ. Kvantového počítání se týká nový typ hradla s vyšší účinností. Na opačné straně spektra energie fotonů je metoda pro kontrolu parametrů rentgenových svazků produkovaných lasery na volných elektronech nebo optickými lasery. Rentgenové svazky nám pak umožňují mimo jiné studovat prohráté husté plazma a můžeme tak studovat jevy, které se odehrávají ve vzdáleném vesmíru. Optické lasery zase dovolí zkoumat interakce dvou ultra krátkých vysokoenergetických pulzů a jevy s tím spojené.

Zatímco kvalitní výzkum dokáže pružně reagovat na nové trendy uvnitř jednotlivých oborů, posuny v oborovém zaměření probíhají ve škále několika let. V případě FZÚ to platí určitě pro biofyziku, ale také pro změny, které se zákonitě dostaví v důsledku zásadní proměny experimentální infrastruktury ústavu. Rozbíhá se výzkum na zařízeních, která jsme pořídili v rámci projektů LABONIT a FUNBIO operačního programu Praha – Konkurenceschopnost. V rámci tohoto operačního programu jsme v uplynulém roce podali, získali a stihli realizovat také program ASTRA v hodnotě téměř 40 mil. Kč. Ten zásadně posílí experimentální základnu Oddělení strukturní analýzy. Celkově tak FZÚ získal ve čtyřech podaných projektech operačního programu Praha – Konkurenceschopnost na své přístrojové vybavení 200 mil. Kč.

Pro úspěšný rozvoj ústavu je zásadní spolupráce s vysokými školami. I vloni probíhala stejně intenzívně jako v předešlém roce. Obhájilo se 23 doktorandů a 11 diplomantů, kteří byli školeni pracovníky Fyzikálního ústavu. Popularita FZÚ mezi studenty závisí na přednáškové činnosti našich pracovníků na vysokých a středních školách. Vědečtí pracovníci FZÚ se podílejí na výuce více než deseti fakult různých vysokých škol, zejména na Univerzitě Karlově, ČVUT a Univerzitě Palackého. Jak v zimním, tak letním semestru se naši zaměstnanci podílejí na přípravě více než 70 různých přednášek a kurzů a každý semestr odučí více než 2000 hodin. Povědomí o nás mezi středoškolskými studenty samozřejmě zvyšuje popularizace fyziky a vědy vůbec.

Zatímco výše popisované aktivity představují běžnou činnost ústavu, tři další události v roce 2015 byly výjimečné. V prosinci byla po pěti letech zakončena fáze budování HiLASE. FZÚ tím získal moderní infrastrukturu



v hodnotě 800 mil. Kč vybavenou nejmodernějšími lasery pro využití jak v průmyslových aplikacích, tak ve vybraných oborech bádání rozvíjených v rámci FZÚ – například ve fyzice polovodičů nebo kovů. HiLASE tak nejen zásadně změní činnost Sekce výkonových systémů, ale také prospěje v delším časovém horizontu některým dalším směrům výzkumu v ústavu.

Na konci loňského roku byla úspěšně završena I. fáze projektu ELI Beamlines, která trvala pět let. Od července 2015 již používáme pracovní spolu s poslucháři v multifunkční části a na konci roku byla zkolaudována i zbývající laboratorní a laserová část objektu v Dolních Břežanech. Zakončení I. fáze znamená i velký manažerský počín – byla uzavřena etapa v hodnotě přes 200 mil. EUR. Ve zbývající II. etapě v hodnotě 70 mil. EUR půjde především o završení běžících kontraktů, instalaci technologických zařízení a zahájení experimentálního programu. Stále ovšem zbývá vyprojektovat a vyrobit řadu komponent.

Velmi významnou událostí minulého roku bylo pravidelné pětileté hodnocení ústavů AV ČR. Dvě odborné komise hodnotily celkem 22 týmů FZÚ. Příprava hodnocení sice přidala vedoucím týmů další činnost navíc kromě běžné administrace grantů, přesto je ale nutné konstatovat, že hodnocení 2015 bylo daleko lépe organizováno než hodnocení předchozí. Je potěšitelné, že 21 % z celkem 535 námi předložených prací bylo zařazeno do nejvyšší kategorie „*world leading*“ a 47 % do druhé nejvyšší kategorie „*internationally excellent*“. Výhrady komisí se v případě několika týmů týkaly jejich velikosti nebo věkového složení či širě oboru bádání. Vedení i Rada ústavu se těmito náměty budou zabývat.

I v roce 2015 zůstávají v platnosti již bohužel pravidelné stesky na nízké institucionální financování, stále se měnící a stále komplikovanější zadávání veřejných zakázek, neúměrně složitou administraci projektů, zejména těch z operačních programů, a celkovou společenskou atmosféru při čerpání veřejných financí.

Rok 2015 byl náročný, zejména vzhledem k výše uvedeným událostem. To, že jsme se jich úspěšně zhostili, je výsledkem svědomité a obětavé práce všech zúčastněných, tedy zaměstnanců FZÚ, kteří proto rozhodně zasluhují uznání a poděkování za jejich celoroční úsilí.

V Praze, 8. května 2016  
prof. **Jan Řídký**, DrSc.  
ředitel FZÚ AV ČR





# Výroční zpráva o činnosti a hospodaření za rok 2015

- **Zpracovatel:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
IČO: 68378271
- **Sídlo:** Na Slovance 2  
182 21 Praha 8  
tel.: 266 052 121  
fax.: 286 890 527  
e-mail: [secretary@fzu.cz](mailto:secretary@fzu.cz)  
<http://www.fzu.cz>
- **Zřizovatel:** Akademie věd ČR

Dozorčí radou pracoviště projednáno dne 3. června 2016

Radou pracoviště schváleno dne 14. června 2016

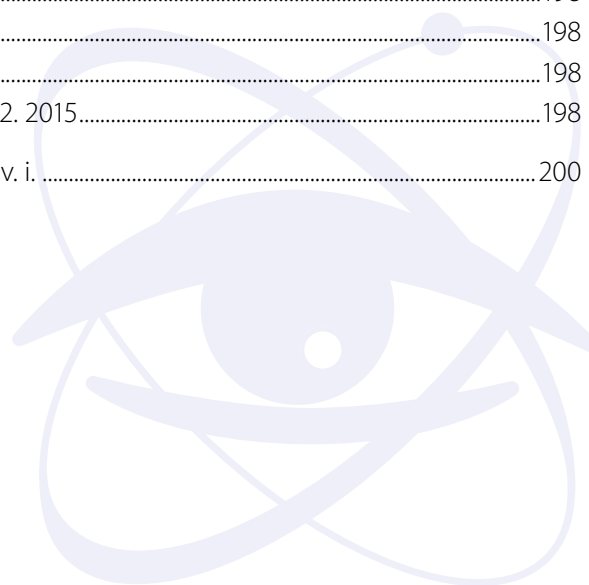
V Praze dne 15. června 2016

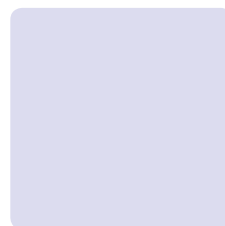
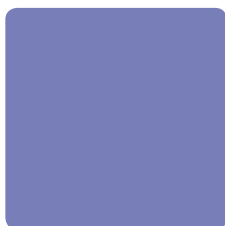


# Obsah

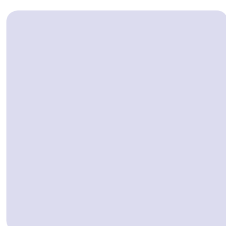
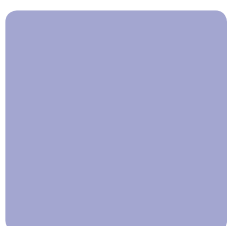
<b>I. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti</b> .....	7
Složení orgánů pracoviště.....	8
Rada pracoviště .....	8
Dozorčí rada pracoviště.....	8
Změny ve složení orgánů.....	8
Informace o pracovišti.....	9
Rada pracoviště.....	9
Dozorčí rada pracoviště.....	11
Informace o změnách zřizovací listiny .....	17
Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců .....	17
Dvořáková přednáška 2015: Rentgenové lasery a nové výzvy pro vědy o struktuře látek.....	18
Základní informace o pracovišti.....	19
Další specifické informace o pracovišti .....	20
Přehled oddělení a skupin.....	26
Struktura pracoviště.....	27
Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2015 .....	28
Základní personální údaje.....	29
<b>II. Hodnocení hlavní činnosti</b> .....	31
Sekce fyziky elementárních částic v roce 2015 .....	32
Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2015.....	39
Sekce fyziky pevných látek v roce 2015.....	52
Sekce optiky v roce 2015.....	64
Sekce výkonových systémů v roce 2015 .....	74
Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2015.....	86
Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2015 .....	98

Spolupráce s vysokými školami v roce 2015 .....	103
Spolupráce s VŠ na uskutečňování bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů .....	103
Pedagogická činnost pracovníků ústavu.....	104
Vzdělávání středoškolské mládeže .....	104
Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu.....	104
Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2015.....	105
Společná pracoviště ústavu s účastí VŠ .....	105
Akreditované programy .....	110
Popularizace, konference, hosté, dohody.....	112
Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště .....	112
Akce s mezinárodní účastí, které pracoviště organizovalo nebo v nich vystupovalo jako spolupořadatel.....	112
Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště .....	114
Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2015 .....	115
Statistika zahraničních styků.....	118
Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2015.....	121
Přehled.....	121
Knihy, monografie .....	122
Kapitoly v knihách .....	122
Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2015 .....	123
Publikace v impaktovaných časopisech.....	138
Patenty .....	178
Užitné a průmyslové vzory .....	180
<b>III. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2015 .....</b>	<b>183</b>
Rozvaha .....	184
Výkaz zisku a ztrát.....	187
Příloha k účetní závěrce.....	189
Předpokládaný vývoj pracoviště .....	198
Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů .....	198
Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí.....	198
Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2015.....	198
Zpráva nezávislého auditora pro Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. ....	200





# I. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti





# Složení orgánů pracoviště

Ředitel pracoviště: prof. Jan Řídký, DrSc.

## Rada pracoviště

Předseda:	Petr Reimer, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Místopředseda:	doc. Ing. Martin Nikl, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Interní členové:	RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prom. fyz. Milada Glogarová, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Josef Krása, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prof. Jan Řídký, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Petr Šittner, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Externí členové:	RNDr. Pavel Hedbávný, CSc.	Vakuum Praha s. r. o.
	prof. Dr. Martin Hof, DSc.	ÚFCH JH AV ČR, v. v. i.
	prof. RNDr. Jiří Hořejší, DrSc.	MFF UK v Praze
	prof. RNDr. Josef Humlíček, CSc.	PřF MU v Brně
	Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	ÚFM AV ČR, v. v. i.
Tajemník:	RNDr. Jiří Rameš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.

## Dozorčí rada pracoviště

Předseda:	RNDr. Jan Šafanda, CSc.	GFÚ AV ČR, v. v. i.
Místopředseda:	Ing. Ivan Gregora, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Členové:	prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.	FJFI ČVUT v Praze
	prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc.	VR AV ČR
	prof. Ing. Miloslav Havlíček, DrSc.	FJFI ČVUT v Praze
	RNDr. Petr Lukáš, CSc.	ÚJF AV ČR, v. v. i.
Tajemník:	Ing. Miroslav Hořejší	FZÚ AV ČR, v. v. i.

## Změny ve složení orgánů

V roce 2015 nedošlo ke změnám ve složení rady pracoviště a ve složení dozorčí rady pracoviště.



# Informace o pracovišti

## ■ Rada pracoviště

### Data zasedání Rady FZÚ AV ČR, v. v. i.

56. zasedání	24. 3. 2015	59. zasedání	23. 6. 2015
57. zasedání	28. 4. 2015	60. zasedání	22. 9. 2015
58. zasedání	26. 5. 2015	61. zasedání	8. 12. 2015

Zápisy ze všech zasedání Rady FZÚ jsou zveřejněny na webové stránce <http://www.fzu.cz/rada-fzu>

### Na zasedání Rady byli zváni:

RNDr. Jan Šafanda, CSc., předseda Dozorčí rady FZÚ  
 Ing. Ivan Gregora, CSc., místopředseda Dozorčí rady FZÚ  
 RNDr. Michael Prouza, Ph.D., vědecký tajemník FZÚ  
 prof. Jiří Chýla, CSc., člen Akademické rady AV ČR  
 Ing. Vladimír Nekvasil, DrSc., člen Vědecké rady AV ČR  
 Ing. Roman Hvězda, zástupce ředitele FZÚ pro projekty operačního programu VáVpl,  
 manažer projektu ELI Beamlines

### Významné záležitosti projednané Radou FZÚ

- Rada se opakovaně zabývala problematikou projektu ELI Beamlines. Na zasedáních Rady vystupovali k tomuto tématu manažer a vedoucí sekce realizace projektu ELI Beamlines R. Hvězda a ředitel FZÚ J.Řídký. Informovali Radu o vývoji a aktuálním stavu projektu. Ve svých prezentacích se věnovali stavbě, technologiím, experimentům, harmonogramu realizace, vývoji obsazení projektového týmu, managementu, rozpočtovým opatřením, výběrovým řízením a dalším otázkám. V roce 2015 byla ukončena první fáze projektu, v jejímž rámci byla mimo jiné kompletně dokončena výstavba budov. V říjnu 2015 proběhlo slavnostní otevření mezinárodního laserového výzkumného centra ELI v Dolních Břežanech. Rada se seznámila i s problematikou přechodu do druhé fáze projektu (2016-2017) a otázkami spojenými s financováním provozu laboratoře ELI Beamlines po jejím vybudování. Ke všem těmto tématům proběhla obsáhlá diskuse. *Viz zápisy z 57., 58., 60. a 61. zasedání.*
- Rada projednala a schválila návrh rozpočtu provozních nákladů a výnosů a výhled financování investičních potřeb FZÚ pro rok 2015, *viz zápis z 57. zasedání.*
- Rada schválila návrh na rozdělení zisku za rok 2014 do rezervního fondu a do fondu reprodukce majetku, *viz zápis z 61. zasedání.*
- Rada schválila Výroční zprávu o činnosti a hospodaření FZÚ za rok 2014, *viz zápis z 59. zasedání.*

- Rada schválila změny vnitřního předpisu FZÚ Pravidla pro hospodaření se sociálním fondem, Vnitřního mzdového předpisu FZÚ a Spisového a skartačního řádu FZÚ, viz zápisy z 59. a 61. zasedání.
- Byl projednán návrh na udělení Akademické prémie, viz zápis z 56. zasedání.
- Rada projednala podání návrhu na udělení čestné medaile Za zásluhy o Akademii věd České republiky, viz zápis z 56. zasedání.
- Rada projednala návrh na udělení čestné medaile AV ČR *De scientia et humanitate optime meritis* a doporučila řediteli, aby tento návrh podal, viz zápis ze 60. zasedání.
- Rada projednala a doporučila k podání návrh na udělení čestné oborové medaile Ernsta Macha za zásluhy ve fyzikálních vědách, viz zápis ze 60. zasedání.
- Rada schválila návrh na udělení statutu emeritního pracovníka AV ČR, viz zápis ze 61. zasedání.
- Rada projednala návrhy na udělení Prémie Otto Wichterleho a vyslovila souhlas s jejich podáním, viz zápis z 56. zasedání.
- Rada projednala a doporučila k podání žádost o Fellowship J. E. Purkyně, viz zápis z 57. zasedání.
- Rada projednala a podpořila podání návrhů na mzdovou podporu postdoktorandů na pracovištích AV ČR v rámci v Programu na podporu perspektivních lidských zdrojů, viz zápisy z 56. a 60. zasedání.
- Rada projednala návrh kolektivní smlouvy mezi FZÚ a ZO OSPVV na další rok – období mezi konferencemi odborové organizace, viz zápis z 56. zasedání.
- Poté, co proběhla formou seminářů veřejná prezentace a obhajoba návrhů na nákup nákladných přístrojů a následně je projednalo kolegium ředitele, projednala Rada jednotlivé návrhy a doporučila řediteli jejich pořadí k podání, viz zápis z 58. zasedání.
- Rada projednala návrhy projektů FZÚ přihlášené do veřejné soutěže GA ČR, viz zápis z 56. zasedání.
- Rada jedná o přípravě projektů s účastí FZÚ v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV), viz zápisy z 58. a 60. zasedání.
- Rada schválila návrh, aby se FZÚ stal spolu se Středočeským krajem a Astronomickým ústavem AV ČR, v. v. i., zakládajícím členem spolku Středočeské inovační centrum (SIC), viz zápisy z 57. a 58. zasedání.
- Rada se seznámila s plány na rozvoj regionu STAR (Science and Technology Advanced Region) na ose Dolní Břežany – Hodkovice – Vestec, který je velmi atraktivní z hlediska inovačního potenciálu a v němž hraje důležitou roli ELI Beamlines, viz zápis z 57. zasedání.
- Rada prodiskutovala otázku smluvních mezd. Bylo zdůrazněno, že pokud Rada schválí přiznání smluvní mzdy, jde vždy a bez výjimky o klíčového pracovníka ústavu, výsledky jehož práce jsou významným přínosem v mezinárodním měřítku a zvyšují prestiž ústavu, viz zápis ze 60. zasedání.
- Rada se seznámila se základními body nové strategie AV ČR (nazývané v dokumentech Strategie AV21) a se souvisejícími otázkami, viz zápis z 59. zasedání.
- Členové Rady se zúčastnili zasedání hodnotitelských komisí ve FZÚ v rámci hodnocení výzkumné a odborné činnosti pracovišť AV ČR za léta 2010–2014 (komise 8 - Engineering and technology, komise 3 – Physical sciences). Uskutečnilo se též setkání obou komisí s Radou FZÚ, viz zápis ze 60. zasedání.
- Rada projednala 28 návrhů dohod o spolupráci mezi FZÚ a dalšími institucemi nebo dokumentů podobného charakteru, viz zápisy z 56., 57., 58., 59., 60. a 61. zasedání.

V Praze 29. února 2016

Petr Reimer, CSc.  
předseda Rady FZÚ

## Dozorčí rada pracoviště

Během roku 2015 byla svolána dvě řádná zasedání Dozorčí rady FZÚ AV ČR, v. v. i., (dále Dozorčí rada). Na zasedání Dozorčí rady byli pravidelně zváni ředitel FZÚ AV ČR, v. v. i. a tajemník Dozorčí rady. Předseda a místopředseda Dozorčí rady byli pravidelně zváni na zasedání Rady FZÚ AV ČR v. v. i., a těchto zasedání se podle svých možností zúčastňovali.

V roce 2015 bylo projednáno 67 bodů agendy, z toho 60 pomocí e-mailové komunikace mezi členy Dozorčí rady (*per rollam*) a dalších 7 bylo projednáno na řádných zasedáních Dozorčí rady, konaných ve dnech 27. 5. a 11. 12. 2015 v místnosti 117, FZÚ Na Slovance 2, Praha 8 – Libeň.

### Agenda dozorčí rady v roce 2015

Položka agendy	Téma jednání, způsob projednání, výsledek	Termín
1	Dodatek č. 7 smlouvy o zhotovení hlavní fáze stavby ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	19. 1. 2015
2	Kupní smlouva na dodávku výpočetní techniky, část 2, minitendr 4 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	19. 1. 2015
3	Dodatek č. 3 k nájemní smlouvě o nájem kanceláří a Dodatek č. 4 k nájemní smlouvě o nájem skladu v Harfa Office Park <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	20. 2. 2015
4	Návrh Smlouvy o spolupráci při zajištění provozu zařízení Velké infrastruktury CESNET <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. h)</i>	20. 2. 2015
5	Návrh rámcové smlouvy se společností National Instruments na výrobu a dodávku speciální programovatelné elektroniky pro budoucí řízení laserových technologií v centru ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 2. 2015
6	Kupní smlouva na dodávku laserem řízeného zdroje rentgenového záření pro potřeby projektu ELI Beamlines <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 2. 2015
7	Dodatek č. 2 smlouvy ke smlouvě budoucí kupní se společností VEREBEX s.r.o. na zakoupení budovy na p.č. 455, k.ú. Dolní Břežany pro potřeby projektu ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	20. 2. 2015
8	Smlouva o dílo na návrh, výrobu, sestavení, otestování, dodání a instalaci vakuových komor včetně kontrolního systému <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 2. 2015

9	Smlouva na výrobu a dodávku VUV elipsometru s časovým rozlišením pro laserové centrum pro projekt ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 2. 2015
10	Čerpání opce L3 – Náhradní kritická optika v rámci smlouvy o dodání laserového systému L3 pro projekt ELI beamlines <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	11. 3. 2015
11	Návrh kupní smlouvy na pořízení speciálního detektoru k realizaci časově rozlišené rentgenové difrakce včetně příslušenství <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	11. 3. 2015
12	Kupní smlouva na dodání práškového rentgenového difraktometru se zdrojem rotační anoda pro projekt ASTRA <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 3. 2015
13	Využití smluvní opce na nákup náhradního časovacího generátoru k provozu laseru L3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
14	Využití smluvní opce na nákup kritických jednotek řídicího systému provozu laseru L3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
15	Rámcová kupní smlouva na nákup osciloskopů <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
16	Realizační kupní smlouva na dodávky výpočetní techniky <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
17	Realizační kupní smlouva na optomechanické laserové vybavení – minitendr 5 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
18	Kupní smlouva na pořízení laserů pro „alignment“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015
19	Dodatek č. 1 k rámcové smlouvě „Speciální programovatelná elektronika pro rychlé zpracování signálů“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	10. 4. 2015

20	Návrh rozpočtu FZÚ AV ČR, v.v.i. na rok 2015 <i>Projednáno per rollam – DR bere na vědomí a souhlasí s předložením Radě FZÚ, dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. g)</i>	24. 4. 2015
21	Nabytí členství FZÚ ve spolku Středočeské inovační centrum <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 4</i>	13. 5. 2015
22	Aktualizovaná kupní smlouva na pořízení laserem řízeného zdroje RTG záření se spol. Research Instrument Corporation <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	13. 5. 2015
23	Kupní smlouva na dodávky optických a optomechanických komponent <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	13. 5. 2015
24	Kupní smlouva na dodání monokrystalového rentgenového difraktometru s duálním (Cu/Mo) mikrofokusním zdrojem <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 5. 2015
	17. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AV ČR, v. v. i.	27. 5. 2015
25	Prodlužování pracovních smluv pracovníků na projektech VaVpl <i>Projednáno na 17. zasedání – DR bere na vědomí dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. h)</i>	27. 5. 2015
26	Výběr a určení auditora účetní uzávěrky a Výroční zprávy FZÚ AVČR <i>Projednáno na 17. zasedání – DR souhlasí s výběrem auditora dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. h) a v soulase s ustanovením §17 zákona č. 93/2009 Sb</i>	27. 5. 2015
27	Záměr na zakoupení nákladného přístroje: „Mikrovlnný plazmatický depoziční systém, technologické zařízení pro depozici vrstev diamantu z par plynů v mikrovlnném plazmatu“ <i>Projednáno na 17. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	27. 5. 2015
28	Záměr na zakoupení nákladného přístroje: „Univerzální, vysoce přesný systém pro měření magnetických, elektrických a tepelných vlastností pevných látek v širokém rozsahu teplot a magnetických polí“ <i>Projednáno na 17. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	27. 5. 2015
29	Posouzení Výroční zprávy činnosti FZÚ AV ČR za rok 2014 <i>Projednáno na 17. zasedání – DR jednomyslně konstatuje tradičně vysokou úroveň zprávy a bere ji se souhlasem na vědomí</i>	8. 6. 2015
30	Vyjádření k manažerské činnosti ředitele FZÚ za rok 2014 <i>Projednáno na 17. zasedání – DR jednomyslně hodnotí manažerské schopnosti prof. J. Řídkého, DrSc. stupněm č. 3 – vynikající</i>	8. 6. 2015

31	Kupní smlouva na optické parametrické zesilovače <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	16. 6. 2015
32	Dodatek. č 8 smlouvy o Hlavní fázi stavby ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	16. 6. 2015
33	Smlouva o dílo na výrobu a dodání systému „High-order Harmonic Beamline pro experimentální část projektu ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	16. 6. 2015
34	Dodatek č. 2 ke Smlouvě o dílo na dodávku vakuových komor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	16. 6. 2015
35	Dodatek č. 2 ke Smlouvě o nájmu kancelářských prostor v ÚI AV ČR <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	16. 6. 2015
36	Dodatek č. 7 smlouvy o dílo se spol. Hamiltons Architects Ltd. (dříve Bogle Architects, s. r. o.) na projektovou dokumentaci ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	16. 6. 2015
37	Dodatek č. 1 k Rámcové smlouvě se spol. Deloitte Advisory, s. r. o. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	16. 6. 2015
38	Dokumentace k zadávacímu řízení k veřejné zakázce na výběr dodavatele elektrické energie a plynu pro centrum ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	16. 6. 2015
39	Vstup FZÚ AV ČR do „Asociace institucí a odborníků transferu znalostí, o. s.“ - Transfera.cz <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 5</i>	20. 7. 2015
40	Rámcová smlouva pro pořízení rozvodů vakua v centru ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015
41	Uzavření rámcové smlouvy pro pořízení vakuových ventilů <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015
42	Smlouva pro pořízení softwaru BPM <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015
43	Smlouva pro pořízení zařízení na měření doby trvání pulzu <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015

44	Smlouva o dílo k pořízení komponent vakuové distribuce L1 to E1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015
45	Dodatek č. 1 ke smlouvě o zhotovení tzv. stavby ELI 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	20. 7. 2015
46	Uzavření smlouvy na dodání laseru L2 Stage 1 pro centrum ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	20. 7. 2015
47	Kupní smlouva k vybavení experimentálních laboratoří ELI – Optomechanika a malá optika <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
48	Kupní smlouva k na experimentální technologii: „Plasma Physics Platform Vacuum Chamber“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
49	Rámcová kupní smlouva na dodávku bezolejových vakuových pump <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
50	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dodávce vysokoenergetických diodově čerpaných zesilovačů <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
51	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dodávce unikátního laserového řetězce L3 (ETOP) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
52	Dodatek č. 9 smlouvy o dílo na zhotovení tzv. Hlavní fáze stavby ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	4. 9. 2015
53	Kupní smlouva na dodávku aktivních síťových prvků (DNS) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 10. 2015
54	Kupní smlouva na dodávku DAQ serverů (DNS) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 10. 2015
55	Dodatek č. 3 k nájemní smlouvě s UI AV ČR <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	23. 10. 2015
56	Kupní smlouva na pořízení X-ray a XUV CCD kamer <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 10. 2015

57	Nájemní smlouva s UTIA AV ČR o pronájmu laboratorních prostor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	3. 11. 2015
58	Nájemní smlouva s UTIA AV ČR o pronájmu kancelářských prostor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	3. 11. 2015
59	Nájemní smlouva s UI AV ČR o pronájmu kancelářských prostor – 1. p <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	3. 11. 2015
60	Nájemní smlouva s UI AV ČR o pronájmu kancelářských prostor – 0. p <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	3. 11. 2015
61	Dodatek č. 3 smlouvy se spol. VEREBEX s. r. o. o smlouvě budoucí kupní (SoSBK) o zakoupení budovy na st. p. č. 455, k. ú. Dolní Břežany <i>Projednáno per rollam – DR bere bez připomínek na vědomí</i>	3. 11. 2015
	18. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AV ČR, v. v. i.	11. 12. 2015
62	Dodatek č. 9 smlouvy o dílo na zhotovení tzv. Hlavní fáze stavby ELI v doplněném znění <i>Projednáno na 18. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	11. 12. 2015
63	Kupní smlouva na dodávku vakuové komory pro kompresi laserových pulsů emitovaných laserovým řetězcem L3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	15. 12. 2015
64	Smlouva o dílo na „High pulse energy laser amplifier for L1 pump laser system“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	15. 12. 2015
65	Dodatek č. 2 ke smlouvě o dílo na dodávku zesilovače, uzavřené se spol. TRUMPF Scientific Lasers GmbH + Co.KG <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	15. 12. 2015
66	Dodatek č. 3 ke smlouvě o poskytování služeb technického dozoru investora a investorsko-inženýrské činnosti se společností GLEEDS Česká republika <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	15. 12. 2015
67	Kupní smlouva na dodání Univerzální kryogenní aparatury pro měření fyzikálních vlastností v magnetických polích <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	22. 12. 2015

## Účast jednotlivých členů na agendě Dozorčí rady:

člen Dozorčí rady	17. zasedání	18. zasedání	jednání per rollam
RNDr. J. Šafanda, CSc.	ano	ano	60
Ing. I. Gregora, CSc.	ano	ano	60
Prof. Ing. J. Čtyroký, DrSc.	ano	ano	55
Prof. Ing. M. Havlíček, DrSc.	ano	ano	60
RNDr. P. Lukáš, CSc.	ano	omluven	51
Prof. Ing. T. Čechák, CSc.	ano	omluven	60

V Praze dne 10. února 2016

RNDr. Jan Šafanda, CSc.  
předseda DR FZÚ AV ČR, v. v. i.

## Informace o změnách zřizovací listiny

V roce 2015 nedošlo ke změně zřizovací listiny.

## Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců

- **Mgr. Hynek Němec, Ph.D.** obdržel v roce 2015 *Cenu Neuron pro mladé vědce*, kterou mu za vynikající vědecké výsledky a jako ocenění dosavadní práce a povzbuzení pro další vědeckou práci udělil Neuron – nadační fond na podporu vědy.
- *Cenu Česká hlava* v kategorii *Doctorandus – Technické vědy* obdržel **Ing. Vítězslav Jarý, Ph.D.** za výsledky na poli vývoje nových materiálů vhodných pro detekci neviditelného ionizujícího záření.
- **Doc. Ing. Irena Kratochvílová, Ph.D.** získala *Cenu Technologické agentury ČR 2015* v kategorii *Řešení pro kvalitu života* za vývoj multiepitopové syntetické vakcíny proti borelióze pro veterinární aplikace.
- **Doc. Ing. Martin Nikl, CSc.** obdržel *Cenu Technologické agentury ČR 2015* v kategorii *Originalita řešení* za vývoj nových monokrystalických materiálů pěstovaných EFG technologií a jejich použití v hi-tech.
- Nadační fond Neuron udělil **Mgr. Anně Fučíkové, Ph.D.** *cenu Neuron impuls* v oboru *Fyzika* za projekt experimentálního studia polovodičových nanokrystalů a jejich optických vlastností.
- **Mgr. Evgeniya Tereshina, Ph.D.** obdržela od Akademie věd ČR *Prémii Otto Wichterleho* za výsledky vědecké práce při studiu magnetoresponsivních vlastností systémů s f-elektrony s aplikačním potenciálem. Totéž ocenění získal **Mgr. Martin Ondráček, Ph.D.** za významný přínos k pochopení mechanismu atomárního rozlišení rastrovacích mikroskopů a jejich dalšímu rozvoji a k odvození vztahu mezi silou formující se chemické vazby a její vodivostí.
- Vědecká a Akademická rada Akademie věd ČR udělila **RNDr. Janu Petzeltovi, DrSc.** čestnou *oborovou medaili Ernsta Macha* za zásluhy ve fyzikálních vědách.
- **Prom. fyz. Pavel Boháček** obdržel od Vědecké a Akademické rady Akademie věd ČR *čestnou medaili Za zásluhy o AV ČR* za přípravu nových materiálů, publikací a patentů.

- Rektor Univerzity Karlovy v Praze udělil *Bolzanovu cenu v přírodovědné kategorii RNDr. Lukáši Ondičovi, Ph.D.* za disertační práci „Silicon nanocrystals, photonic structures and optical gain“.
- Rektor Západočeské univerzity v Plzni předal **RNDr. Jiřímu J. Marešovi, CSc.** *pamětní medaili Za dlouholetou významnou činnost pro ZČU v Plzni a její rozvoj.*
- **Mgr. Oleg Babchenko, Ph.D.** obdržel na Českém vysokém učení technickém *Cenu rektora I. stupně* za vynikající doktorskou práci „Fabrication and characterization of selected carbon-based nanostructures“.
- *Cenu děkana* Fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické Univerzity v Liberci získal za diplomovou práci **Ing. P. Hubáček**.
- **RNDr. Stanislav Němeček, CSc.** održel od ATLAS Collaboration ocenění *ATLAS Outstanding Achievement Award* za práci na detektoru TILECAL.
- **doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D.** získala čestné uznání *Honor of the Intel International Science and Engineering Fair* za pozici Recognized referee of the student competition (AMAVET).

## ■ Dvořákova přednáška 2015: Rentgenové lasery a nové výzvy pro vědy o struktuře látek

Dne 27. května 2015 se na Fyzikálním ústavu AV ČR uskutečnila 7. Dvořákova přednáška, která se koná jednou ročně na počest fyzika pevných látek Vladimíra Dvořáka. Vladimír Dvořák byl významnou osobností svého oboru a významná byla i jeho role v rámci Fyzikálního ústavu, kde působil jako ředitel v letech 1993–2001. Na Dvořákovu přednášku je každoročně pozván mezinárodně významný vědec, který se zabývá specializací, která je rozvíjena i na Fyzikálním ústavu AV ČR.

Letos Dvořákovu přednášku přednesl Janos Hajdu – profesor molekulární biofyziky na Univerzitě v Uppsale ve Švédsku a profesor fotonových věd na Univerzitě ve Stanfordu v USA. Janos Hajdu je vysoce uznáván za svoji práci v biologii a chemii, ve výzkumu struktur virů, biomolekul a nanočástic. Je průkopníkem difrakčního zobrazování nano- a mikro-objektů pomocí koherentních zdrojů rentgenového záření.

Koherentní difrakční zobrazování (*coherent diffractive imaging* – CDI) je experimentální metoda zobrazování mikroskopických objektů pomocí difrakce koherentního ultrakrátkého rentgenového pulsu. Princip této metody spočívá v tom, že studovaný objekt (např. vir, makromolekula, buňka nebo nanočástice) je ozářen intenzivním pulzem koherentního rentgenového záření a pak je zaznamenán difrakční obrazec na detektor umístěný za studovaným objektem. Celý experiment probíhá ve vakuu, kam je zkoumaný objekt vložen.

Na rozdíl od klasické difrakce, kde je měřen signál z obrovského počtu atomů v periodické mřížce a výsledný difrakční obraz je sumou velkého množství příspěvků, je v případě CDI měřený signál podstatně slabší, protože pochází jenom z jednoho objektu. Intenzita rentgenového pulsu musí být proto značně vysoká, aby byl difrakční obrazec vůbec měřitelný. Avšak vir nebo nanočástice vystavená hodně intenzivnímu pulzu velice rychle exploduje a je zničena. Proto je v CDI obvykle aplikován princip „zobrazení před zničením“, tj. je použit ultrakrátký puls (s trváním desítek femtosekund), který studovaný objekt zobrazí dříve, než objekt exploduje (což trvá typicky stovky femtosekund až pikosekundy).

Jak je vidět, rentgenové pulsy pro CDI musí být hodně intenzivní, ultrakrátké a koherentní. Takové pulsy nejsou běžně dostupné v univerzitních laboratořích a proto jsou CDI experimenty většinou prováděny na laserech na volných elektronech (*free electron laser* – FEL). FEL lasery jsou obrovská zařízení, ve kterých jsou elektrony nejdřív urychleny v urychlovači a pak se pohybují po zakřivené dráze v undulátoru a emitují záření.

Některé CDI experimenty bude možné v budoucnosti realizovat i na Fyzikálním ústavu v rámci projektu ELI pomocí laserem řízených zdrojů ultrafialového a rentgenového záření. Počet fotonů v pulsu sice nebude tak vysoký jako FEL laserů, ale zdroje záření na ELI poskytnou jiné výhody. S pomocí ELI bude možné ozářit objekt



■ Janos Hajdu

dvěma paprsky současně a získat tak najednou dva difrakční obrazy pod různými úhly. Tento princip je obzvláště důležitý pro zobrazování neopakovatelných objektů, např. buněk, u kterých není možné získat dva obrazy ozářeními dvou identických objektů z různých směrů. Výzkum na Fyzikálním ústavu tak přispěje k porozumění struktur biologických objektů.

## ■ Základní informace o pracovišti

Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i. (FZÚ) je veřejná výzkumná instituce, která se zaměřuje na základní a aplikovaný výzkum v oblasti fyziky. Aktuální program ústavu zahrnuje šest hlavních segmentů: fyziku elementárních částic, kondenzovaných systémů a pevných látek, optiku, fyziku plazmatu a laserovou fyziku, kterým odpovídá členění do vědeckých sekcí. FZÚ je největším pracovištěm Akademie věd České republiky s více než 400 vědeckými pracovníky.

Badatelská činnost v oblasti základního výzkumu je součástí evropského a světového fyzikálního výzkumu, na kterém se naši pracovníci podílejí zejména v rámci řešení řady mezinárodních, především evropských programů. Vzdělávají též řadu doktorandů, převážně tuzemských, ale i ze zemí Evropské unie, tyto pak zejména v rámci různých stipendijních programů „Marie Curie“.

Výzkum ve fyzice elementárních částic uskutečňujeme převážně v rámci velkých mezinárodních kolaborací. V současné době se jedná zejména o experimenty na urychlovači LHC v CERN u Ženevy, kde se zkoumá nejhlubší struktura hmoty a síly působící v mikrosvětě. Nedílnou součástí práce na urychlovačích jsou i naše aktivity při vývoji detektorů částic. Zabýváme se také astročásticovou fyzikou, oborem na pomezí částicové fyziky a astrofyziky. Kosmické záření nejvyšších energií zkoumáme v rámci mezinárodní kolaborace v Observatoři Pierra Augera v Argentině, záření gama s nejvyššími energiemi v projektu CTA (*Cherenkov Telescope Array*). Věnujeme se i teoretické a matematické fyzice částic. Ve fyzice kondenzovaných systémů studujeme dynamické a kooperativní jevy v neuspořádaných a nehomogenních materiálech a systémech se sníženou prostorovou dimenzí. Hlavními objekty zájmu jsou kondenzované látky s výraznými fyzikálními vlastnostmi nebo v extrémních podmínkách. Zabýváme se přípravou a zkoumáním funkčních materiálů a kompozitů, supravodičů, kapalných krystalů a slitin s tvarovou pamětí ve formě monokrystalů, polykrystalů, nanostrukturovaných materiálů, tenkých vrstev a materiálových povlaků pomocí kombinace teoretických, experimentálních a moderních technologických přístupů. V oblasti pevných látek je výzkum zaměřen na nové formy pevných látek, nové fyzikální jevy a principy

mikroelektronických komponent. Vlastnosti nových materiálů jsou určovány povrchem, defekty, nanometrickou, vrstevnatou či aperiodickou strukturou. Charakteristické je propojení pokročilých technologií přípravy materiálů, unikátních metod jejich charakterizace v rozsáhlém oboru vnějších podmínek až do nanometrické i atomární úrovně a zpracování výsledků pomocí mikrofyzikálních i ab-initio teoretických výpočtů. Výrazně jsou zastoupeny magneticky a opticky aktivní materiály, nanokrystalické formy křemíku, polovodičů III-V, diamantu a grafitu a nanostruktury pro biologické, lékařské a mikroelektronické aplikace. K přípravě nových optických materiálů pro optoelektroniku se využívají nové plazmové a hybridní technologie. V oboru kvantové optiky jsou vyvíjeny různé typy zdrojů kvantově korelovaných fotonových párů a zařízení pro přenos takto uložené informace.

FZÚ provozuje společně s Ústavem fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., laboratoř PALS, která je součástí evropského konsorcia LASERLAB-EUROPE. Intenzivně se studuje dynamika laserového plazmatu a zářivé vlastnosti vysokoteplotní fáze hmoty vytvářené terawattovým jodovým laserovým systémem. Rychlé ionty a intenzivní rentgenové záření se využívají ke studiu interakce laserového svazku s plynnými i pevnými vzorky. Součástí Fyzikálního ústavu jsou i dvě laserová centra mezinárodního významu umístěná v Dolních Břežanech u Prahy – v roce 2014 otevřené centrum HiLASE a v roce 2015 otevřené středisko ELI Beamlines. HiLASE se zabývá zejména vývojem a možnými aplikacemi zcela nové generace diodově čerpaných pevnolátkových laserů s vysokou energií v pulzu a zároveň vysokou opakovací frekvencí. V rámci centra ELI Beamlines vzniknou celosvětově unikátní laserové systémy s rekordními výkony až do deseti petawattů, které budou dodávat ultrakrátké laserové impulsy, trvající typicky několik femtosekund. ELI Beamlines je nejrozsáhlejším a nejnákladnějším projektem, který je v ČR realizován v rámci Operačních programů EU.

Výzkumná činnost a provoz FZÚ byly v roce 2015 finančně zajišťovány 152 projekty podporovanými domácími poskytovateli (GA ČR – 86, MPO – 1, MŠMT – 38, TA ČR – 8, MZ ČR – 2, interní podpora projektů mezinárodní spolupráce AV ČR – 17) a 20 projekty financovanými ze zahraničí (7. RP EU – 11, HORIZON2020 – 7, EURAMET – 2). V řadě výzkumných projektů úzce spolupracujeme s řešitelskými kolektivy na vysokých školách (VŠ), zejména Univerzitou Karlovou, ČVUT a VŠCHT v Praze, Univerzitou Palackého v Olomouci, Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, Západočeskou univerzitou v Plzni a Technickou univerzitou v Liberci. Společný výzkum je realizován i v rámci společných laboratoří s VŠ a společných výzkumných projektů.

Část aktivit FZÚ je v současnosti směřována také do tzv. cíleného výzkumu. Rozvoji této oblasti významně napomáhá „Centrum pro inovace a transfer technologií“ (CITT), které funguje jako podpůrné oddělení v rámci sekce ELI Beamlines. I díky centru CITT byl v roce 2015 Fyzikálnímu ústavu AV ČR udělen celoustavní grant Technologické agentury ČR v programu GAMA sloužící k zefektivnění systému komercializace, identifikaci a podpoře transferu výstupů FZÚ do aplikační sféry. V roce 2015 bylo ve FZÚ s externími subjekty uzavřeno a realizováno celkem 39 hospodářských smluv v celkovém objemu přes 3,73 mil. Kč.

## ■ Další specifické informace o pracovišti

### HiLASE

S koncem roku 2015 byla úspěšně završena realizační fáze projektu laserového centra HiLASE: Nové lasery pro průmysl a výzkum, která byla spolufinancována z 85 % prostřednictvím Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (OP VaVpl). Díky projektu Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. realizovaného 52 měsíců v celkové hodnotě 851 milionů korun vznikla světově unikátní technologická infrastruktura, kde se soustředí špičkoví vědci z oboru laserových technologií a technický personál s úzkou vazbou na průmysl a aplikační sektor.

Superlasery pro skutečný svět – to je hlavní poslání Centra HiLASE. Projekt se primárně zabýval experimentálním vývojem zcela nové generace diodově čerpaných pevnolátkových laserů s vysokou energií v pulzu a zároveň vysokou opakovací frekvencí. Lasery HiLASE s takto průlomovými technickými parametry jsou podstatně silnější, výkonnější, kompaktnější a stabilnější než zařízení, která jsou v současné době dostupná. Výstupy projektu tak mají velký aplikační potenciál v hi-tech průmyslu, a to např. pro pokročilé technologie laserového mikroobrábění,



■ *Budova nového centra HiLASE.*



■ *Nová budova ELI Beamlines.*

testování odolnosti optických materiálů, velmi přesné vrtání a řezání, laserové vyklepávání rázovou vlnou a EUV litografií.

Projekt byl úspěšně realizován mezinárodním vědeckým týmem s bohatými zkušenostmi z výzkumu i aplikačního sektoru v úzké spolupráci s předními vědecko-výzkumnými institucemi, průmyslovými a technologickými firmami z domova i celého světa, např. Science & Technology Facilities Council, CRYTUR spol. s r.o., Tohoku University, Friedrich-Schiller-University Jena, Japan Atomic Energy Agency, Utsunomiya University, ENSTA-ParisTech, Adaptica Srl, Italian National Research Council, Laser-Laboratorium Göttingen e.V., Dausinger+Giesen GmbH, Universidad Politécnica de Madrid.

Centrum HiLASE představuje vzájemně propojený celek sestávající ze tří výzkumných programů. První z nich se zaměřil na vývoj pikosekundového laserového systému kW (kilowattové) třídy čerpaného diodami pro využití např. v EUV (extreme-ultraviolet) litografii nebo při rychlém a velmi přesném obrábění materiálů. Vědci z druhého výzkumného programu HiLASE vyvíjeli multislabový laserový systém produkující nanosekundové laserové pulsy o energii až 100 J s opakovací frekvencí 10 Hz. Jeho využití spočívá zejména při vytváření speciálních materiálů používaných v leteckém průmyslu a pro testování odolnosti a měření prahu poškození nových optických prvků a vrstev. Třetí výzkumný program se zaměřil na vývoj nových průmyslových a vědeckých aplikací laserů např.



■ *Nová budova ELI Beamlines.*



■ *Experimenty v centru HiLASE.*



■ Experimenty v centru HiLASE.



■ Pracovníci v novém v centru HiLASE.

pro nanostrukturování povrchů nebo pokročilý materiálový výzkum. Pro takto specifický výzkum byla v Dolních Břežanech u Prahy postavena nová budova laserového centra (viz ilustrace v části 2.6) s celkovou užitnou plochou 4000 m<sup>2</sup> splňující náročné požadavky na mechanické (izolace od okolních vibrací) a tepelné vlastnosti (tepelná stabilita pro laserové zařízení). Tým Centra HiLASE tak disponuje moderním laboratorním zázemím se špičkovým přístrojovým vybavením, které navíc leží v srdci regionu STAR (Science & Technology Advanced Region), jenž si v daném území klade za cíl vytvořit příznivý ekosystém spojující vědecko-výzkumné instituce, hi-tech firmy a podporu pro další rozvoj inovačního podnikání.

Díky realizaci projektu HiLASE se Fyzikálnímu ústavu AV ČR podařilo do České republiky přilákat vědecké kapacity z celého světa a zároveň nabízet atraktivní pracovní uplatnění pro mladé vědecké talenty z technických univerzit v ČR. Již dnes je tak HiLASE respektovaným a uznávaným VaV centrem, které pomáhá zvyšovat prestiž a atraktivitu české vědy a jehož snahou je dlouhodobě přispívat k rozvoji hi-tech průmyslu a růstu mezinárodní konkurenceschopnosti České republiky.



■ Letecký pohled na administrativní část ELI Beamlines.



■ Kancelářské prostory ELI Beamlines.



■ Přednáškový sál ELI Beamlines.

## ELI Beamlines

Rok 2015 byl pro ELI Beamlines plný významných milníků, které posunuly celý projekt vpřed k jeho úspěšné realizaci. Začátkem roku 2015 byla započata (na základě dohody podepsané v říjnu 2014) spolupráce s americko-evropským konsorciem firem National Energetics a EKSPLA na dodání 10petawattového laserového systému, který bude využívat nejmodernější laserové technologie a poskytne nejintenzivnější světelné pulsy. Další významnou událostí bylo uzavření výběrového řízení na dodání obří interakční komory, která bude největší svého druhu pro civilní výzkum laserového plazmatu na světě.

Rok 2015 byl rovněž pro všechny zaměstnance přelomový, neboť se v červenci přestěhovali do nově otevřené budovy ELI Beamlines v Dolních Břežanech. Během roku 2015 došlo na projektu ELI Beamlines k velkému personálnímu nárůstu o více než 20 %, a to především v oblasti vědecko-technické (nyní kolem 70 % zaměstnanců). Zájem o práci na unikátním projektu je veliký a HR oddělení má možnost vybírat z kandidátů z celého světa. Přibližně 30 % zaměstnanců je ze zahraničí, kterým se ELI snaží maximálně pomáhat s jejich startem v České republice.

Ve spolupráci s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy bylo úspěšně dokončeno fázování projektu, které umožní rozložit využití dostupných finančních prostředků do konce roku 2017. Mezinárodní přesah centra a širokou spolupráci s evropskými výzkumnými infrastrukturami dokládá i uzavření Memoranda o spolupráci se synchrotronem ELETTRA v Triestu nebo zahájení projektu ELITRANS, který bude dále prohlubovat součinnost



■ Zaměstnanci ELI Beamlines v době otevření centra (říjen 2015).



■ Vstupní prostor ELI Beamlines.

všech tří pilířů ELI v ČR, Rumunsku a Maďarsku. Tento projekt je finančně podporován Evropskou komisí ve výši 3,5 mil. eur.

Výstavba laserového centra přilákala řadu významných hostů z celého světa. V lednu 2015 navštívil Dolní Břežany velvyslanec Státu Kuvajt Jeho Excelence pan Ayman Mohammad al-Adsani, v únoru předsedkyně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost Dana Drábová a 1. místopředseda vlády pro ekonomiku a ministr financí Andrej Babiš. V březnu 2015 bylo staveniště ELI Beamlines navštíveno zástupci sesterského projektu ELI ALPS z Maďarska, francouzským fyzikem a iniciátorem projektu ELI prof. Gerardem Mourou a eurokomisařkou pro regionální politiku Corinou Crețu. Laserové centrum ELI Beamlines bylo oficiálně slavnostně otevřeno v říjnu 2015 za přítomnosti mnoha významných tuzemských i zahraničních hostů. Od té doby je laserové centrum rovněž otevřeno pro veřejnost každý první pátek v měsíci, kdy si návštěvníci mohou prohlédnout interiéry multifunkční a laserové budovy a seznámit se s budovanými laserovými technologiemi.

Rok 2015 byl tzv. Rokem světla, kdy se organizovaly různé vzdělávací aktivity s cílem popularizovat laserovou vědu. ELI Beamlines bylo prezentováno na vědeckých konferencích, workshopech a popularizačních akcích. V červnu 2015 jsme představili laserové exponáty na výstavě „Světlo je život“, kterou pořádala Akademie věd ČR. V únoru naši vědci připravili přednáškový den na Ústavu přístrojové techniky v Brně. Koordinátor experimentálních programů Georg Korn vystoupil na Česko-německé konferenci k významným infrastrukturám. V dubnu jsme organizovali dvě exkurze do badatelského centra PALS pro vysokoškoláky z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a z Masarykovy univerzity v Brně. Tento měsíc se v Praze také konala konference SPIE Optics and Optoelectronics 2015, jejímž ústředním tématem byly technologie, které se vyvíjí v rámci velkých evropských projektů, jakým je např. ELI Beamlines. Společně s centrem HiLASE jsme v rámci Roku světla pořádali již třetí ročník letní školy pro studenty laserových oborů a zúčastnili jsme se jako spoluorganizátoři populárně-naučné soutěže Expedice vesmír pro žáky do 15 let.

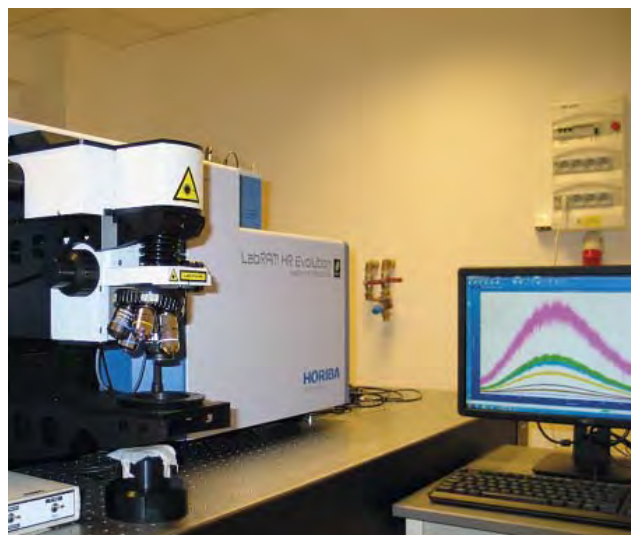
## LABONIT

V průběhu roku 2015 byla úspěšně ukončena investiční fáze projektu LABONIT, v níž byly dodány, zkompletovány a zprovozněny nové experimentální aparatury laboratoře (viz fotografie na této straně).

Současně vstoupil projekt do pětiletého období udržitelnosti, v němž budou připravovány a studovány kvantové struktury na bázi GaN.



■ LABONIT – Nová MOVPE aparatura fy Aixtron pro růst GaN struktur.



■ LABONIT – Ramanův spektrometr fy Horiba pro charakterizaci GaN struktur.

## ASTRA

V říjnu 2015 bylo uvedeno do provozu moderní pracoviště strukturní analýzy ASTRA (Advanced STRucture Analysis). Z dotace operačního programu Praha Konkurenceschopnost (OPPK) byly pořízeny dva moderní difraktometry pro strukturní analýzu práškových, tenkovrstvých a monokrystalových materiálů a dále vybavení pro přípravu vzorků a kontrolu teploty u experimentů založených na elektronové difrakci.

Společně s přístroji pořízenými dříve představuje ASTRA jedno z nejlépe vybavených pracovišť strukturní analýzy v ČR. Nabízí unikátní možnost kombinovat monokrystalovou, práškovou a elektronovou difrakci.

Výpočty jsou prováděny pomocí zde vyvinutých celosvětově rozšířených programů Jana2006, Superflip a Dyngo.





# Přehled oddělení a skupin

- 6 vědeckých sekcí
- 24 výzkumných oddělení
- 7 společných laboratoří
- 9 podpůrných oddělení

Výzkumní pracovníci	405
Studenti doktorského studia	106
Odborní pracovníci výzkumu a vývoje	140
Ostatní odborní pracovníci	365
Dělníci	80
Administrativní pracovníci	95
<b>Celkový počet zaměstnanců:</b>	<b>1191</b>

*stav zaměstnanců k 31. 12. 2015*



FZÚ AV ČR – pracoviště Na Slovance 2 v Praze 8



FZÚ AV ČR – pracoviště HiLASE v Dolních Břežanech



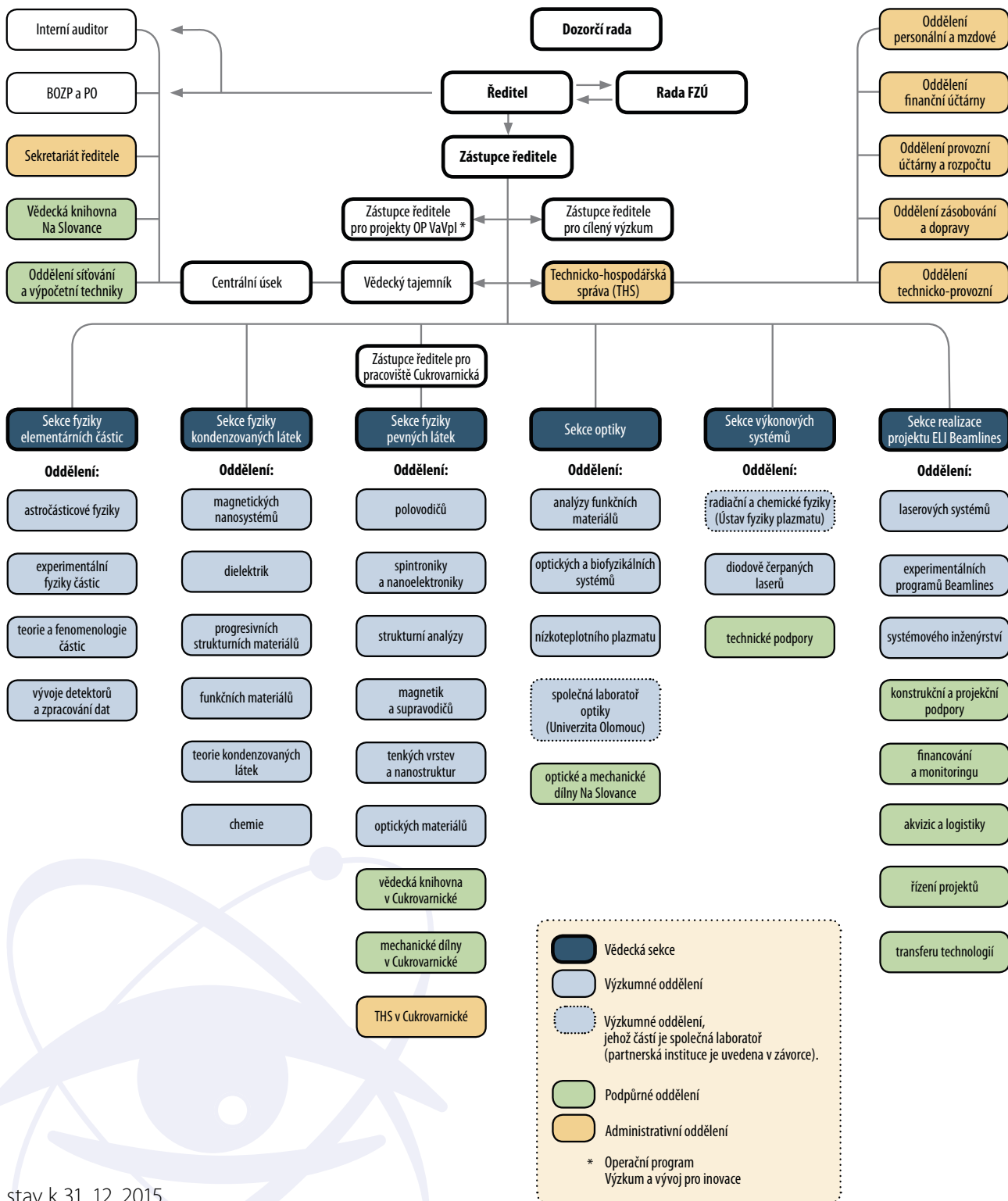
FZÚ AV ČR – pracoviště Cukrovarnická 10 v Praze 6



FZÚ AV ČR – pracoviště HiLASE v Dolních Břežanech



# Struktura pracoviště



stav k 31. 12. 2015

## ■ Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2015

### Sekce fyziky elementárních částic

Oddělení astročásticové fyziky  
 Oddělení experimentální fyziky částic  
 Oddělení teorie a fenomenologie částic  
 Oddělení vývoje detektorů a zpracování dat

Petr Reimer, CSc.  
 RNDr. Petr Trávníček, Ph.D.  
 Mgr. Alexander Kupčo, Ph.D.  
 Mgr. Martin Schnabl, Ph.D.  
 RNDr. Jiří Chudoba, Ph.D.

### Sekce fyziky kondenzovaných látek

Oddělení magnetických nanosystémů  
 Oddělení dielektrik  
 Oddělení progresivních strukturních materiálů  
 Oddělení funkčních materiálů  
 Oddělení teorie kondenzovaných látek  
 Oddělení chemie

prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.  
 doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D.  
 Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
 prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.  
 RNDr. Petr Šittner, CSc.  
 prof. RNDr. Václav Janiš, DrSc.  
 Ing. Věra Hamplová, CSc.

### Sekce fyziky pevných látek

Oddělení polovodičů  
 Oddělení spintroniky a nanoelektroniky  
 Oddělení strukturní analýzy  
 Oddělení magnetik a supravodičů  
 Oddělení tenkých vrstev a nanostruktur  
 Oddělení optických materiálů

RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.  
 RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.  
 Tomáš Jungwirth, Ph.D.  
 RNDr. Michal Dušek, CSc.  
 Ing. Jiří Hejtmánek, CSc.  
 RNDr. Antonín Fejfar, CSc.  
 doc. Ing. Martin Nikl, CSc.

### Sekce optiky

Oddělení optických a biofyzikálních systémů  
 Oddělení nízkoteplotního plazmatu  
 Oddělení SAFMAT  
 Oddělení SLO Olomouc

Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.  
 Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.  
 Mgr. Zdeněk Hubička, Ph.D.  
 Ing. Ján Lančok, Ph.D.  
 doc. RNDr. Ondřej Haderka, Ph.D.

### Sekce výkonových systémů

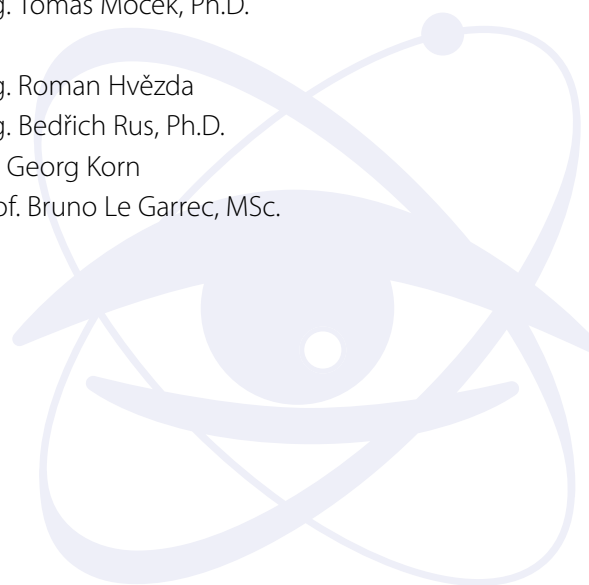
Oddělení radiační a chemické fyziky  
 Oddělení diodově čerpaných laserů

Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.  
 Ing. Libor Juha, CSc.  
 Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.

### Sekce realizace projektu ELI Beamlines

Oddělení laserových systémů  
 Oddělení experimentálních programů Beamlines  
 Oddělení systémového inženýrství

Ing. Roman Hvězda  
 Ing. Bedřich Rus, Ph.D.  
 Dr. Georg Korn  
 prof. Bruno Le Garrec, MSc.



## ■ Základní personální údaje

### 1. Členění zaměstnanců podle věku a pohlaví – stav k 31. 12. 2015 (fyzické osoby)

<i>věk</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>	<i>celkem</i>	<i>%</i>
do 20 let	0	1	1	0,1%
21–30 let	179	63	242	20,3%
31–40 let	293	97	390	32,7%
41–50 let	106	65	171	14,4%
51–60 let	100	41	141	11,8%
61–70 let	124	39	163	13,7%
víc než 70	73	10	83	7,0%
<i>celkem</i>	<i>875</i>	<i>316</i>	<i>1191</i>	<i>100,0%</i>
<i>%</i>	<i>73,5%</i>	<i>26,5%</i>	<i>100,0%</i>	

### 2. Celkový údaj o vzniku a skončení pracovních a služebních poměrů zaměstnanců v roce 2015

	<i>výzkumní pracovníci</i>	<i>studenti a doktorandi</i>	<i>odborní prac. VaV</i>	<i>dělníci</i>	<i>administrativa</i>	<i>celkem</i>
nástupy	35	22	69	14	14	157
odchody	33	9	45	14	21	122

### 3. Trvání pracovního a služebního poměru zaměstnance – stav k 31. 12. 2015

<i>doba trvání</i>	<i>počet</i>	<i>%</i>
do 5 let	570	47,9%
5–10 let	182	15,3%
10–15 let	139	11,7%
15–20 let	65	5,5%
20–25 let	53	4,5%
25–30 let	18	1,5%
nad 30 let	164	13,8%
<i>celkem</i>	<i>1191</i>	<i>100,0%</i>

### 4a. Systemizace výzkumných pracovníků – stav k 31. 12. 2015

<i>smlouva na dobu určitou</i>		301		74 %	
<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>	
Sekce fyziky elementárních částic	9	2	7	11	
Sekce fyziky kondenzovaných látek	23	8	22	15	
Sekce fyziky pevných látek	28	10	25	19	
Sekce optiky	15	15	16	7	
Sekce výkonových systémů	11	3	4	6	
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	16	5	13	11	
<i>celkem</i>	<i>102</i>	<i>43</i>	<i>87</i>	<i>69</i>	
<i>smlouva na dobu neurčitou</i>		104		26 %	
<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>	
Sekce fyziky elementárních částic	0	1	4	9	
Sekce fyziky kondenzovaných látek	0	2	15	13	
Sekce fyziky pevných látek	0	4	10	26	

<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>
Sekce optiky	0	1	4	6
Sekce výkonových systémů	1	0	2	5
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	0	0	0	1
celkem	1	8	35	60

#### 4b. Systemizace ostatních vysokoškolsky vzdělaných pracovníků – stav k 31. 12. 2015

	<i>třída</i>	<i>počet</i>
<i>odborný pracovník</i>	201	140
<i>doktorand</i>	202	106
celkem		246

#### 4c. Systemizace ostatních pracovníků – stav k 31. 12. 2015

<i>odborný pracovník s VŠ</i>	300	215
<i>odborný pracovník s SŠ, VOŠ</i>	400	110
<i>odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ</i>	500	40
<i>THP pracovník</i>	700	95
<i>dělník</i>	800	75
<i>provozní pracovník</i>	900	5
celkem		540

#### 5. Průměrná měsíční mzda za rok 2015

##### a) Institucionální mzdové prostředky/přepočtený stav zaměstnanců pracoviště/12 v Kč

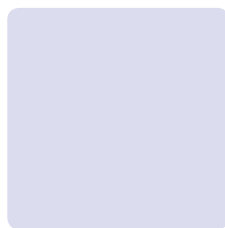
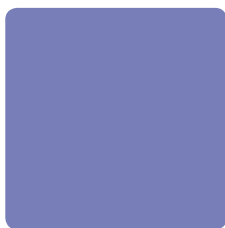
Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	456,76
Průměrná měsíční mzda	36 405

##### b) Institucionální + grantové mzdové prostředky (včetně center) bez OON /přepočtený stav (i z grantů) zaměstnanců pracoviště/12 v Kč

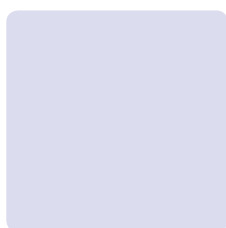
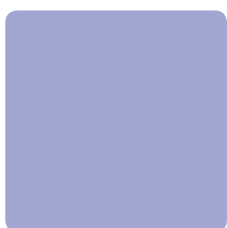
Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	949,65
Průměrná měsíční mzda	43 200

##### c) Průměrná měsíční mzda (i z grantů) v jednotlivých tarifních třídách

	<i>třída</i>	<i>mzda</i>
odborný pracovník	201	38 313
doktorand	202	25 658
postdoktorand	103	43 996
vědecký asistent	104	37 401
vědecký pracovník	105	49 029
vedoucí vědecký pracovník	106	74 774
odborný pracovník s VŠ	300	49 092
odborný pracovník s SŠ, VOŠ	400	30 708
odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ	500	27 429
THP pracovník	700	43 516
dělník	800	18 951
provozní pracovník	900	24 134



## II. Hodnocení hlavní činnosti





# Sekce fyziky elementárních částic v roce 2015

Základním rysem výzkumného programu Sekce fyziky elementárních částic je zapojení našich pracovních skupin do velkých mezinárodních kolaborací provádějících experimenty na urychlovačích s cílem hledat a poznat základní zákony mikrosvěta a zkoumajících jevy zahrnující vysokoenergetické částice v kosmickém záření. Jedná se o následující projekty:

■ **Experiment ATLAS**, umístěný na urychlovači LHC (Large Hadron Collider) v **Evropském středisku fyziky částic CERN**, hledá nové jevy ve srážkách protiběžných svazků protonů či těžkých iontů. V roce 2015 skončila dvouletá odstávka LHC. Během té doby probíhala modernizace kritických komponent urychlovače tak, aby LHC mohl produkovat intenzivnější protonové svazky při vyšších energiích. To se podařilo a v roce 2015 dodal LHC první srážky při těžišťové energii 13 TeV (v minulosti to bylo 8 TeV). V době odstávky proběhla i modernizace aparatury ATLAS.

■ **Experiment NOvA** zkoumá vlastnosti neutrin. Intenzivní svazek neutrin je připraven pomocí urychlovače v **americké Fermiho národní laboratoři (Fermilab) u Chicaga**. Vlastnosti svazku jsou měřeny v detektoru ve Fermilab a poté, po průletu 800 km Zemí, ve vzdáleném detektoru v Minnesotě. Experiment zkoumá tzv. oscilace neutrin – jev, při němž dochází k přeměně jednoho typu neutrin na jiný – zvláště přechod mionového neutrina na elektronové, jakož i hierarchii hmotností neutrin. Poté, co byla úspěšně zakončena stavba obou detektorů a začalo nabírání dat, byly na konferencích prezentovány první výsledky a připravuje se jejich publikace. Předpokládá se, že experiment bude zaznamenávat data po dalších 6 let.

■ **Experiment D0 ve Fermilab**, zkoumající dynamiku sil mezi základními stavebními kameny hmoty, kvarky a leptony, ve srážkách protiběžných svazků protonů a antiprotonů při těžišťové energii 1,96 TeV, ukončil

nabírání dat na konci září 2011, v současné době stále pokračuje fyzikální analýza získaných dat.

■ **Experimenty v astročásticové fyzice**. Astročásticová fyzika je obor na pomezí částicové fyziky, astronomie a kosmologie, jehož cílem je výzkum vlastností a původu částic přilétajících na Zemi z kosmu. Organizačně je účast Fyzikálního ústavu v astročásticových experimentech zajišťována Sekcí fyziky elementárních částic v úzké spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci. Podílíme se na provozu nejvýznamnějšího současného experimentu v oboru – **Observatoři Pierra Augera v Argentině** – a zpracování dat z něj. Srovnatelné úsilí věnujeme chystané observatoři **Cherenkov Telescope Array (CTA)**, která bude studovat zdroje nejenergetičtějších pozorovatelných fotonů z vesmíru. Mezi naše připravované projekty patří účast na **Large Synoptic Survey Telescope (LSST)**, budoucím největším přehlídkovém dalekohledu světa.

■ **Experiment TOTEM** na LHC v **CERN** je menší experiment, který detekuje částice vznikající ve vzájemných srážkách protonů nebo iontů a rozptylující se převážně pod malými úhly okolo dopředného směru. Použitý typ detektorů umožňuje výzkum pružného rozptylu a většiny difrakčních rozptylů v uvedených srážkách.

■ V menší míře se podílíme i na experimentu **ALICE**, jehož cílem je zkoumání srážek těžkých iontů na urychlovači LHC v **CERN**.

Nedílnou součástí našeho programu je také všestranný teoretický výzkum.

Pro účast ve zmíněných experimentech je nezbytným předpokladem přístup do sítí distribuovaného počítání. I do jejich vývoje a implementace ve FZÚ jsme zapojeni.

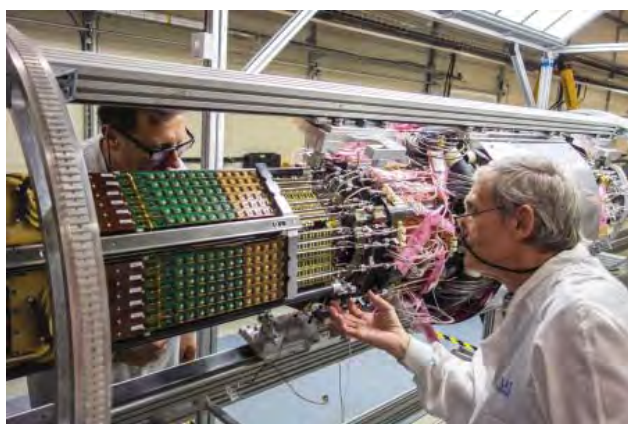
Většina aktivit probíhala ve spolupráci s partnery z MFF UK, FJFI ČVUT a UP v Olomouci.

## Experiment ATLAS

V roce 2015 skončila odstávka urychlovače LHC a s ní souběžně probíhající modernizace aparatury ATLAS. Podíleli jsme se zejména na úpravách křemíkového dráhového detektoru a hadronového kalorimetru TileCal. V případě dráhového detektoru se naše aktivity týkaly zejména instalace čtvrté vrstvy pixelového detektoru (obr. 1). Tato dodatečná detekční rovina je vložena před existující detekční vrstvy ještě blíže k interakčnímu bodu. Výrazně se tak posílila výkonnost celého systému, především identifikace případů, kdy dochází k produkci b kvarku. Význam českého přínosu do projektu podtrhuje také skutečnost, že pracovník FZÚ zastával funkci koordinátora týmu zabezpečujícího infrastrukturu pixelového detektoru v experimentální šachtě ATLAS. U hadronového kalorimetru TileCal zajišťovali naši pracovníci modernizaci zdrojů nízkého napětí vyčítací elektroniky. V květnu 2015 získal náš pracovník ocenění experimentu ATLAS za dosažení výjimečných výsledků ve zvýšení spolehlivosti nízkonapěťových zdrojů a konsolidaci tzv. front-end elektroniky kalorimetru Tilecal pro Run2. Od května 2015 je LHC opět plně v provozu a během roku dodal  $4,3 \text{ fb}^{-1}$  srážek proton-proton při rekordní těžišťové energii 13 TeV.

V roce 2015 intenzivně probíhala i fyzikální analýza experimentálních dat nashromážděných aparaturou ATLAS v minulých letech. Byly také uveřejněny výsledky prvních měření při energii 13 TeV.

V roce 2015 experiment ATLAS publikoval 119 původních prací. Největší ohlas vzbudily práce týkající se měření vlastností Higgsova bosonu objeveného experimenty ATLAS a CMS v roce 2012. Větší statistika umožnila



**Obr. 1** Pracovník Fyzikálního ústavu Michal Tomášek při modernizaci pixelového detektoru experimentu ATLAS.

přesnější proměření vlastností této částice [1-5]. Vědečtí pracovníci a doktorandi z Fyzikálního ústavu významně přispěli k pracím z oblasti fyziky b-kvarku [6], top kvarku [7] (podrobněji viz str. 124) a fyziky silných a elektroslabých interakcí [8-9]. K analýze dat přispíváme i poskytováním příslušné části výpočetní kapacity, a to formou distribuovaného zpracování dat, které probíhá na strojích ve Výpočetním středisku FZÚ.

## Experiment D0

Experiment D0 na urychlovači Tevatron ve Fermilab studuje celou škálu procesů probíhajících ve srážkách protonů s antiprotony. V září 2011 byl provoz urychlovače ukončen a projekt dalších pět let pokračuje analýzou získaných dat. Celkové množství získaných dat odpovídá  $10 \text{ fb}^{-1}$ . Experiment D0 v roce 2015 publikoval 14 původních vědeckých prací. Soustředil se na procesy, které dokáže změřit přesněji než experimenty na LHC v CERN. Jedná se o přesná měření srážek s produkcí bosonů W a Z a další složitější procesy, které je též obsahují. Dále pak probíhá systematická analýza důležitých výsledků na kompletním získaném souboru dat experimentu D0 a kombinace těchto výsledků s výsledky druhého experimentu CDF na urychlovači Tevatron. Naším příspěvkem je využívání výpočetních prostředků FZÚ, jejichž prostřednictvím dodáváme výpočetní kapacitu pro počítačové simulace činnosti detektoru D0.



## Experiment NOvA

Experiment NOvA zkoumá vlastnosti mionových neutrin, která vznikají po srážkách protonů z urychlovače ve Fermilab s uhlíkovým terčíkem a následném rozpadu mionů. Neutrino proletí 800 km Zemí do detektoru o hmotnosti 15 tisíc tun umístěného v Minnesotě na americko-kanadské hranici. Předtím, ještě na území Fermilab, prochází malým detektorem o hmotnosti 222 tun. Přestože neutrino jsou všudypřítomná (jedním  $\text{cm}^2$  povrchu lidského těla jich každou sekundu prolétne na 60 miliard), procházejí hmotou téměř bez jakéhokoliv efektu. Jejich hmotnost je velmi malá a dosud se ji nepodařilo přesně změřit. Pohybují se téměř rychlostí světla. Existují tři různé typy neutrin a ty umějí mezi sebou přecházet – tato vlastnost se označuje jako oscilace neutrin. Jednou





■ Obr. 2a Pohled na vzdálený detektor NOvA.

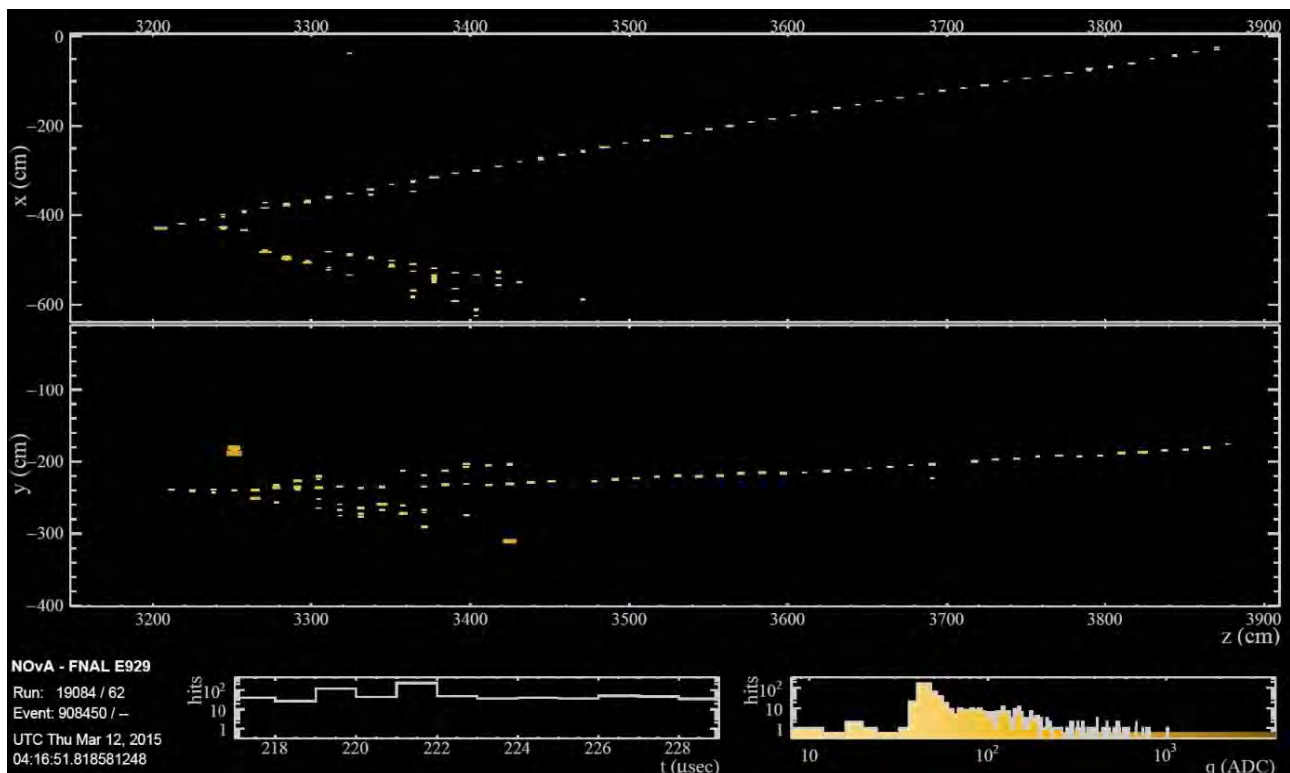
ze zásadních otázek je úloha neutrin při pozorované přeměně hmoty v našem vesmíru nad antihmotou. Vzdálený detektor je zkonstruován z plastových vrstev naplněných scintilační kapalinou, z nichž odečítají signál křemíkové diody APD (Avalanche Photo Diode).

Detektor je jemně segmentován, což umožňuje rekonstrukci vzácných srážek neutrin ve scintilátoru. Hlavním cílem experimentu NOvA je měření oscilací mionových neutrin na elektronová, určení rozdílů ve hmotnostech neutrin – tzv. hierarchie hmotností – a studium možností narušení symetrie mezi hmotou a antihmotou, pokud by se ukázalo, že vlastnosti oscilací neutrin a anti-neutrin se liší.

Naše spolupráce na experimentu NOvA začala v roce 2011. V roce 2015 jsme se podíleli na provozu vzdáleného a blízkého detektoru a účastnili jsme se směn při sběru dat. V Praze jsme vybudovali laboratoř pro měření některých speciálních vlastností používaných diod APD, včetně jejich stárnutí. Během uvádění detektorů do provozu se využívala dvě zařízení pro rychlou kontrolu diod APD navržená a vyrobená v Praze. Podílíme se i na vývoji a implementaci systému pro sběr dat (DAQ). Fyzik z FZÚ je zodpovědný za provoz obou detektorů a záznam jejich dat jako tzv. „run-coordinator“. Tato nepřetržitá zodpovědnost vyžaduje jeho stálou přítomnost ve Fermilab. Přispíváme také k výpočetním kapacitám pro simulační úlohy pomocí počítačových prostředků umístěných ve FZÚ. První výsledky byly prezentovány na konferencích a jsou připravovány k publikaci.

## ■ Experimenty v astročásticové fyzice

Účast Fyzikálního ústavu v astročásticových experimentech je zajišťována Sekcí fyziky elementárních částic v Praze ve spojení se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci. Práce se soustřeďuje především na aktivity spojené s Observatoří Pierra Augera v Argen-



■ Obr. 2b Záznam interakce mionového neutrina.

tině a intenzivně se podílíme též na návrhu a budování observatoře Cherenkov Telescope Array (CTA).

**Observatoř Pierra Augera** je největší experimentální zařízení pro detekci kosmického záření nejvyšších energií. Za účasti 17 zemí světa byla postavena v argentinské pampě a rozkládá se na ploše 3000 čtverečních kilometrů. Fyzikální ústav pomohl například postavit systém fluorescenčních teleskopů a dodal více než polovinu jejich zrcadlových ploch.



V roce 2015 se fyzikové ze Sekce fyziky elementárních částic nadále intenzivně věnovali studiu složení kosmického záření a po několika letech práce publikovali článek [10], který navrhuje zcela novou metodu určování směsi primárních částic. Článek napsaný výhradně našimi autory je důležitým příspěvkem k dlouhodobě připravované práci celé kolaborace, která je těsně před dokončením. Podobně intenzivně pokračovalo studium interakcí jádro-jádro a problému nedostatku mionů v simulacích spršek kosmického záření. Výsledky byly na konci roku 2015 těsně před odesláním do časopisu. V tomto roce se v Haagu uskutečnila největší konference oboru a v souvislosti se složením kosmického záření a studiem hadronových interakcí naši pracovníci představili metodu [11], při které se zároveň získá chemické složení kosmického záření a rozdíl mezi množstvím pozorovaných mionů a jejich množstvím předpovězeným různými modely hadronových interakcí. V dalším našem konferenčním příspěvku [12] jsme prezentovali výsledky zkoumání závislosti hloubky maxima produkovaných mionů na energii.

Jiná oblast, na kterou se členové astročásticového týmu specializují, se týká optimalizace a plného využití činnosti fluorescenčních teleskopů, kde se pracovníci zabývají např. stanovením přesných pozorovacích podmínek. Na Observatoři Pierra Augera fyzikové ze Sekce elementárních částic v roce 2015 aktivně pokračovali v provozu robotického dalekohledu FRAM, jehož primárním úkolem je monitorování extinkce – úbytku záření vlivem atmosférického prostředí.

Studie hledání zdrojů kosmického záření z dat observatoře nasbíraných za 10 let její činnosti byly publikovány v [13], kde byl rovněž uveden podrobný seznam všech 231 nejenergičtějších událostí, které byly dosud naměřeny. Nadále se nedaří najít jednoznačný zdroj těchto částic. Nejvýraznější přebytek vzhledem k izotropnímu pozadí se zdá být v okolí směru nejbližšího AGN (Aktivního galaktického jádra) – Centaurus A. Během roku 2015 také probíhaly přípravné práce na rozšíření Observatoře Pierra Augera, při kterých se bude skupina podílet mj. na charakterizaci vlastností nové elektroniky.



■ Obr. 3 FRAM pro CTA na dvoře FZÚ.

**Cherenkov Telescope Array (CTA)** je budoucí observatoř pro detekci velmi energetického záření gama. CTA si klade ambiciózní cíle, pro které je nezbytné dosáhnout zlepšení detekční citlivosti nejméně o řád. Jedním ze sítí zařízení sledujících atmosféru nad CTA bude opět optický robotický dalekohled FRAM, který je založen na našich desetiletých zkušenostech z provozu analogického zařízení v rámci Observatoře Pierra Augera. V roce 2015 byl na pozemku FZÚ postaven prototyp otvíratelného domku a zahájeny práce na montáži celkového prototypu teleskopu (obr. 3). V době publikování výroční zprávy je tento prototyp těsně před dokončením, ale již během roku 2015 se podařilo prezentovat první snímky teleskopu na konferenci ICRC2015 [14]. Příspěvek byl spojený s fyzickou ukázkou prototypu dalekohledu. Stanoviště exponátu FZÚ patřilo k nejnavštěvovanějším. Aktivity na CTA probíhají ve spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR, která mj. provádí testy vzorků řešení zrcadlových teleskopů pro CTA, vyvíjí design vlastních zrcadel či navrhuje systém celoblohových kamer pro monitorování atmosféry.



## ■ Experiment TOTEM

Při rozptylu protonů na protonech na urychlovači LHC v CERN dochází k případům, kdy rozptýlené nebo při kolizi vzniklé částice se nacházejí uvnitř jeho urychlovacích trubíc. Takovéto částice se detekují pomocí speciálních detektorů, známých pod názvem římské hrnce. Výzkumem protonových srážek právě tohoto typu se zabývá experiment TOTEM.



V roce 2015 provedl experiment přesná měření [15] diferenciálního účinného průřezu pružného rozptylu protonů na protonech při těžišťové energii 8 TeV s vysokou statistikou při optice  $\beta^* = 90$  m. Statistická a systematická chyba měření byla menší než 1% s výjimkou celkové normalizace. Z hodnot diferenciálního účinného průřezu rozptylu v dopředném směru pak byla pomocí optického teorému stanovena hodnota totálního účinného průřezu.

Experiment TOTEM provedl také [16] měření diferenciálního průřezu pružného rozptylu pp při energii 8 TeV v oblasti, kde dochází k interferenci mezi Coulombickým a hadronovým rozptylem. Výsledná analýza těchto dat byla provedena novou metodou navrženou pracovníky Fyzikálního ústavu AV ČR.

## Experiment ALICE

Během roku 2015 úspěšně pokračovalo i zpracování experimentálních dat z experimentu ALICE na urychlovači LHC v CERN. Data pocházela ze srážek PbPb i pPb. Mezi nejvýznamnější výsledky patří zejména obsáhlejší studie o tzv. eliptickém toku identifikovaných hadronů produkováných ve srážkách PbPb [17]. Tyto unikátní výsledky významně prohlubují naše znalosti o fungování kvantové chromodynamiky v extrémních podmínkách ultravysokých teplot a hustot jaderné hmoty.



## Teorie

V oblasti kvantových aspektů gravitace jsme studovali mikroskopickou strukturu černých děr v teorii strun, což vyvrcholilo nalezením explicitních mikrostavových řešení [18], kterými lze vysvětlit Bekenstein-Hawkingovu entropii. Věnovali jsme se též třídídimenzionální kvantové gravitaci s využitím holografických metod. V práci [19] jsme metodou koadjungovaných orbit nakvantovali konická řešení, což vedlo k zajímavým souvislostem s Kacovými degenerovanými reprezentacemi Virasorovy algebry. V kontextu Vasilievovy teorie gravitace s vyššími spiny jsme našli řešení odpovídající velkému křachu a interpretovali tato řešení z pohledu duální teorie pole [20].

Dále jsme podrobněji zkoumali algebru symetrií dvojrozměrných teorií s vyššími spiny. Její struktura je velmi blízká Yangiánům, což jsou algebraické struktury objevující se v mnoha integrovatelných modelech [21].

V oblasti teorie strun jsme se věnovali studiu marginálních deformací v teorii strunných polí. Konkrétně jsme

ukázali, že modulový prostor BCFT je plně pokryt, nicméně že doposud užívaný marginální parametr není dobrou souřadnicí na tomto prostoru [22, 23].

Teorii superstrun lze výhodně popisovat pomocí formalismu čistých spinorů. Ukázali jsme, že zde dochází, v analogii s bosonovou strunou, ke zdvojení kohomologie [24], což je důležitý krok k pochopení role kompozitního b-ghostu v tomto formalismu.

Nově jsme se začali věnovat kosmologii. Konkrétně jsme studovali teorii mimetické gravitace, kde jsme vyjasnili její vztah k Horndeskiho třídě teorií a našli souvislosti s konformní Brans-Dickeho teorií. [25].

Pokračovali jsme ve studiu třídídimenzionálních aspektů struktury nukleonu v rámci kovariantní formulace kvark-partonového modelu. Jednalo o hlubší analýzu dosud ne zcela vyjasněné role kvarků a gluonů při generování spinu protonu s konzistentním zahrnutím orbitálního momentu kvarků [26].

## Přípravné práce na projektu lineárního urychlovače

Velkým budoucím celosvětovým projektem ve fyzice částic bude pravděpodobně lineární urychlovač vstřicných svazků elektronů a pozitronů. V současnosti se uvažuje o dvou variantách: ILC využívající supravodivých kavit a CLIC, pro něž je vyvíjena nová metoda urychlování s vysokým gradientem potenciálu a jenž by pracoval při běžné teplotě. V projektu ILC jsme zapojeni do programu vývoje (R&D) nových typů kalorimetrů a metod kalorimetrie [27]. Jsme členy kolaborace ILD připravující jeden ze dvou detektorů pro ILC. V projektu CLIC jsme reprezentováni v ústředním orgánu Institute Board (IB) a podílíme se na části projektu týkající se detektoru a fyziky (CLICdp).

## Zpracování experimentálních dat

Oficiální středisko Tier-2 projektu WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) umístěné v serverovně FZÚ dokázalo dodat vyžadované výpočetní kapacity a diskový prostor pro experimenty ALICE a ATLAS za všechny zapojené instituce v České republice a zároveň poskytovalo lokálním uživatelům dostatek zdrojů pro jejich specifickou analýzu. Diskový prostor v systému DPM, který využívají

nejvíce projekty ATLAS a Observatoř Pierra Augera, dosáhl kapacity 3 PB. Další kapacitu převyšující 1,2 PB využívá projekt ALICE pomocí systému xrootd. Bezpečný chod serverů pomáhají zajistit i nové chladící jednotky vzduchové klimatizace instalované na podzim roku 2015.

## Literatura

- [1] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Study of  $(W/Z)H$  production and Higgs boson couplings using  $H \rightarrow WW^*$  decays with the ATLAS detector*, JHEP **1508** (2015) 137(1)–137(48).
- [2] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Study of the spin and parity of the Higgs boson in diboson decays with the ATLAS detector*, Eur. Phys. J. C **75** (2015) 476(1)–476(36).
- [3] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Measurements of the Total and Differential Higgs Boson Production Cross Sections Combining the  $H \rightarrow \gamma\gamma$  and  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$  Decay Channels at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*, Phys. Rev. Lett. **115** (2015) 091801(1)–091801(19).
- [4] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Determination of spin and parity of the Higgs boson in the  $WW^* \rightarrow e\nu\mu$  decay channel with the ATLAS detector*, Eur. Phys. J. C **75** (2015) 231(1)–231(59).
- [5] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Measurements of Higgs boson production and couplings in the four-lepton channel in pp collisions at center-of-mass energies of 7 and 8 TeV with the ATLAS detector*, Phys. Rev. D **91**, 012006 (2015).
- [6] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Measurement of the CP-violating phase  $\phi_s$  and the  $B_0$ s meson decay width difference with  $B_0 \rightarrow J/\psi\phi$  decays in ATLAS*, Submitted to JHEP, CERN-PH-2015-166.
- [7] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Measurement of the charge asymmetry in dileptonic decays of top quark pairs in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector*, JHEP **05** (2015) 061.
- [8] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Dijet production in  $\sqrt{s}=7$  TeV pp collisions with large rapidity gaps at the ATLAS experiment*, Phys.Lett. **B754** (2016) 214–234.
- [9] G. Aad et al. (**ATLAS Collaboration**, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba): *Charged-particle distributions in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC Submitted*, Phys.Lett. B, CERN-EP-2016-014.
- [10] Jakub Vícha, Petr Trávníček, Dalibor Nosek, Jan Ebr: *Study of Dispersion of Mass Distribution of Ultra-High Energy Cosmic Rays using a Surface Array of Muon and Electromagnetic Detectors*, Astropart Phys. **69** (2015) 11–17.
- [11] J. Vícha, P. Trávníček, D. Nosek: *On the Combined Analysis of Muon Shower Size and Depth of Shower Maximum*, Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, The Hague, The Netherlands; PoS (ICRC2015) 433.
- [12] V. Novotný, D. Nosek, J. Ebr: *A branching model for hadronic air showers*, Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, The Hague, The Netherlands, PoS (ICRC2015) 500.
- [13] A. Aab et al. (**The Pierre Auger Collaboration**, z FZÚ: M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha): *Searches for Anisotropies in the Arrival Directions of the Highest Energy Cosmic Rays Detected by the Pierre Auger Observatory*, ApJ **804** (2015) 15(1)–15(18).
- [14] J. Ebr, P. Janeček, M. Prouza, J. Blažek: *Real-time atmospheric monitoring for the Cherenkov Telescope Array using a wide-field optical telescope*, In Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference

- (ICRC2015), The Hague, The Netherlands, PoS (ICRC2015) 933.
- [15] G. Antchev et al. (**TOTEM Collaboration**, z FZÚ: J. Kašpar, J. Kopal, V. Kunderát, M. V. Lokajíček, J. Procházka): *Evidence for non-exponential elastic proton-proton differential cross-section at low  $|t|$  and  $\sqrt{s} = 8$  TeV*, Nucl. Phys. B **899** (2015) 527–546.
- [16] G. Antchev et al. (**TOTEM Collaboration**, z FZÚ: J. Kašpar, J. Kopal, V. Kunderát, M. V. Lokajíček, J. Procházka): *Measurement of elastic  $pp$  scattering at  $\sqrt{s} = 8$  TeV in the Coulomb-Nuclear interference region – determination of the  $\rho$ -parameter and the total cross-section*, Submitted to Nucl.Phys.B, CERN-PH-EP-2015–325.
- [17] B. Abelev et al., (**ALICE Collaboration**, z FZÚ J. A. Mareš, J. Hladký, P. Závada): *Elliptic flow of identified hadrons in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, JHEP **1506** (2015) 190.
- [18] J. Raeymaekers and D. Van den Bleeken: *Microstate solutions from black hole deconstruction*, JHEP **1512**, 095 (2015).
- [19] J. Raeymaekers: *Quantization of conical spaces in 3D gravity*, JHEP **1503**, 060 (2015).
- [20] C. Iazeolla and J. Raeymaekers: *On big crunch solutions in Prokushkin-Vasiliev theory*, JHEP **1601**, 177 (2016).
- [21] T. Procházka: *W-symmetry, topological vertex and affine Yangian*, e-Print: arXiv:1512.07178 [hep-th].
- [22] C. Maccaferri, M. Schnabl: *Large BCFT moduli in open string field theory*, JHEP **1508** (2015) 149.
- [23] M. Kudrna, C. Maccaferri: *BCFT moduli space in level truncation*, e-Print: arXiv:1601.04046 [hep-th].
- [24] Renann Lipinski Jusinkas: *On the field-antifield ( $a$ ) symmetry of the pure spinor superstring*, JHEP **1512** (2015) 136.
- [25] K. Hammer, A. Vikman: *Many Faces of Mimetic Gravity*, e-Print: arXiv:1512.09118 [gr-qc].
- [26] P. Závada: *Role of gluons and the quark sea in the proton spin*, Phys.Lett. **B751** (2015) 525.
- [27] B. Bilki et al., (**CALICE Collaboration**, z FZÚ J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, J. Kvasnička, D. Lednický, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, M. Tomášek, P. Šicho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák.): *Pion and proton showers in the CALICE scintillator-steel analogue hadron calorimeter*, JINST **10** (2015) P04014.





# Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2015

I v roce 2015 se badatelské aktivity Sekce fyziky kondenzovaných látek zaměřily na problematiku specifických jevů v kondenzovaných systémech se sníženou prostoro-  
rovou dimenzí a narušenou symetrií. Základním směrem teoretického výzkumu je dlouhodobě studium mikroskopických elektronových vlastností kondenzovaných soustav s makroskopickými důsledky na měřitelné magnetické, elektrické a transportní vlastnosti. Experimentálními prostředky zkoumáme magnetické vlastnosti nízkorozměrových a silně anizotropních materiálů, vnějšími podněty laditelné charakteristiky dielektrik a feroelektrik a nové fáze kapalných krystalů a strukturované a funkční kovové materiály s význačnými mechanickými vlastnostmi. V aplikační oblasti se experimentální úsilí zaměřuje na slitiny s tvarovou pamětí, materiály vhodné pro bioaplikace a lékařství, a na ochranu povrchu zirkoniových slitin vhodných pro jadernou energetiku. Pracovníci naší sekce se rovněž intenzivně zapojili do aktivit Strategie AV21 v rámci programu *Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů (M3K)*, zprovoznili novou komplexní laboratoř FUNBIO a pracují v rámci infrastrukturní Laboratoře nanostruktur a nanomateriálů (LNSM) poskytující „open access“ externím zájemcům.

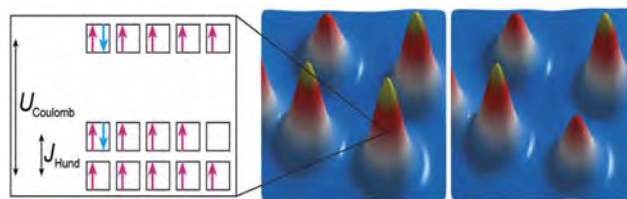
## Teorie

### A. Mikroskopická struktura pevných látek

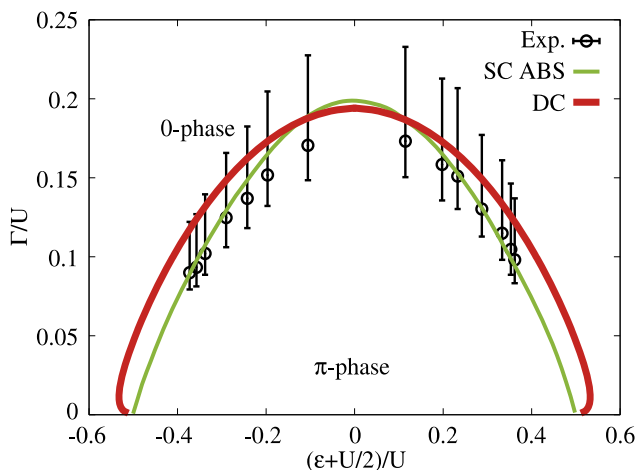
Vlastnosti materiálů používaných v dnešních elektronických součástkách jsou z velké části odvozeny z chování valenčních elektronů. K jejich pochopení je potřeba dobře rozumět mikroskopické elektronové struktuře. Důležitou charakteristikou elektronů, kromě elektrického náboje, je jejich spin, což je, zjednodušeně řečeno, směr rotace elektronu kolem jeho osy. Elektrony vázané v atomu mají tendenci rotovat všechny ve stejném směru. Tento trend uspořádání spinových momentů je tak zvané Hundovo pravidlo, viz obr. 1. Kovy, v nichž je pohyb elek-

tronů významně ovlivněn Hundovým pravidlem, jsou označovány jako Hundovy kovy. Důležitými reprezentanty těchto kovů jsou vysokoteplotní supravodiče založené na sloučeninách železa, které jsou v poslední době velmi intenzivně studovány.

Ve spolupráci s experimentální skupinou z Univerzity v Hamburku a s dalšími teoretiky z Univerzity v Brémách a v Nijmegenu jsme se podíleli na realizaci a následném rozboru chování takové dílčí komponenty Hundova kovu, nazvané Hundova příměs, která vznikla nanosením atomů železa a vodíku na povrch platiny, obr. 1. Porovnáním naměřených dat s pokročilými počítačovými simulacemi bylo zjištěno, že přítomnost/nepřítomnost vodíku má významný vliv na elektronové vlastnosti Hundovy příměsi. V blízké budoucnosti by mělo být možné umístit více takových příměsí do těsné blízkosti a tudíž kontrolovaně sestavit Hundův kov z jeho základních stavebních kamenů. Studium takových objektů je jednou z cest k cílenému vývoji nových vysokoteplotních supravodičů [1].



■ **Obr. 1** Levý panel: Zaplňování pěti elektronových orbitalů v atomu (čtverce) pěti nebo šesti elektrony se spinem směřujícím nahoru (červené šipky) nebo se spinem dolů (modré šipky) podle Hundových pravidel. Pro přidání šestého elektronu je nutné dodat energii  $U_{\text{Coulomb}}$  pro překonání elektrostatického odpuzování záporně nabitých elektronů. Pro otočení spinu jednoho z pěti elektronů je také třeba dodat energii ( $J_{\text{Hund}}$ ), která je typicky menší než  $U_{\text{Coulomb}}$ . Prostřední panel: Obrázek z řádkovacího tunelovacího mikroskopu ukazující atom železa (kužel s červenou špičkou) a tři molekuly sestávající z atomu železa a vodíku (kužely se žlutou špičkou) na povrchu platiny. Pravý panel: Vodíkový atom byl z molekuly vpravo dole odstraněn s pomocí hrotu řádkovacího tunelovacího mikroskopu.



■ **Obr. 2** Fázová hranice mezi 0 a  $\pi$  fází jako funkce energie hladiny příměsi  $\epsilon$  a coulombické interakce  $U$  spočtená ze dvou teoretických přístupů (data označena SC ABS a DC) porovnaná s experimentálními daty (se statistickou chybou, označen Exp) s odhadnutou silou interakce  $U = 0,8$  meV a energetickou mezerou supravodiče  $\Delta = 0,08$  meV, při zvoleném poměru  $U/\Delta = 10$ . Souhlas demonstruje kvalitu zvolených přiblížení, převzato z článku [8].

Stejně jako v minulých letech jsme pokračovali ve studiu sloučenin kovů vzácných zemin a aktinoidů, které často vykazují poměrně neobvyklé chování díky valenčním elektronům obsazujícím f slupky atomů těchto těžkých prvků. Zmíněné f stavy si v pevné látce, kromě vytváření energetických pásem, také ve větší či menší míře ponechávají vlastnosti, jaké mají ve volných atomech neúčastnících se žádných chemických vazeb. Míru zapojení f elektronů do chemických vazeb a s tím spojené projevy pozorovatelné spektroskopickými metodami jsme konkrétně analyzovali v oxidech, které se používají jako palivo v jaderných elektrárnách [2], a ve sloučeninách patřících k takzvaným topologickým izolantům [3].

Výpočetní metody vycházející z prvních kvantové mechanických principů (tak zvané ab-initio výpočty) jsou nezbytné pro charakterizaci materiálově závislých vlastností. Studovali jsme transportní a magnetické vlastnosti feromagnetických a antiferomagnetických (FM/AFM) slitin FeRh, které mají potenciální aplikace v antiferomagnetické spintronice. Pozoruhodnou vlastností těchto slitin je, že při nízké teplotě jsou antiferomagnetické a při teplotách nad 370 K přecházejí do feromagnetického stavu. Existence anisotropní magnetoresistance, která byla nedávno změřena experimentálně, je klíčová pro aplikace. Teoreticky jsme ji vypočítali i pro konečné teploty a určili jsme její závislost na chemickém složení pro nestechiometrické slitiny  $\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_{1+x}$ . Dále jsme vysvětlili náhlý pokles resistivity pozorovaný při přechodu z antiferomagnetického do feromagnetického stavu [4].

Excitony jsou vázané stavy elektronu z vodivostního a díry (po něm chybějícího elektronu) z valenčního pásu. Elektrony v polovodiči jsou excitovány absorpcí světelného kvanta (fotonu) z valenčního do vodivostního pásu a pokud elektronová konfigurace zabraňuje zpětné rekombinaci s děrami, které ve valenčním pásu po sobě zanechaly, mohou se díky přitažlivé interakci mezi elektronem a dírou vytvořit vázané stavy. Takto nově vzniklé kvazičástice, na rozdíl od samotných elektronů nebo děr, mohou v nízkých teplotách kondenzovat. Excitonová kondenzace je kolektivní jev podobný supravodiči a zapříčiňuje vznik různých typů magnetického uspořádání, které se kvalitativně liší od klasických magnetů. Přechody mezi takovými magnetickými stavy mohou být vyvolány velmi malými změnami vnějších parametrů, jako jsou teplota, elektrické pole nebo tlak. Koncept excitonové kondenzace v magnetických materiálech je celosvětově nový. Nám se podařilo dosáhnout nových výsledků rozsáhlými numerickými výpočty zjednodušených modelů, které ukazují na bohatost tohoto jevu a umožňují nám identifikovat hlavní materiálové parametry, které jsou pro tento jev podstatné. Výstupy naší práce v této oblasti jsme shrnuli v článku vyžádaném redakcí časopisu *Journal of Physics: Condensed Matter* [5].

Moderní experimentální metody umožňují pomocí modulovaného laserového signálu stabilizovat nanoskopický systém atomů při velmi nízkých teplotách v periodické struktuře zvané optická mřížka. Tyto ultra studené a slabě interagující atomy jsou bosony, jejichž základní stav může být tak zvaný Boseho-Einsteinův kondenzát. Jeho teoretický i přibližný popis je numericky velmi náročný. Před časem jsme se podíleli na vybudování konsistentní kvantové teorie středního pole interagujících bosonů, která je schopna kvalitativně dobře Boseho-Einsteinovu kondenzaci popsat. V rámci této teorie se nám podařilo najít prostorově závislou spektrální funkci interagujícího bosonového plynu a identifikovat její charakteristické změny při Boseho-Einsteinově kondenzaci. Přímé experimentální ověření tohoto chování je možné Braggovou spektroskopií [6].

Supravodiče napojené na různé nanoskopické nesupravodivé struktury získaly v poslední době zvýšenou pozornost teoretiků díky novým experimentálně pozorovaným jevům. Jedním z nich je tzv. „0- $\pi$  přechod“ v příměsích nanoskopických rozměrů s dobře separovanými energetickými hladinami napojených na supravodivé elektrody. Josephsonův supraproud mezi supravodivými elektrodami může tunelovat i skrze takové příměsi. Charakter a směr tunelovacího supraproudu však silně závisí na síle elektronové interakce na příměsích. Coulombická interakce má tendenci rozbít Cooperovy páry, tunelující

částice supraproudu skrze příměs. Při kritické síle elektronové interakce, kterou lze dobře experimentálně ladit, dojde k poklesu velikosti a obrácení směru supraproudu. Použili jsme spinově symetrickou poruchovou teorii interagujících elektronů na supravodivém pozadí a ve spolupráci s teoretiky z Karlovy univerzity spočetli hladiny Andrejevových vázaných stavů, které tunelování supraproudu umožňují. Nově jsme definovali kritérium pro hranici mezi oběma fázemi průchodu tunelovacího proudu příměsí. Pro nepříliš silně interagující systémy jsme srovnáním s náročnými numericky přesnými metodami a s experimentálními výsledky prokázali spolehlivost naší metody popisu  $0-\pi$  přechodu, viz obr. 2, [7,8].

## B. Rovnovážné a nerovnovážné makroskopické vlastnosti interagujících systémů

Spinová skla jsou významné magnetické materiály, které díky frustraci v konfiguracích lokálních magnetických momentů vedou na dosud ne zcela vysvětlené dalekodosahové uspořádání v nízkých teplotách. Materiály vykazující spinově skelné chování jsou stále v zájmu jak teoretiků, tak experimentátorů. Z teoretického hlediska největší výzvu představuje nalezení úplného fázového prostoru parametrů uspořádání nízkoteplotní spinově skelné fáze tak, aby entropie uspořádaného stavu nebyla v nízkých teplotách záporná. Záporná entropie je indikátorem termodynamické nestability. Analyzovali jsme tři různé modely středního pole spinových skel a ukázali jsme, že nestabilita neúplných přiblížení je způsobena narušením ergodického předpokladu nutného k zaručení existence stabilního termodynamicky rovnovážného stavu. Ukázali jsme, jak hierarchicky odbourat narušení ergodicity a zajistit konvergenci k marginálně stabilnímu stavu [9]. Tato naše konstrukce teorie středního pole je originální a podstatné kroky, které ji charakterizují a odlišují ji od standardního postupu, byly shrnuty v publikovaném zvaném příspěvku podzimní školy silně korelovaných elektronů v německém Jülichu [10].

Teoretický popis mechanického působení nerovnovážného „aktivního“ média na vnější sondu je důležitým nástrojem pro identifikaci termodynamických a kinetických dějů v systémech mimo termodynamickou rovnováhu. Tehdy toto působení obecně nemá charakter konzervativních entropických sil a nese otisk probíhajících disipativních procesů. Ukázali jsme, že dominantní neentropický příspěvek pochází z „dodatečné“ termodynamické výměny s aktivním zdrojem, generované pomalým pohybem sondy. Jak bylo již dříve pozorováno v některých experimentech, tyto síly mají často neaditivní charakter, pro nějž náš teoretický přístup nabízí obecné vysvětlení [11]. Dále jsme analyzovali, jakou roli hrají kinetické vlastnosti jed-

notlivých tranzitních kanálů a termodynamicko-kinetické korelace, především daleko od rovnováhy. Jako možnou aplikaci jsme navrhli nepřímou metodu rozlišení tranzitních kanálů měřením lineární odezvy indukovaných sil [12].

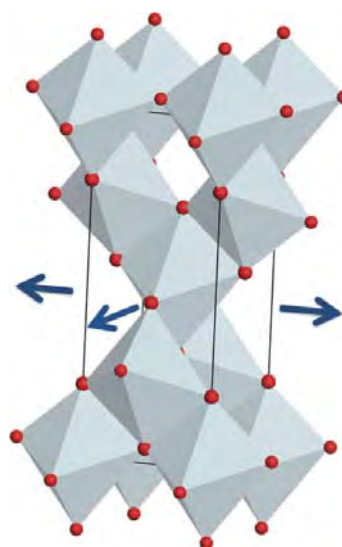
## C. Makroskopické a termodynamické vlastnosti látek

Nedávno byl publikován zajímavý model stabilizace velikosti zrn v nanokrystalických látkách segregací příměsí na hranicích zrn (Darling *et al.*, “Mitigating grain growth in binary nanocrystalline alloys through solute selection based on thermodynamic stability maps” [Comput. Mater. Sci. 84, 255 (2014)]). Bohužel v uvedeném článku byl model aplikován na reálné systémy, aniž bylo vzato v úvahu jejich reálné chování, např. rozpustnost příměsí v daných systémech nebo existence fázových transformací v systémech na bázi železa a titanu. Taková nevhodná aplikace však výrazně znehodnocuje uvedený model, protože uvádí čtenáře mimo fyzikální realitu. Proto jsme tento model analyzovali a poukázali na limity jeho aplikace [13].

## ■ Experiment badatelského charakteru

### A. Dielektrika, feroelektrika, feromagnetika a multiferoika

V poslední době byla publikována řada článků o objevu nových feroelektrik pomocí PFM mikroskopie. My jsme na příkladu napjatých  $\text{TiO}_2$  vrstev (obr. 3), které vykazují feroelektrické hysterezní smyčky v PFM, ukázali, že PFM odezva může pocházet od elektrochemických

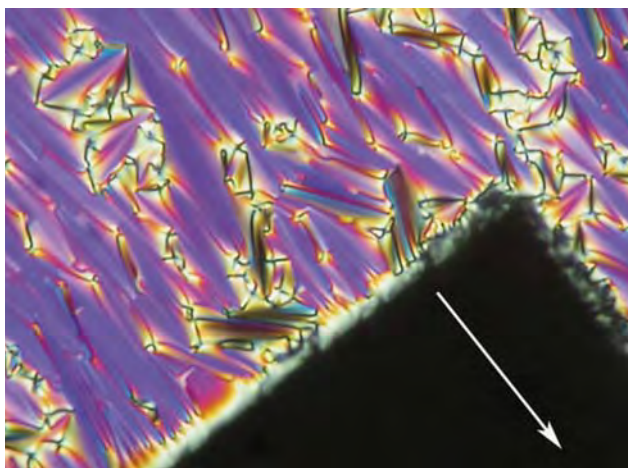


■ Obr. 3  
Znázornění anatasové krystalové struktury  $\text{TiO}_2$  při tahovém napětí.

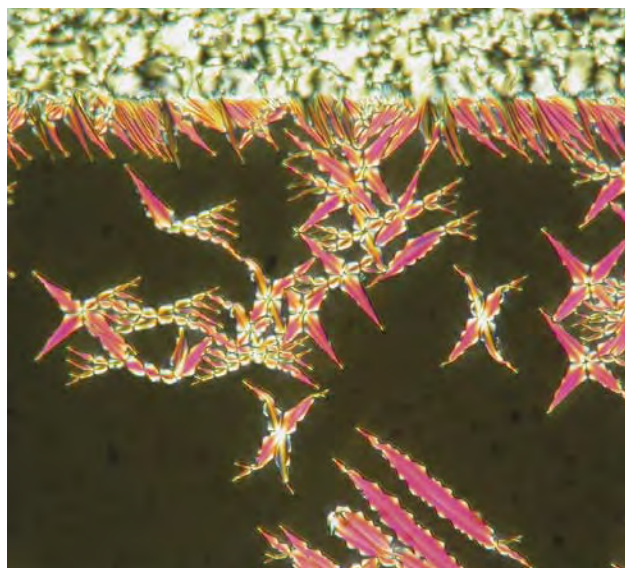
efektů, jako jsou migrace defektů. Dodatečné experimenty, jako jsou měření signálu druhé harmonické, teplotní závislosti IČ spekter (fononů) a mřížkových konstant určených pomocí rentgenové difrakce, jsou nutné pro jednoznačné potvrzení feroelektrických fázových přechodů [14].

Na základě vlastního pozorování jsme vysvětlili unikátní chování nového kapalně krystalického materiálu s chirálními molekulami, u kterého se vyskytuje tzv. TGBA fáze: v elektrickém poli se transformuje planární TGBA textura, ve které jsou molekuly uspořádány rovnoběžně s povrchem, do homeotropní, kde jsou molekuly kolmo k povrchu a tudíž se jeví ve zkřížených polarizátorech homogenně tmavá (obr. 4). Za určitých teplotních podmínek je proces vratný při vypnutí pole. Transformace planární textury v homeotropní je analogií tzv. Frederiksova jevu, který byl dosud popsán a prostudován jen pro nematika. Za jev je zodpovědná pozitivní dielektrická anizotropie a jak jsme prokázali pro náš materiál, rovněž velká stlačitelnost smektických vrstev, která je důsledkem specifického uspořádání molekul ve smektických vrstvách. Pozorovaný elektrooptický jev je využitelný pro specifické aplikace. Kromě toho pro frekvence nad 10 kHz jsme zjistili změnu dielektrické anizotropie na negativní, což je vlastnost perspektivní pro aplikace v adaptivní nebo difrakční optice [15].

Navrhli jsme také model růstu filamentů v textuře smektické-A fáze tvořené chirálními molekulami s periodickým rozložením hranic zrn obsahujících šroubové dislokace (TGBA fáze). Model je založen na představě konečných bloků paralelních smektických vrstev, které



■ **Obr. 4** Planární textura studovaného kapalného krystalu ve smektické A fázi po aplikaci elektrického pole. Tmavá oblast pod elektrodou svědčí o transformaci planární textury v homeotropní. Bílá šipka naznačuje směr uspořádání molekul na povrchu vzorku díky kotvení. Šířka obrázku odpovídá rozměru vzorku asi 300  $\mu\text{m}$ .



■ **Obr. 5** Růst filamentů kapalného krystalu v textuře smektické-A fáze tvořené chirálními molekulami, s periodickým rozložením hranic zrn obsahujících šroubové dislokace (TGBA fáze). Tmavá oblast odpovídá homeotropní textuře, která byla indukována elektrickým polem. Šířka fotky odpovídá 250  $\mu\text{m}$ .

vytvářejí helikoidální strukturu. Vycházíme z pozorování v polarizovaném světle optického mikroskopu a z analýzy mechanismu vzniku filamentů TGBA fáze z homogenní smektické-A struktury, které může být vyvoláno například přiloženým elektrickým polem. Model lze použít i na popis formování filamentů, k němuž dochází typicky při fázovém přechodu ze smektické-A do TGBA fáze (obr. 5). Proces je vyvolán působením chirálních sil v kombinaci s planárním zakotvením molekul na povrchu vzorku. Filamenty jsou ohraničeny dislokačními smyčkami, které mají šroubové i hranové složky. Předkládaný model umožňuje rovněž vysvětlit specifickou orientaci filamentů vzhledem ke směru zakotvení molekul na povrchu vzorku a odhadnout kompresní modul materiálu [16].

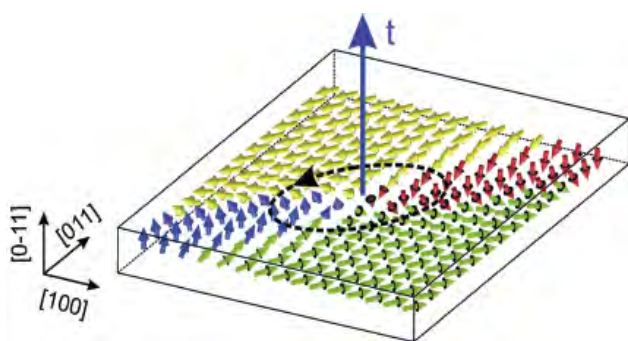
Pomocí simulovaných počítačových experimentů v rámci Ginzburg-Landauova modelu se nám podařilo předpovědět zajímavý lineární defekt ve feroelektrických Blochových stěnách  $\text{BaTiO}_3$ . Tento defekt tvoří hranici mezi oblastmi doménové stěny s opačnou chiralitou. Tento intrinsický lineární defekt (nazvaný Isingovská linie) může být popsán jako asi 2 nm tlustá paraelektrická nanotyčinka, která představuje vysoce mobilní hranici oddělující sousední části Blochových doménových stěn s opačnou chiralitou. Isingovské linie vlastně hrají roli doménových stěn pro feroelektrický fázový přechod uvnitř doménových stěn. Zjistili jsme, že vnější elektrické pole přiložené podél osy Isingovské linie může vyvolat její pohyb, což způsobí překlopení polarizace i chiralitu v Blochově

stěně, a to beze změny směru střední polarizace v přiléhajících objemových doménách (Obr. 6) [17].

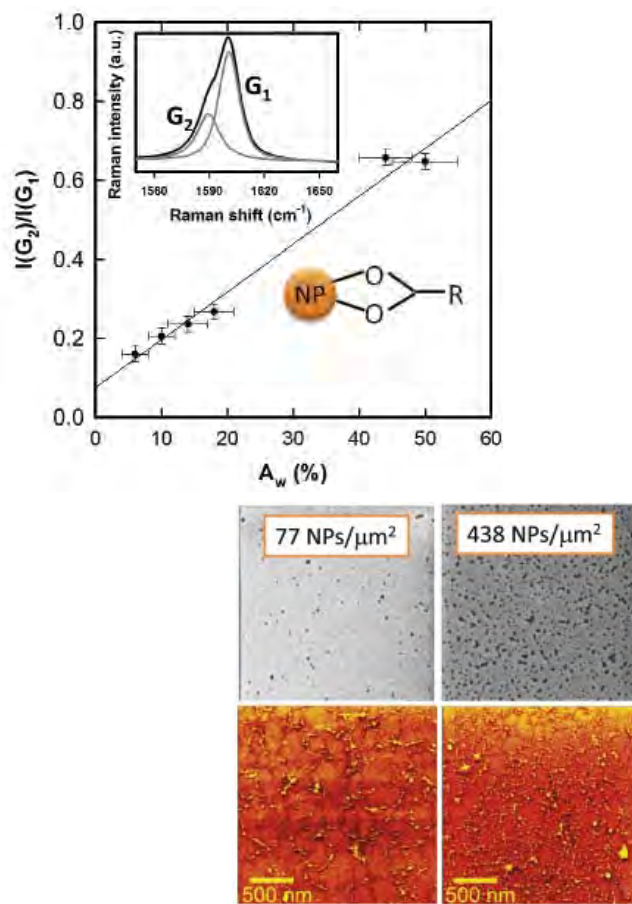
## B. Magnetické nanosystémy

Stěžejní problematikou řešenou ve skupině magnetických nanosystémů bylo komplexní studium mechanického napětí, dopování a topografie grafenu. Vývoj napětí a dopování v monovrstvě a izotopově značené dvojvrstvě grafenu v závislosti na teplotě a magnetickém poli jsme studovali pomocí Ramanské spektromikroskopie [18] a využili korelační analýzu charakteristických parametrů Ramanských módů grafenu pro určení koncentrace nosičů náboje a stanovení charakteru a velikosti napětí. Zjistili jsme, že dopování vrstvy v kontaktu se substrátem (300 nm SiO<sub>2</sub>/Si) vykazuje v závislosti na teplotě stejný trend jako dopování v horní vrstvě. Přitom jsme pozorovali poměrně malý rozdíl v dopování obou vrstev, což signalizuje částečné vyrovnání náboje. Objevili jsme i výrazný teplotní vývoj napětí v obou vrstvách reflektující průběh teplotní roztažnosti substrátu. Získané výsledky mají obecný dopad na interpretaci všech experimentů, které vyžadují nízkoteplotní podmínky, zejména studie kvantového Hallova jevu a magnetorezistence. Výsledky byly získány s využitím světově unikátního Ramanského spektromikroskopu, který byl instalován ve Společné laboratoři pro magnetická studia (SLMS) v roce 2014 v rámci spolupráce s ÚFCh JH (tým Nanocarbon).

S využitím substrátu dekorovaného monodisperzními magnetickými nanočásticemi jsme dosáhli kontrolované změny topografie monovrstvy grafenu [19, 20]. Demonstrovali jsme, že poměrné zvrásnění monovrstvy grafenu roste lineárně s hustotou nanočástic na substrátu (obr. 7). Zvrásněná frakce grafenu vykazuje v Ramanských spektrech typický „otisk prstu“, který lze využít k obecné



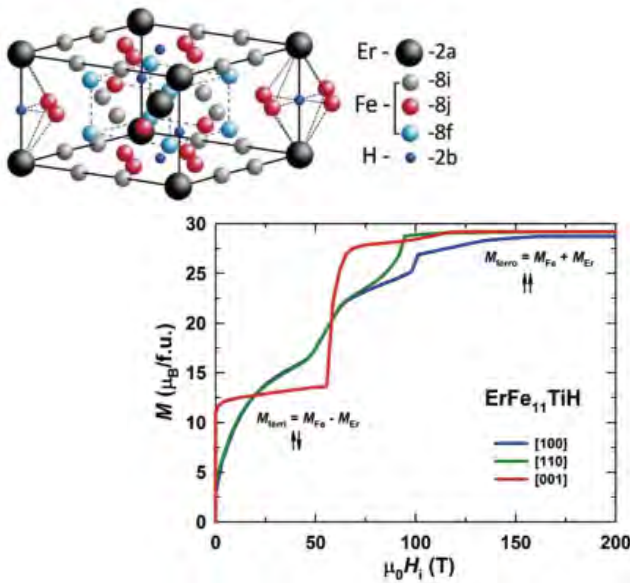
■ **Obr. 6** Isingova linie v trigonální fázi BaTiO<sub>3</sub>. Rozložení polarizace v prostoru, získané ze simulovaných počítačových experimentů s GLD modelem pro BaTiO<sub>3</sub>. Při obcházení jádra tohoto defektu po uzavřené smyčce (přerušovaná čára) kolem jeho osy *t* se polarizace otáčí kolem osy [-211], kolmé na směr osy *t*.



■ **Obr. 7** Obecná korelace mezi zvrásněnou frakcí grafenu ( $A_w$ ) a relativní intenzitou stěžejního Ramanského aktivního módu grafenu ( $G$ ) příslušejícího zvrásněné vrstvě (vlevo). V detailu je znázorněn rozklad spektra  $G$  módu na zvrásněnou ( $G_2$ ) a hladkou ( $G_1$ ) frakci. Vpravo je uvedeno srovnání topografie substrátu dekorovaného magnetickými nanočásticemi (šedé obrázky) a výsledné zvrásněné monovrstvy grafenu pro dvě různé koncentrace nanočástic (barevné obrázky).

kvantifikaci zvrásnění grafenu. Také jsme pozorovali, že pro specifické geometrie nanočástic pod grafenem lze generovat napětí o trojčetné symetrii, které je nutnou podmínkou vzniku gigantických magnetických pseudopolí v řádu stovek Tesla. Získané výsledky jsou zásadní pro realizaci cílené chemické funkcionalizace grafenu, prostorové modulace nábojové hustoty, lokalizaci plasmónů, simulaci chování Diracových fermionů v extrémních režimech a vývoj citlivých senzorů plynů či biomolekul.

Ve spolupráci s partnery v SLMS a vysokopodtlávací laboratoři v Drážďanech jsme získali nové poznatky o vlivu externího tlaku a hydrogenace na magnetické vlastnosti silně anizotropních intermetalických fází s *f*-elektrony. Při aplikaci kvazihydrostatického tlaku vyššího než 20 GPa na monokrystal UGa<sub>2</sub> bylo dosaženo úplného potlačení ferromagnetického uspořádání za vzniku paramagne-



■ **Obr. 8** Krystalová struktura fáze  $\text{ErFe}_{11}\text{TiH}$  (vlevo) a typické magnetizační křivky pro vnější magnetické pole aplikované ve význačných směrech krystalu (vpravo).

tického stavu [21]. Vysokotlakou hydrogenací *bcc* uranu stabilizovaného zirkoniem se nám podařilo poprvé připravit čistou fází  $\alpha\text{-UH}_3$  typu obecného vzorce  $(\text{UH}_3)_{1-x}\text{Zr}_x$ . Zároveň jsme zjistili, že se jedná o ferromagnet s Curieovou teplotou 180 K [22]. Studovali jsme také fáze hydridu  $\text{ErFe}_{11}\text{TiH}$  ve formě monokrystalu s cílem určit parametry krystalového pole a charakter výměnných interakcí [23] (Obr. 8). Na základě experimentálních dat v magnetických polích do 60 T byly úspěšně modelovány magnetizační křivky do 200 T. Dále byl studován detail přechodu mezi ferrimagnetickým a ferromagnetickým stavem v aplikovaném magnetickém poli.

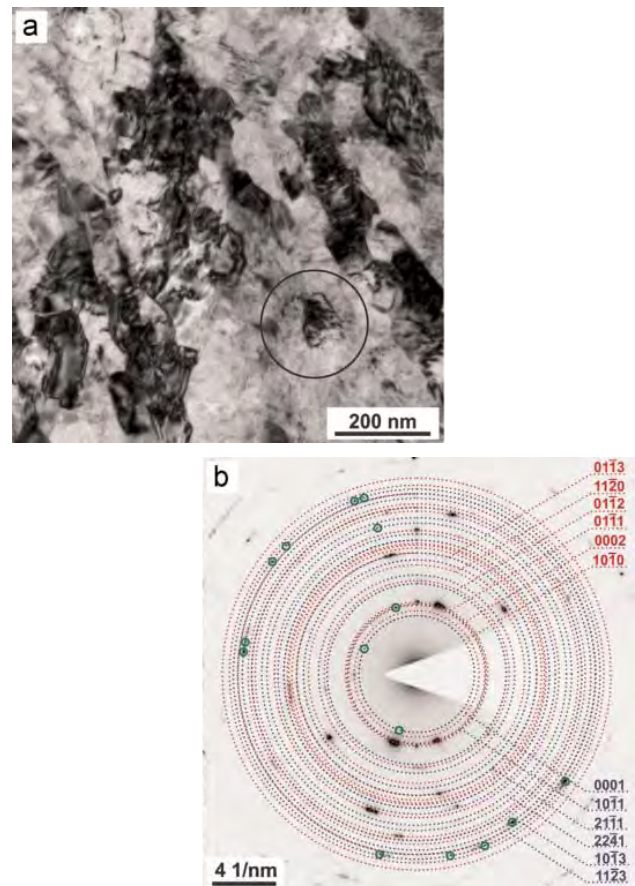
V rámci spolupráce se skupinou kvantové turbulence ve Společné laboratoři nízkých teplot jsme dosáhli unikátních výsledků v oblasti výzkumu kvantové turbulence v  $^4\text{He}$  s využitím druhého zvuku [24]. Byl tak poprvé pozorován tzv. přechodný režim, ve kterém se pokles hustoty vírových čar výrazně liší od předpokládaného monotónního chování.

### C. Strukturní a funkční materiály

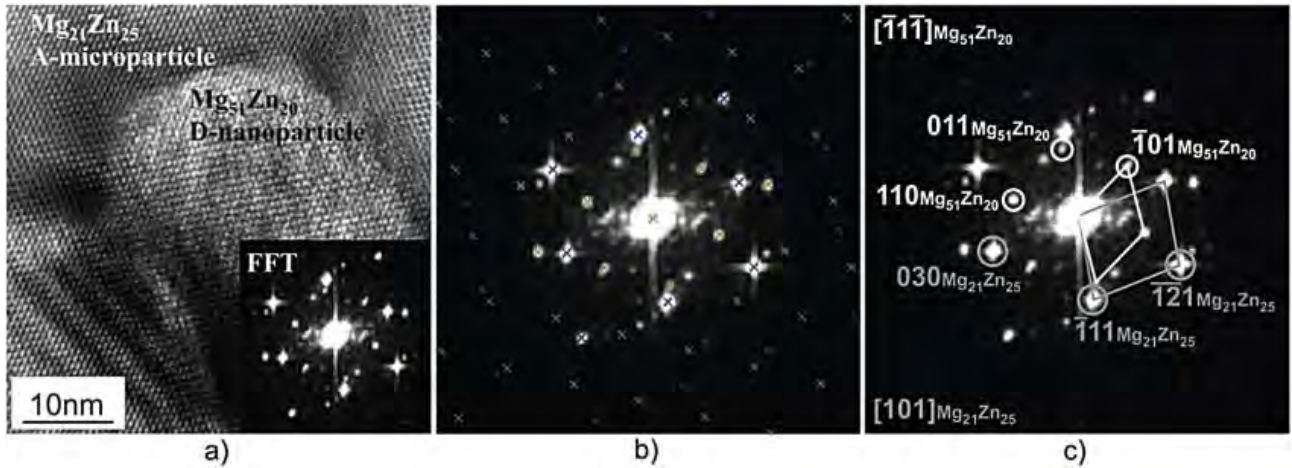
Pomocí metody úhlového kanálového protlačování (ECAP, z angl. *equal channel angular pressing*) s protlakem (BP, z angl. *back-pressure*) se nám podařilo při pokojové teplotě připravit téměř nanokrystalický titan. Takový materiál by v blízké budoucnosti mohl být využit tam, kde se očekává vysoká pevnost kombinovaná s výbornou biokompatibilitou, např. na výrobu zubních implantátů. V něm jsme poprvé detekovali vysokotlakou  $\omega$ -fázi, která vznikla v průběhu intenzivní plastic-

ké deformace při pokojové teplotě a tlaku cca 2 GPa. Doposud se očekávalo, že minimální tlak pro její vznik v čistém titanu se pohybuje kolem 5 GPa. Obr. 9 ukazuje mikrostrukturu pozorovanou v transmisním elektronovém mikroskopu (TEM) a odpovídající difraktogram (SAED) vzorku po ECAP-BP při pokojové teplotě [25].

Pomocí nanoindentace jsme poprvé systematicky prostudovali mechanické vlastnosti (nanotvrdost, rozměrový efekt a elastický modul) v čistém hořčíku a v jedné z jeho nejběžnějších slitin AZ31 v závislosti na orientaci krystalové mřížky vůči ose nanoindentace. Zjistili jsme, že maximální tvrdost a pevnost v tlaku vykazuje povrch s orientací (0001), zatímco elastický modul vykazuje nepatrnou závislost na krystalografické orientaci povrchu [26]. Výsledky takového studia nanomechanických vlastností umožňují optimalizaci materiálových struktur pro návrhy mikrokomponent např. v elektronice a medicíně.



■ **Obr. 9** (a) Snímek TEM (světlé pole) vzorku titanu po 4 průchodech ECAP (typ A) při pokojové teplotě. Kruh indikuje oblast, v níž byly pořízeny SAED difrakce; (b) SAED difrakce prokazující přítomnost dvou fází titanu:  $\alpha$  (tečkovaná červená) a  $\omega$  (tečkovaná modrá). Malé zelené kroužky zvýrazňují průsečíky mezi experimentálními reflexemi a teoretickými difrakčními kroužky  $\omega$ -fáze.

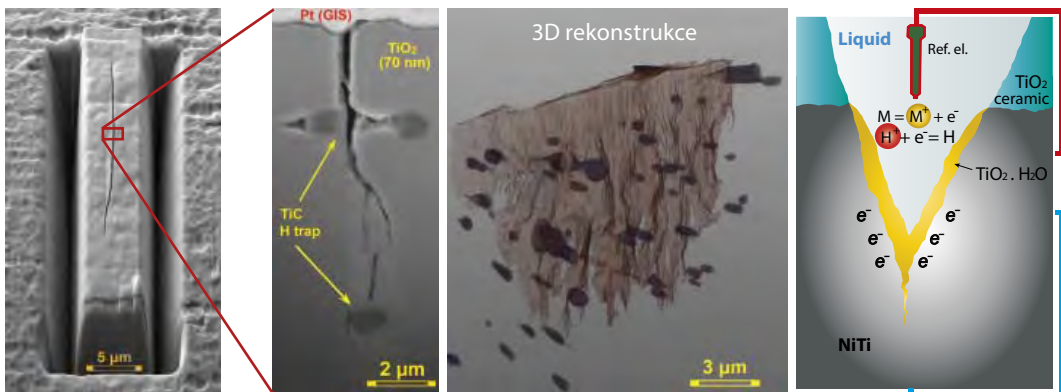


■ **Obr. 10** Analýza eutektika složeného z intermetalických fází  $Mg_{21}Zn_{25}$  a  $Mg_{51}Zn_{20}$ . a) Snímek z vysokorozlišovacího transmisního elektronového mikroskopu (HRTEM): nanočástice D-fáze uvnitř mikročástice A s odpovídajícím difraktogramem (v rohu obrázku); b) detail difraktogramu z obr. (a) zpracovaného pomocí softwaru CrysTBox, který prokazuje přítomnost dvou různých fází:  $Mg_{21}Zn_{25}$  (modré křížky) a  $Mg_{51}Zn_{20}$  (zelené křížky); c) indexovaný difraktogram HRTEM obrázu ukazuje A-mikročástici fáze  $Mg_{21}Zn_{25}$  s orientací  $[101]$  a D-nanočástici fáze  $Mg_{51}Zn_{20}$  s orientací  $[-11-1]$ .

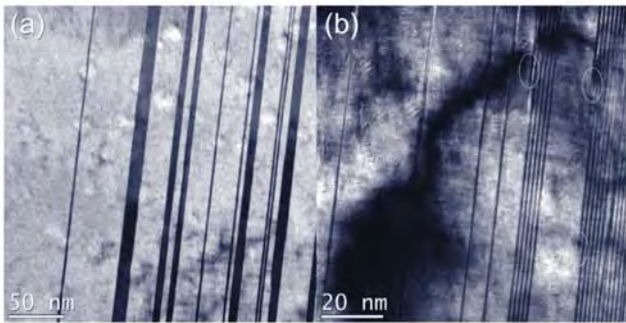
Naše úsilí jsme také zaměřili na dokončení pokročilého softwaru CrystBox pro počítačovou analýzu difrakčních TEM obrazců, který významně ulehčuje zpracování obrazu a detailní analýzu TEM snímků vzorků s ultrajemnozrnou resp. nanokrystalickou strukturou. Tento software je již volně dostupný na <http://www.fzu.cz/crystbox>. Jeho možnosti jsou publikovány v práci [27]. Pomocí tohoto softwaru jsme mohli efektivně analyzovat mikrostruktury ultrajemnozrných a nanokrystalických materiálů a dosáhnout nových poznatků v tomto oboru. Možnost využití CrystBox nám např. umožnila analyzovat morfologii intermetalických částic včetně prokázání existence spekulativní fáze  $Mg_{21}Zn_{25}$  (viz obr. 10) v biodegradabilní slitině Mg-12wt.%Zn [28] či navrhnout metodu pro odhad tloušťky TEM fólií.

V oblasti výzkumu funkčních materiálů s tvarovou pamětí jsme se v roce 2015 nově zaměřili na výzkum únavového porušování prvků ze slitiny s tvarovou pamětí NiTi během cyklické deformace. Analyzovali a publikovali jsme výsledky unikátního in-situ experimentu [29],

v němž jsme pomocí difrakce synchrotronového záření pozorovali vývoj mikrostruktury a vnitřního napětí v superelastickém vlákně NiTi během cyklické tahové deformace. Zjistili jsme, že nestabilita cyklické deformační odezvy je důsledkem současné martenzitické deformace a plastické deformace skluzem dislokací v prostředí polykrystalu. Zdrojem únavového porušování transformujících slitin NiTi je také volný povrch, především v agresivním prostředí, což je významný problém pro velmi rozšířené superelastické implantáty NiTi v lékařství, které se v biologickém prostředí opakovaně mechanicky deformují. V tenkých povrchových oxidických vrstvičkách (10-100 nm) cyklicky deformovaného NiTi implantátu totiž dochází k mechanochemickým procesům urychlujícím jak vznik mikrotrhlin, tak jejich šíření dovnitř NiTi implantátu a v konečném důsledku k předčasnému únavovému lomu. Vyvinuli jsme a používáme originální in-situ elektrochemické metody [30], kde deformující se NiTi drát či pružina jsou pracovní elektrodou. Pomocí těchto nově vyvíjených originálních metod dokážeme porozumět

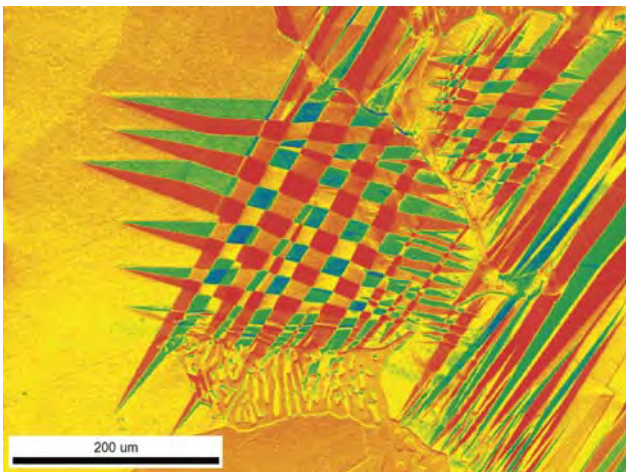


■ **Obr. 11** Mechanochemický mechanismus vzniku trhlin na povrchu cyklicky deformovaného superelastického NiTi implantátu v kapalině.



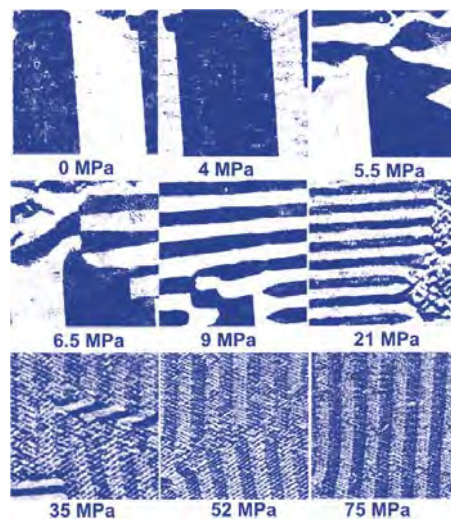
■ **Obr. 12** Směs nemodulované a zdvojitěné 14M fáze na nanoúrovni. (a) Zbytková 14M fáze (tmavé proužky) v nově formované fázi nemodulované. (b) Kontrast ukazující jednotlivá nanodvojčata. Kroužkem jsou označena místa mizejících dvouvrstevných dvojčat.

mechanochemickým procesům na rozhraní kov/oxidická vrstva/kapalina. Současně tyto metody umožňují velmi brzy rozpoznat v únavové zkoušce nukleaci a šíření submikronových trhlin dovnitř kovové matrice a vyhodnotit, který povrch (technologická úprava povrchu) je vhodný z hlediska únavové životnosti implantátu a který není. Prostorové 3D obrazy únavových trhlin (obr. 11) pořízené pomocí rekonstrukce z příčných řezů povrchovou vrstvou cyklovaných drátů iontovým svazkem v rastrovacím elektronovém mikroskopu TESCAN nám umožnily lépe porozumět mechanismu růstu trhlin v počátečních stádiích únavy a roli oxidických a karbidických vměstků v NiTi matrici.



■ **Obr. 13** Morfologie martenzitických lamel a jejich reziduí na metalograficky připraveném povrchu feromagnetické slitiny s tvarovou pamětí  $\text{Co}_{38}\text{Ni}_{33}\text{Al}_{29}$ . Snímek byl pořízen skenovacím elektronovým mikroskopem Tescan FERA 3 pomocí EBSD analyzátoru EDAX DigiView5. Kamera dedikovaná pro metodu EBSD je zde využita jako směrově citlivý detektor zpětně odražených elektronů. (Tento obrázek postoupil do semifinále soutěže Věda fotogenická 2015).

Vedle materiálů NiTi se dlouhodobě věnujeme feromagnetickým materiálům s tvarovou pamětí, které lze využít jako magnetickým polem buzené bezkontaktní aktuátory, laditelné tlumiče vibrací či zařízení pro rekuperaci vibrační mechanické energie. V roce 2015 jsme dosáhli dalšího úspěchu na cestě k objasnění extrémně vysoké pohyblivosti hranic dvojčatění v materiálu Ni-Mn-Ga, která je existenciální podmínkou pro magneticky indukovanou strukturní reorientaci neboli jev magnetické tvarové paměti. Dále jsme ve spolupráci s Aalto University, Finsko, studovali mikroskopický mechanismus napětím indukované intermartenzitické transformace z modulované martenzitické struktury 14M do struktury nemodulované.



■ **Obr. 14** Vývoj magnetických domén při zatěžování příčně orientované křemikové oceli. Tahové napětí je označeno v obrázku.

Dokázali jsme jako první na světě, že tato transformace se děje procesem dvojčatění. Toto pozorování potvrzuje dříve námi navrženou ideu, že martenzitická 14M fáze je složená z velmi jemných nanodvojčat, což vylučuje obecně přijímaný koncept harmonicky modulované fáze. Koexistence nemodulované a nanodvojčaté martenzitické fáze a její postupné mizení pod napětím je zachyceno na obr. 12. Článek podrobně popisující a interpretující pohyb dvojčatových rozhraní při in-situ zatěžování v transmisním elektronovém mikroskopu byl publikován v časopise Acta Materialia [31] a ve formě videozáznamů na webových stránkách oddělení <http://ofm.fzu.cz/in-situ-tem-deformation-twinning-in-ni-mn-ga>.

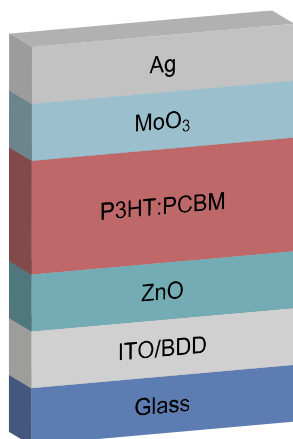
Ve spolupráci s teoretiky z naší sekce jsme se zabývali studiem elektronových struktur ve slitině Ni-Mn-Ga [32], jejichž detailní popis by mohl vést k lepšímu pochopení podmínek martenzitické transformace, a to nejen v těchto materiálech, ale pro transformace tohoto druhu obecně. Ukázalo se však, že kvůli vysokému stupni neuspořádaní je elektronová struktura značně rozmazaná a vzpírající se snadné interpretaci. Dalším studovaným feroelastickým materiálem je slitina CoNiAl, která patří do skupiny méně

obvyklých multiferoik. Rozdělení feroelektrických domén či martenzitických lamel v monokrystalu CoNiAl poblíž strukturních vměstků ukazuje obr. 13. Tento obrázek dobře ilustruje možnosti nového rastrovacího elektronového mikroskopu Tescan.

Dále jsme se zabývali interpretací změn magnetických doménových struktur a souvisejících magnetizačních křivek pod napětím pro různé druhy ocelí [33]. Vývoj magnetických domén při zatěžování je ukázán na obr. 14. Tyto studie jsou důležité z hlediska aplikací, neboť dovolují v principu odhalit vnitřní pnutí z pouhého měření magnetizačních křivek a pozorování magnetických domén.

## D. Vrstvy

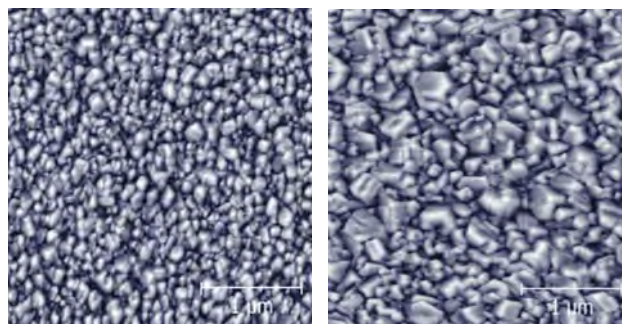
V rámci výzkumu organických materiálů pro obnovitelné zdroje energie, jmenovitě materiálů pro fotovoltaickou konverzi solární energie a vývoje nových solárních článků jsme navrhli elektrody na bázi bórem dopovaných polykrystalických diamantových vrstev. Vodivé polykrystalické diamantové vrstvy, které jsme vytvořili metodou



■ Obr. 15 Schéma P3HT:PC<sub>60</sub>BM organického solárního článku.

chemické depozice z plynné fáze v nízkoteplotním MW/HF plazmatu, mají pro některé aplikace nahradit v současnosti ne zcela vyhovující vrstvy indium cínového oxidu (ITO). Bórem dopované polykrystalické diamantové vrstvy byly pak testovány jako elektrody polymer/fulerenových P3HT:PC<sub>60</sub>BM solárních článků (obr. 15 a 16). Získané výsledky ukázaly, že výše uvedená aplikace bórem dopovaných vrstev v solárních článcích je velmi perspektivní, vyžaduje však vyvinout technologii přípravy vrstev tak, aby se maximálně navýšila jejich optická transparentnost a elektrická vodivost [34–37].

Výzkumná skupina MNB, nově pod vedením V. Morčeta, se v roce 2015 zabývala výzkumem nových aplikací diamantových vrstev. Vlastnosti diamantu jako např. vysoké průrazné napětí, vysoká tepelná vodivost a vysoká koncentrace nosičů náboje předurčují jeho užití v elektro-

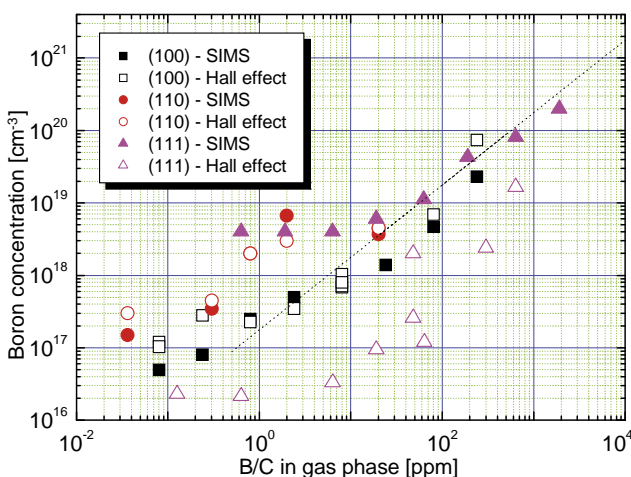


■ Obr. 16 AFM bórem dopovaných polykrystalických diamantových vrstev (4000 ppm) o velikosti krystalitů vlevo: 65 nm; vpravo: 167 nm.

nických zařízeních založených na polovodivém diamantu, které mohou překonat dosavadní křemíkové součástky. Syntéza vysoce kvalitních epitaxních diamantových vrstev je prvním krokem na cestě k výrobě nových elektronických součástek na bázi diamantu. Epitaxní diamantové vrstvy o vysoké kvalitě s různou koncentrací příměsí akceptoru již byly syntetizovány pomocí plasmou indukované chemické depozice z plynné fáze na substráty s různou krystalovou orientací. Vysoká elektronická kvalita [38] a bezdefektní povrch [39] bórem dopovaných epitaxních diamantových vrstev byly získány na (100) orientovaném diamantovém substrátu (obr. 17).

## E. Materiály pro bioaplikace

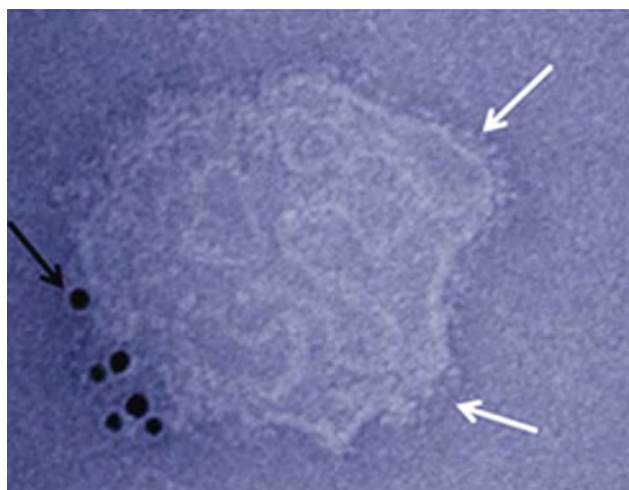
Společně s 1. LF UK a Biofyzikálním ústavem AV ČR jsme začali pracovat na nových metodikách pro stanovení příčin, míry a druhu poškození buněk během procesů jejich kultivace a kryoprezervace. Pomocí těchto metodik



■ Obr. 17 Celková koncentrace bóru obdržena pomocí SIMS a koncentrace akceptorů získaná z měření Hallova efektu na narostlých epitaxních diamantových vrstevách na orientaci substrátu (100) a (111) vynesena v grafu jako funkce poměru B/C v plynné směsi.

budou navrženy optimální podmínky pro buněčnou manipulaci. Motivací je snížení rizik spojených s metodami používanými například při asistované reprodukci. Míra poškození materiálu je posuzována na základě jeho analýzy pomocí široké škály standardních i modifikovaných biofyzikálních a molekulárně-biologických metod [40, 41].

V roce 2015 byla udělena cena TAČR 2015 projektu TA01011165 „Multiepitopová syntetická vakcína proti borelióze pro veterinární aplikace“, na jehož řešení se podílel vědecký tým vedený doc. I. Kratochvílovou. Lymeská borelióza je onemocnění, pro které v současné době neexistuje spolehlivá léčba a jediný léčebný postup spočívá v rychlém nasazení antibiotik. Ne všichni pacienti jsou tak zaléčeni včas a mnozí mají celoživotní zdravotní následky. Výzkumný ústav veterinárního lékařství, Univerzita Palackého Olomouc, Ústav Organické Chemie a Biochemie AV ČR a Fyzikální ústav AV ČR, ve spolupráci se společností Bioveta z Ivanovic na Hané vytvořily v rámci projektu TAČR TA01011165 rekombinantní chimerickou multiepitopovou vakcínu proti Lymeské borelióze, která bude určena jak lidským, tak i zvířecím pacientům. Unikátnost vakcíny je dána tím, že působí na širokou škálu borelií, které jsou hlavními původci onemocnění. Vědci z Fyzikálního ústavu AV ČR pod vedením doc. Ing. Ireny Kratochvílové, Ph.D. vypracovali model interakcí jednotlivých částí vakcinačního konstruktů, na jehož základě byl pak celý systém navržen a vytvořen a dále analyzovali vliv vybraných parametrů na jednotlivé části komplexu. Vzájemná spolupráce pracovišť z akademické a firemní sféry umožnila využít nejmodernější techniku pro přípravu antigenů, syntézu adjuvans, přípravu biokompatibilních nanolipo-



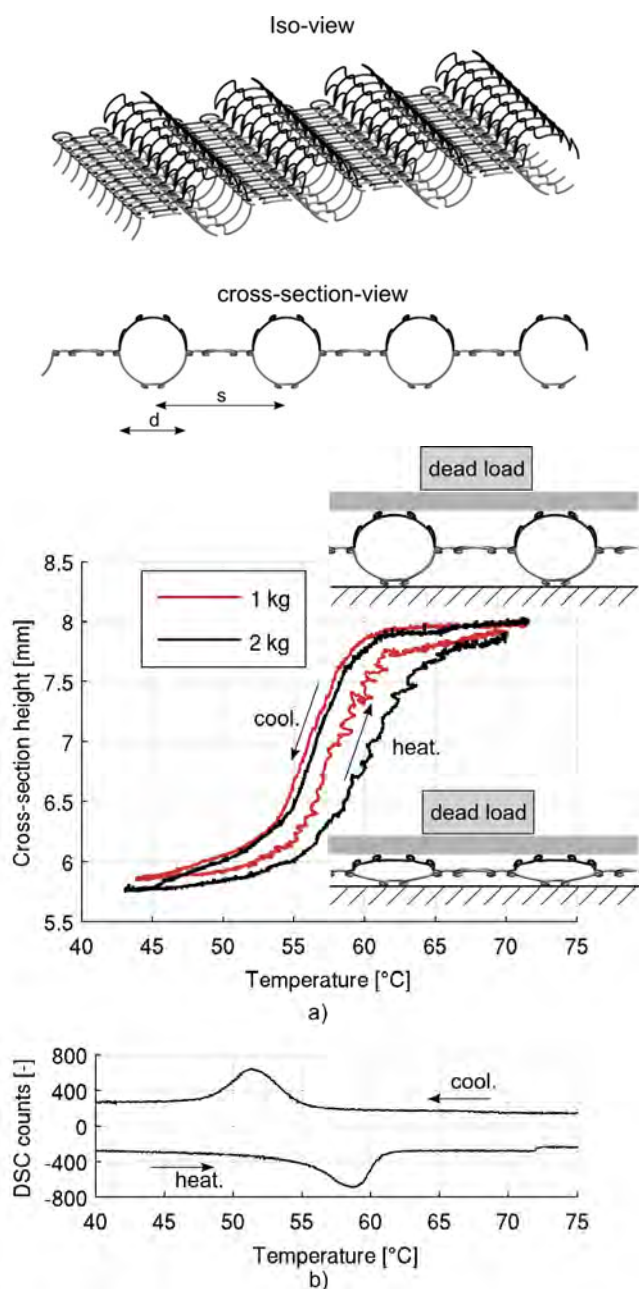
■ **Obr. 18** Proteoliposom zobrazen pomocí transmisní elektronové mikroskopie. Molekuly antigenu rOspC jsou označeny bílou šipkou. Identita antigenu je také potvrzena imunoafinitním značením koloidními částicemi zlata (černá šipka).

somálních nosičů, konstrukci vakcín a jejich testování (obr. 18). V preklinických experimentech byla prokázána značná schopnost vakcíny navodit protilátkovou odpověď. Biotechnologická a farmaceutická firma Bioveta navíc již zahájila práce na vybudování nového moderního provozu na výrobu rekombinantních vakcín. Kromě zdravotnického aspektu nová vakcína slibuje i značný ekonomický přínos. Pro vakcínu proti borelióze existuje velký globální trh, je proto pravděpodobné, že případný úspěch této vakcíny zvýší prestiž české vědy [42].

## ■ Experiment s aplikačním potenciálem

V roce 2015 jsme ve spolupráci s TU Liberec dokončili vývoj funkční trojrozměrné textilie z vláken NiTi (obr. 19) [43], která reaguje na změnu vnějšího mechanického působení a teploty změnou tvaru a mechanických vlastností definovaným způsobem a podala patentovou přihlášku [44].

V rámci projektu TAČR „Ochrana povrchu zirkoniových slitin kompozitními polykrystalickými diamantovými povlaky“ (vedoucí řešitelských týmů: I. Kratochvílová/FZÚ, R. Škoda/ČVUT, P. Foral/Westinghouse) jsme zkoumali vliv ochranné kompozitní polykrystalické diamantové (PCD) vrstvy pokrývající povrch zirkoniových palivových článků na nežádoucí chemickou reaktivitu povrchu zirkoniových slitin ve standardních podmínkách jaderných reaktorů. Kompozitní polykrystalické diamantové vrstvy byly připraveny v laboratoři FZÚ a měly tloušťku 300–500 nm. Vrstvy byly vytvořeny metodou nízkoteplotní depozice z plynné fáze v mikrovláknovém plazmatu, s typickým sloupcovým charakterem růstu diamantových krystalitů. Využili jsme našich rozsáhlých zkušeností s pěstováním polykrystalických diamantových vrstev, unikátní technologické a analyticko-teoretické zázemí a znalostí nejen k vytvoření funkční antikorozi ochrany povrchu zirkoniových slitin kompozitními polykrystalickými diamantovými vrstvami, ale i k popisu a pochopení vztahu mezi technologickými parametry a fyzikálně-chemickými vlastnostmi celého systému. Dosud byl udělen patent [45] a dva užité vzory. V rámci řešení projektu Technologické agentury ČR probíhají přímo v americkém Pittsburghu v laboratořích firmy Westinghouse experimenty za vysokých teplot, kdy se vzorek dostane do prostředí, kterému by byl vystaven ve skutečném jaderném reaktoru. Ve zmíněných laboratořích byl testován zirkoniový materiál pokrytý PCD vrstvou za standardních pracovních



■ Obr. 19 Model 3D NiTi textilie měnící vratně svoji tloušťku a izolační vlastnosti v reakci na změnu tlaku a teploty.

podmínek reaktoru po dobu 6, 15, 30 a 90 dnů. Ve všech případech se diamantová vrstva osvědčila. V roce 2016 by měly proběhnout experimenty ve speciálním reaktoru v Norsku. V případě pozitivních testů by se mohlo vylepšení začít používat v praxi za dva nebo tři roky. Firma Westinghouse plánuje používat polykrystalické diamantové vrstvy především na ochranu povrchu prvků ze zirkoniových slitin v běžném provozu jaderných reaktorů. Koroze polykrystalickou diamantovou vrstvou pokrytých vzorků byla zhruba o 20% nižší než u nechráněných vzorků. To prezentuje značnou úsporu

materiálu. O nákup patentových práv projevila zájem firma Westinghouse [45–48].

## Literatura

- [1] A. A. Khajetoorians, M. Valentyuk, M. Steinbrecher, T. Schlenk, **A. Shick, J. Kolorenč**, A.I. Lichtenstein, T. O. Wehling, R. Wiesendanger, J. Wiebe: Tuning emergent magnetism in a Hund's impurity, *Nature Nanotech.* **193**, 191 (2015).
- [2] **J. Kolorenč, A.B. Shick**, A. I. Lichtenstein: Electronic structure and core-level spectra of light actinide dioxides in the dynamical mean-field theory, *Phys. Rev. B* **92**, 085125 (2015).
- [3] **A. B. Shick**, L. Havela, A. I. Lichtenstein, M. I. Katsnelson: Racah materials: role of atomic multiplets in intermediate valence systems, *Sci. Rep.* **5**, 15429 (2015).
- [4] **J. Kudrnovský, V. Drchal**, I. Turek: Physical properties of the FeRh alloys: the antiferromagnetic to ferromagnetic transition, *Phys. Rev. B* **91**, 014435 (2015).
- [5] **J. Kuneš**: Excitonic condensation in systems of strongly correlated electrons, *J. Phys.: Condens. Mat.* **27**, 333201 (2015).
- [6] J. Panas, **A. Kauch, J. Kuneš**, D. Vollhardt, K. Byczuk: Numerical calculation of spectral functions of the Bose-Hubbard model using bosonic dynamical mean-field theory, *Phys. Rev. B* **92**, 045102 (2015).
- [7] M. Žonda, **V. Pokorný, V. Janiš**, T. Novotný: Perturbation theory of a superconducting  $0-\pi$  impurity quantum phase transition, *Sci. Rep.* **5**, 8821 (2015).
- [8] M. Žonda, **V. Pokorný, V. Janiš**, T. Novotný: Perturbation theory for an Anderson quantum dot asymmetrically attached to two superconducting leads, *Phys. Rev. B* **93**, 024523 (2016).
- [9] **V. Janiš, A. Kauch, A. Klíč**: Ergodicity breaking in frustrated disordered systems: Replicas in mean-field spin-glass models, *Phase Transitions* **98**, 4711 (2015).
- [10] **V. Janiš**: *Introduction to Mean-Field Theory of Spin Glass Models*, Chap. 8 in *Many-Body Physics: From Kondo to Hubbard*, (E. Pavarini, E. Koch and P. Coleman eds.), *Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Modeling and Simulation, Vol. 5*, Jülich 2015, ISBN:978-3-95806-074-6.
- [11] U. Basu, C. Maes, **K. Netočný**: How statistical forces depend on thermodynamics and kinetics of driven media, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 250601 (2015).

- [12] U. Basu, C. Maes, **K. Netočný**: Statistical forces from close-to-equilibrium media, *New J. Phys.* **17**, 115006 (2015).
- [13] **P. Lejček**, S. Hofmann: Comment on „Mitigating grain growth in binary nanocrystalline alloys through solute selection based on thermodynamic stability maps“, *Comput. Mater. Sci.* **107**, 235 (2015).
- [14] **S. Skiadopoulou**, **S. Kamba**, **J. Drahoukoupil**, **J. Kroupa**, N. Deepak, M.E. Pemble, R.W. Whatmore: Comment on Interesting Evidence for Template-Induced Ferroelectric Behavior in Ultra-Thin Titanium Dioxide Films Grown on (110) Neodymium Gallium Oxide Substrates, *Adv. Funct. Mater.* **26** (2016) 642.
- [15] **V. Novotná**, **M. Glogarová**, **M. Kašpar**, **V. Hamplová**, **L. Lejček**, D. Pocięcha: Unique effect of the electric field on a new liquid crystalline lactic acid derivative. *Soft Matter* **11**, 4649 (2015).
- [16] **L. Lejček**, **V. Novotná**, **M. Glogarová**: Filaments in the twist-grain-boundary smectic A phase. *Phys. Rev. E* **92**, 032505 (2015).
- [17] **V. Stepkova**, **P. Marton**, **J. Hlinka**: Ising lines: Natural topological defects within ferroelectric Bloch walls *Phys. Rev. B* **92** 094106 (2015).
- [18] **T. G. A. Verhagen**, K. Drogowska, M. Kalbáč, **J. Vejpravová**: Temperature-induced strain and doping in monolayer and bilayer isotopically labeled graphene, *Phys. Rev. B* **92**, 125437 (2015).
- [19] **J. Vejpravová**, **B. Pacáková**, J. Endres, **A. Mantliková**, **T. Verhagen**, V. Vales, O. Frank, M. Kalbáč: Graphene wrinkling induced by monodisperse nanoparticles: facile control and quantification, *Sci. Rep.* **5**, 15061 (2015).
- [20] **B. Pacáková**, **J. Vejpravová**, A. Repko, **A. Mantliková**, M. Kalbáč: Formation of wrinkles on graphene induced by nanoparticles: atomic force microscopy study, *Carbon* **95**, 573 (2015)
- [21] A. V. Kolomiets, J.-C. Griveau, J. Prchal, **A. V. Andreev**, L. Havela: Variations of magnetic properties of  $UGa_2$  under pressure, *Phys. Rev. B* **91**, 064405 (2015).
- [22] N. V. Kostyuchenko, A. K. Zvezdin, **E.A. Tereshina**, Y. Skourski, M. Doerr, H. Drulis, I. A. Pelevin, I. S. Tereshina: High-field magnetic behavior and forced-ferromagnetic state in an  $ErFe_{11}TiH$  single crystal, *Phys. Rev. B* **92**, 104423 (2015).
- [23] I. Tkach, M. Paukov, D. Drozdenko, M. Cieslar, B. Vondráčková, Z. Matěj, D. Kriegner, **A. V. Andreev**, N.-T. H. Kim-Ngan, I. Turek, M. Diviš, L. Havela: Electronic properties of  $\alpha$ -UH<sub>3</sub> stabilized by Zr, *Phys. Rev. B* **91**, 115116 (2015).
- [24] **S. Babuin**, E. Varga, W. F. Vinen, L. Skrbek: Quantum turbulence of bellows-driven 4He superflow: Decay, *Phys. Rev. B* **92**, 184503 (2015).
- [25] **A. Jäger**, **V. Gärtnerová**, **K. Tesař**: Microstructure and anisotropy of the mechanical properties in commercially pure titanium after equal channel angular pressing with back pressure at room temperature, *Mater. Sci. Eng. A* **644**, 114 (2015).
- [26] **J. Bočan**, **J. Maňák**, **A. Jäger**: Nanomechanical analysis of AZ31 magnesium alloy and pure magnesium correlated with crystallographic orientation, *Mater. Sci. Eng. A* **644**, 121 (2015).
- [27] **M. Klinger**, **A. Jäger**: Crystallographic tool box (CrysTBox)“ automated tools for transmission electron microscopists and crystallographers, *J. Appl. Cryst.* **48**, 2012 (2015).
- [28] **M. Němec**, **V. Gärtnerová**, M. Klementová, **A. Jäger**: Analysis of intermetallic particles in Mg-12 wt.%Zn binary alloy using transmission electron microscopy, *Mater. Charact.* **106**, 428 (2015).
- [29] **P. Sedmák**, **P. Šittner**, **J. Pilch**, C. Curfs: Instability of cyclic superelastic deformation of NiTi investigated by synchrotron X-ray diffraction, *Acta Mater.* **94**, 257 (2015).
- [30] **J. Racek**, M. Stora, **P. Šittner**, **L. Heller**, **J. Kopeček**, M. Petrevec: Monitoring Tensile Fatigue of Superelastic NiTi Wire in Liquids by Electrochemical Potential, *Shape Memory and Superelasticity* **1**, 204 (2015).
- [31] Y. Ge, N. Zárubová, **O. Heczko**, S-P. Hannula: Stress-induced transition from modulated 14M to non-modulated martensite in Ni–Mn–Ga alloy, *Acta Materialia* **90**, 151 (2015).
- [32] Y. Polyak, **V. Drchal**, **J. Kudrnovský**, **O. Heczko**, J. Honolka, V. Cháb, **J. Kopeček**, J. Lančok, Band mapping of the weakly off-stoichiometric Heusler alloy  $Ni_{49.7}Mn_{29.1}Ga_{21.2}$  in the austenitic phase, *Phys. Rev. B* **91**, 165115 (2015).
- [33] **O. Perevertov**, J. Thielsch, R. Schaefer: Effect of applied tensile stress on the hysteresis curve and magnetic domain structure of grain-oriented transverse Fe-3%Si steel, *J. Magn. Magn. Mater.* **385**, 358 (2015).
- [34] A. Kovalenko, **P. Ashcheulov**, A. Guerrero, P. Heinrichová, **L. Fekete**, M. Vala, M. Weiter, **I. Kratochvílová**, G. Garcia-Belmonte: Diamond-based electrodes for organic photovoltaic devices, *Solar Energy Mater. Solar Cells* **143**, 73 (2015).
- [35] A. Kovalenko, D. Stoyanova, J. Pospisil, I. Zhivkov, **L. Fekete**, D. Karashanova, **I. Kratochvílová**, M.

- Vala, M. Weiter: Morphology versus Vertical Phase Segregation in Solvent Annealed Small Molecule Bulk Heterojunction Organic Solar Cells, *Int. J. Photoenergy* **2015**, 1 (2015).
- [36] A. Kovalenko, S. Záliš, **P. Ashcheulov**, I. Kraus, J. Pavluch, **I. Kratochvílová**: Theoretical Study of Chromium and Nickel-Related Luminescence Centers in Molecular-Sized Nanodiamonds, *Diamond Rel. Mater.* **58**, 122 (2015).
- [37] M. Orrit, G. Evans, T. Cordes, **I. Kratochvílova**, W. Moerner, L.-M. Needham, S. Sekatskii, Y. Vainer, S. Faez, V. Vedral, H. P. Goswami, A. Clark, A. J. Meixner, L. Piatkowski, V. Birkedal, V. Sandoghdar, G. Skinner, W. Langbein, J. Du, F. Koberling, J. Michaelis, F. Shi, R. Taylor, A. Chowdhury, B. Lounis, N. van Hulst, P. El-Khoury, L. Novotny, J. Wrachtrup, T. Farrow, A. Naumov, M. Gladush, R. Hanson: Quantum optics, molecular spectroscopy and low-temperature spectroscopy: general discussion, *Faraday Disc.* **184**, 275 (2015).
- [38] **V. Mortet**, J. Pernot, F. Jomard, A. Soltani, Z. Remes, J. Barjon, J. D'Haen, K. Haenen: Properties of boron-doped epitaxial diamond layers grown on (110) oriented single crystal substrates, *Diamond Rel. Mater.* **53**, 29 (2015).
- [39] **V. Mortet**, **L. Fekete**, **P. Ashchleulov**, **A. Taylor**, P. Hubik, D. Tremouille, E. Bedel-Pereira: (100) substrate processing optimization for fabrication of smooth boron doped epitaxial diamond layer by PECVD In: *Proc. NANOCON 2014*, p. 115 (2015).
- [40] **M. Golan**, **S. Sedláková**, J. Micova, **J. Šebera**, **I. Kratochvílová**, J. Richter, D. Reha, M. Falk, I. Falkova, A. Bacíková, E. Pagacova, K. Varga: Freezing processes in cryoprotective solutions of Me2SO, Trehalose and antifreeze protein APAFP752 and their impact on chromatin condition of cryopreserved cells, *Cryobiology* **71**, 561 (2015).
- [41] **I. Kratochvílova**: DNA and RNA Electronic Properties for Molecular Modifications and Environmental State Diagnostics In: *RNA and DNA Diagnostics*, Springer, 2016, ISBN: 978-3-319-17304-7 (Print) 978-3-319-17305-4 (Online)
- [42] P. Turánek Knotigová, D. Zyka, J. Mašek, A. Kovalová, M. Křupka, E. Bartheldyová, P. Kulich, Š. Koudelka, R. Lukáč, Z. Kauerová, A. Vacek, M. Stuchlová Horynová, A. Kozubík, A.D. Miller, **L. Fekete**, **I. Kratochvílová**, J. Ježek, M. Ledvina, M. Raška, J. Turánek: Molecular adjuvants based on nonpyrogenic lipophilic derivatives of norAbuMDP/GMDP formulated in nanoliposomes: stimulation of innate and adaptive immunity. *Pharm Res.* **32**, 1186-99 (2015).
- [43] **L. Heller**, K. Janouchová, **P. Šittner**: Trojrozměrná textilie, způsob její výroby a jejího použití, národní patentová přihláška PV 2015-315
- [44] **L. Heller**, K. Janouchová, **P. Šittner**, **D. Vokoun**: Functional textiles driven by transforming NiTi wires, in: *Proc. ESOMAT 2015*, MATEC Web of Conferences **33**, 03010 (2015).
- [45] PCT/2014/000101 R.Škoda, J. Škarohlíd, **I. Kratochvílová**, **A. Taylor**, **F. Fendrych**: Surface protection of zirconium nuclear fuel tubes.
- [46] **P. Ashcheulov**, R. Škoda, J. Škarohlíd, **A. Taylor**, **L. Fekete**, **F. Fendrych**, R. Vega, L. Shao, **L. Kalvoda**, S. Vratislav, V. Cháb, K. Horáková, K. Kůsová, **L. Klimša**, **J. Kopeček**, P. Sajdl, J. Macák, S. Johnson, **I. Kratochvílová**: Thin polycrystalline diamond films protecting zirconium alloys surfaces: from technology to layer analysis and application in nuclear facilities, *App. Surf. Sci.* **359** 621 (2015).
- [47] Patent udělený: 305059 / PV 2013-727 R. Škoda, J. Škarohlíd, **I. Kratochvílová**, **A. Taylor**, **F. Fendrych**: Vrstva chránící povrch zirkoniových slitin užívaných v jaderných reaktorech
- [48] Udělený užitečný vzor 27964: **I. Kratochvílová**, **F. Fendrych**: Polykrystalická diamantová vrstva chránící povrch zirkonových slitin M5.





# Sekce fyziky pevných látek v roce 2015

## Fyzika polovodičů

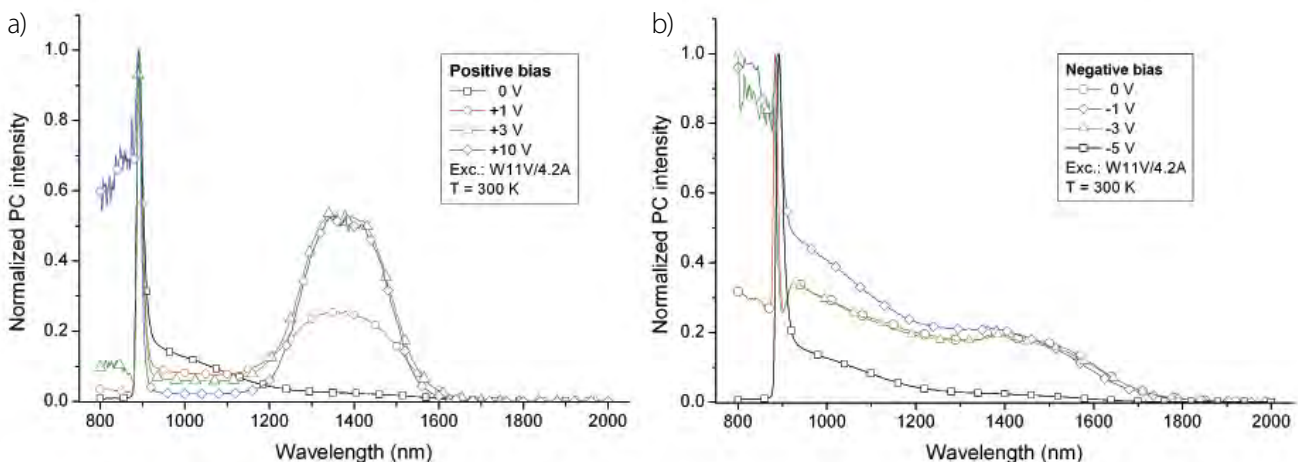
Metodou epitaxního růstu z organokovových sloučenin (MOVPE) byly připraveny vzorky s kvantovými tečkami (QD) na bázi InAs/GaAs, s emisním maximem nad 1600 nm. Nejdelší dosažená vlnová délka byla 1800 nm. Těchto pro systémy s InAs/GaAs QD unikátních vlnových délek bylo dosaženo díky použití gradované vrstvy GaAsSb redukující pnutí (SRL), ve které se měnila koncentrace Sb od 12 do 34%. Přítomnost gradované SRL vrstvy umožňuje totiž během dalšího růstu zachování velikosti a tvaru QD. Tvoří se tak tečky s elektronovou pásovou strukturou II-typu, jejichž průměr u základny je ~15 nm a výška ~5 nm, které právě zodpovídají za pozorovanou dlouhovlnnou emisi světla. Poměrně rychlá separace nositelů náboje v tomto systému může být využita např. při realizaci solárních článků na bázi GaAs s prodlouženou účinností v blízké infračervené oblasti spektra. S ohledem na tuto velmi perspektivní aplikaci jsme studovali fotovodivost v širokém spektrálním oboru. V případě vložení elektrického pole polarizovaného v závěrném směru byl pozorován významný příspěvek QD k fotoproudu, a to v celém spektrálním oboru QD od 900 nm do 1800 nm.

V propustném směru jsme pak pozorovali příspěvek ve spektrálním oboru 1200–1600 nm, viz obr. 1. Tento markantní rozdíl je patrně způsoben závislostí pohybu elektronů a děr ve struktuře na orientaci vnějšího elektrického pole. Princip separace a rekombinace excitovaných nositelů náboje v závislosti na orientaci přiloženého elektrického pole, který pozorovaný rozdíl vysvětluje, je znázorněn na obr. 2.

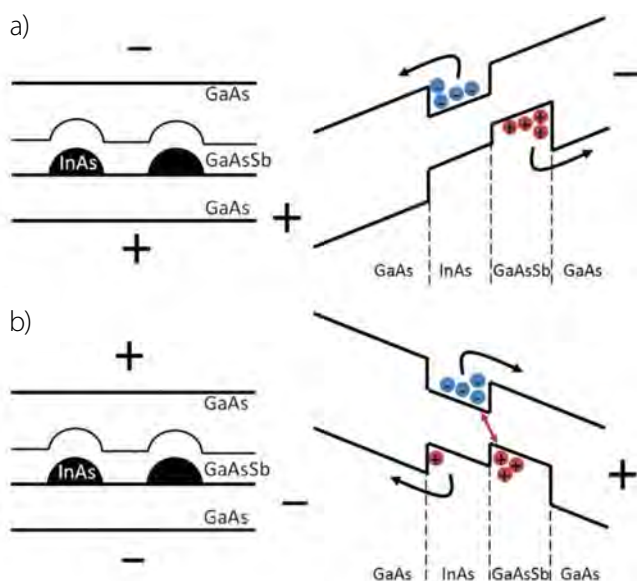
Kromě růstu a studia polovodičových struktur se v oddělení tradičně zabýváme také teoretickou problematikou. Sem patří např. i kritická studie [2] pojednávající o základním fyzikálním pojmu – fenomenologické teplotě, jejíž vyhovující definice v běžné literatuře paradoxně chybí.

## Spintronika a nanoelektronika

Skupina se zabývá studiem spintronických jevů v nanostrukturách založených na polovodičích a kovech s různými typy magnetického uspořádání a se silnou



**Obr. 1** Fotovodivostní spektra InAs kvantových teček II-typu v závislosti na orientaci vnějšího elektrického pole a) propustný směr, b) závěrný směr.



■ **Obr. 2** K principu separace a rekombinace nositelů náboje v InAs kvantových tečkách II-typu v závislosti na orientaci vnějšího elektrického pole, a) závěrný směr, b) propustný směr.

relativistickou spin-orbitální interakcí. Výzkum v oblasti feromagnetických polovodičů a zejména materiálu (Ga, Mn)As probíhá již po řadu let, což vyústilo i v pozvání sepsat kapitolu o těchto materiálech do Handbook of Spintronics nakladatelství Springer [3]. Kapitola pokrývá 20 let výzkumu feromagnetických polovodičů a podává přehled o objevech nových fyzikálních efektů a nových principů fungování spintronických součástek aplikovatelných na širokou oblast magnetických materiálů a nanostruktur. Kromě toho dále vznikají i původní vědecké práce v této oblasti. Členům skupiny se například podařilo ve spolupráci s kolegy z Cambridge nalézt nový způsob manipulace doménových stěn pomocí velmi krátkých laserových pulsů [4]. Směr pohybu doménové stěny je závislý na helicite dopadajícího kruhově polarizovaného světla.

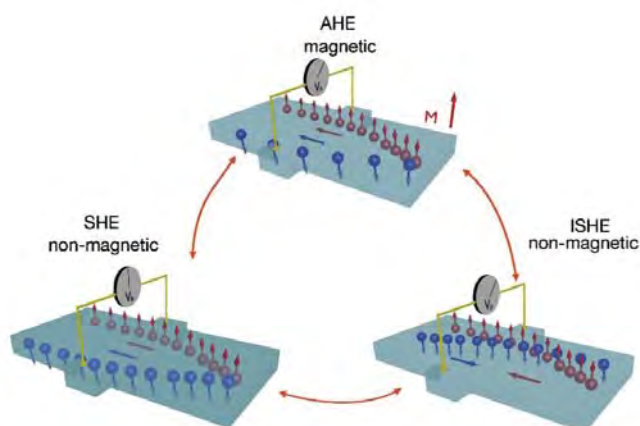
Dalším dlouhodobým směrem výzkumu je spinový Hallův jev. I zde se členové skupiny klíčovým způsobem podíleli na souhrnné publikaci pro časopis Reviews of Modern Physics [5] (obr. 3). V práci jsou nastíněny relativistické kvantové kořeny jevu, historie jeho teoretického a experimentálního zkoumání a také jeho nedávno nalezené uplatnění pro velmi efektivní elektrický zápis informace v magnetických operačních pamětech. K původním vědeckým pracím z této oblasti pak patří např. experimentální pozorování magnetické torze na dvojvrstvě GaAs/Fe [6].

Mezi nové směry výzkumu patří zejména spintronika založená na antiferomagnetech. Z této oblasti vzniklo několik původních prací. Metodou molekulární epitaxe

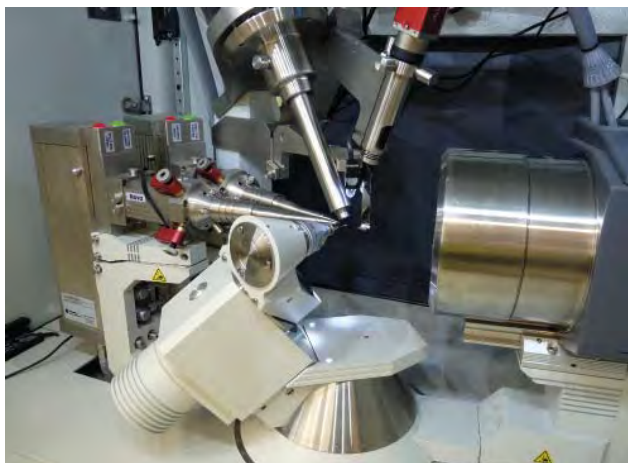
byly připraveny tenké vrstvy nového typu antiferomagnetu CuMnAs a byly studovány jeho strukturální a magnetické vlastnosti neutronovou difrakcí a lineárním magnetickým dichroismem v rentgenové oblasti [7]. Naměřená data pak byla interpretována pomocí výpočtů elektronové a magnetické struktury z prvních principů. Dále byly studovány heterostrukтуры s vrstvami feromagnetických a antiferomagnetických kovů [8, 9]. V těchto systémech byly pozorovány změny magnetizace vlivem přiloženého elektrického proudu díky nerovnovázným relativistickým jevům a to jak ve feromagnetické, tak i v antiferomagnetické vrstvě.

## Strukturální analýza

Oddělení strukturální analýzy se zabývá stanovením atomární a magnetické struktury krystalických látek a vývojem souvisejících výpočetních metod. Významnou událostí v roce 2015 bylo vybudování laboratoře ASTRA z podpory operačního programu Praha Konkurenceschopnost CZ.2.16/3.1.00/24510. Vzniklá laboratoř strukturální analýzy se řadí mezi nejlépe vybavená pracoviště v ČR a zahrnuje tyto přístroje: klasický monokrystalový difraktometr Gemini, mikrofokusní monokrystalový difraktometr SuperNova (obr. 4), klasický práškový difraktometr Empyrean, práškový difraktometr s rotační anodou SmartLab a transmisní elektronový mikroskop CM120 s vybavením pro precizní elektronovou tomografii. Na všech přístrojích lze provádět experimenty za dusíkových teplot, SmartLab a CM120 umožňují i ohřev vzorku do cca 1000 °C. Přístroj SmartLab je vhodný i pro měření tenkých vrstev.



■ **Obr. 3** Schematické ilustrace anomálního Hallova jevu (AHE), spinového Hallova jevu (SHE) a inverzního spinového Hallova jevu (ISHE). Převzato z obálky říjnového vydání 2015 časopisu Reviews of Modern Physics.



■ **Obr. 4** Mikrofokusní difraktometr SuperNova s duálním Cu/Mo zdrojem.

Hlavní vědecký výsledek v roce 2015 byl dosažen ve skupině elektronové difrakce, kde vyvrcholila několikaletá snaha o vývoj metody přesného určování krystalových struktur z elektronových difrakčních dat. Metoda byla publikována v sérii dvou publikací [10, 11]. V první práci byly popsány teoretické aspekty a implementace metody. V druhé pak byla metoda ověřena pomocí testu přesnosti na pěti různých materiálech s využitím reálných experimentálních dat. Základem metody je sběr difrakčních dat metodou elektronové difrakční tomografie s využitím precese elektronového svazku během záznamu difrakčního obrazce. Difrakční data jsou pak zpracována programem PETS do podoby souboru difraktovaných intenzit s asociovaným záznamem o orientaci krystalu v okamžiku měření každé difrakce. Tato data jsou dále importována do programu Jana2006 [12] a využita pro přesné určení struktury. Klíčovou inovací je fakt, že pro výpočet teoretických intenzit a jejich porovnání s experimentálními hodnotami je využita dynamická teorie difrakce, zatímco doposud byla běžně využívána jednodušší a výpočetně méně náročná, ale podstatně méně přesná kinematičtá teorie difrakce. Potřebné výpočty s dynamickou teorií difrakce zajišťuje pro systém Jana2006 podpůrný program Dyngo. Všechny programy – PETS, Dyngo i Jana2006, stejně jako software RATS pro samotný sběr difrakčních dat, jsou plně vyvíjeny v Oddělení strukturní analýzy.

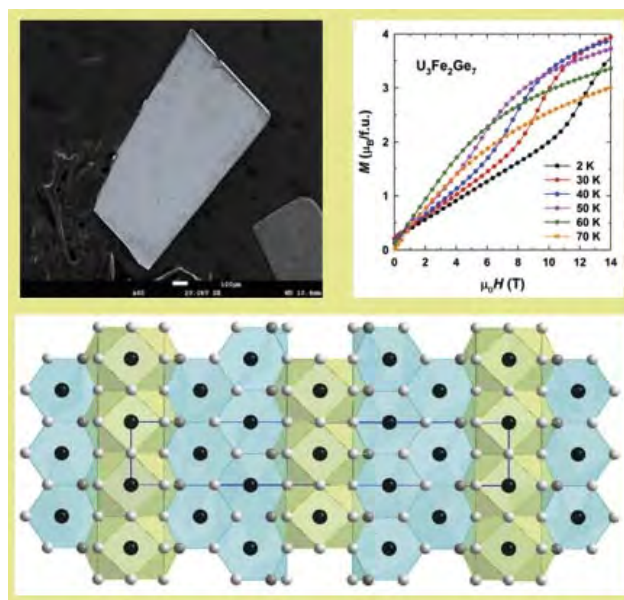
Testy na datech ze známých materiálů – slitin, oxidů i minerálů – ukázaly, že s kvalitními daty dává nová metoda výsledky, které přesností výrazně převyšují výsledky dosažitelné s kinematičtá teorií difrakce a dokonce se přibližují přesnosti referenční metody, tedy monokrystalové rentgenové analýzy. Průměrná odchylka pozic atomů určených novou metodou od referenčních pozic je menší než 0,02 Å. Zásadním rozdílem proti

jiným metodám je, že pomocí elektronové difrakce lze zkoumat i nanokrystaly s velikostí v desítkách či stovkách nanometrů.

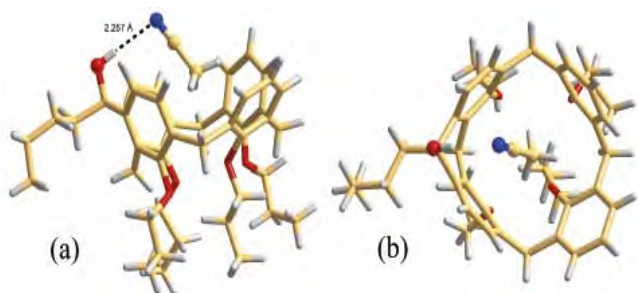
Metoda již krátce po svém zveřejnění vyvolala zájem krystalografické komunity. V prosinci 2015 se v Oddělení strukturní analýzy konal workshop o této metodě v rámci série ad hoc workshopů k programu Jana2006. O workshop byl velký zájem, kapacita byla zcela naplněna a zúčastnila se ho řada významných reprezentantů elektronové krystalografie z celé Evropy.

Metoda již byla aplikována na několik reálných problémů z oblasti anorganické chemie a geověd. Tyto výsledky jsou v různých stádiích publikačního procesu, ale dva výsledky již úspěšně prošly recenzním řízením. O významu tohoto výsledku svědčí i fakt, že na příští konferenci Evropské krystalografické asociace je zařazeno samostatné mikrosympóziu, které se bude věnovat dynamickému upřesňování krystalových struktur z elektronových difrakčních dat.

Jako každoročně probíhal i v roce 2015 vývoj programu JANA2006 pro krystalografické výpočty a na téma užívání tohoto programu byly organizovány různé workshopy (viz <http://jana.fzu.cz>). Hlavním směrem, ve kterém byl program zdokonalován, byly výpočty magnetických struktur. Jedním ze zajímavých výsledků v této oblasti bylo studium fyzikálních a strukturních vlastností krystalu  $U_3Fe_2Ge_7$  [4] (obr. 5), silně anizotropního feromagnetu, jehož magnetickým vlastnostem sice dominuje uran, ale kromě uranu jsou menší uspořádané magnetické mo-



■ **Obr. 5** (vlevo nahoře) destičkovité krystaly  $U_3Fe_2Ge_7$ ; (dole) orthorhombická krystalová struktura této látky; (vpravo nahoře) teplotní evoluce magnetizační křivky podle krystalografické osy a v rozmezí teplot 2–70 K.

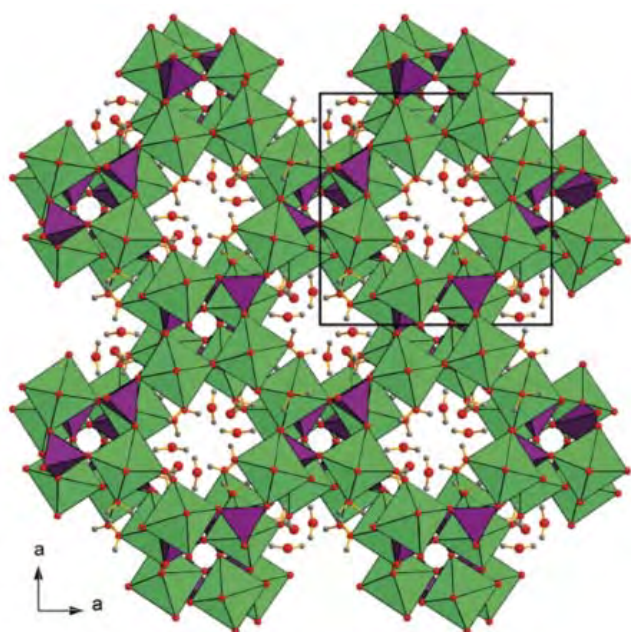


■ **Obr. 6** Komplex makrocyklu s molekulou  $\text{CH}_3\text{CN}$ . (a) detail interakce pomocí vodíkové vazby; (b) umístění molekuly v dutině makrocyklu

menty i na atomu železa. Magnetizační proces prvního řádu umožňuje kvantitativně popsat extrémně silnou dvouiontovou magnetickou anisotropii.

Dalším zajímavým výsledkem, kde hrála důležitou roli strukturní analýza programem JANA2006 založená na datech z laboratoře ASTRA, byla práce o mezimolekulárně přemostěných calix [13] arenech [14], (obr. 6). Jedná se o nový typ makrocyclických molekul, které mohou ve svých dutinách uzavřít (komplexovat) neutrální molekuly.

V posledních letech má podstatný podíl na našich celkových výsledcích mineralogická krystalografie. V loňském roce se podařilo dokončit komplexní mineralogický a strukturní výzkum několika nových komplexních



■ **Obr. 7** Struktura koninckitu v pohledu podél tetragonální osy  $c$ . Jedná se o prostorovou síť (framework) polyedrů  $\text{Fe}^{3+}$  (zelené) a fosfátových tetraedrů (fialové). Jednotlivé sloupce polyedrů definují kanály, v nichž se nachází slabě vázané molekuly  $\text{H}_2\text{O}$  (vodíkové atomy jsou znázorněny šedou barvou).

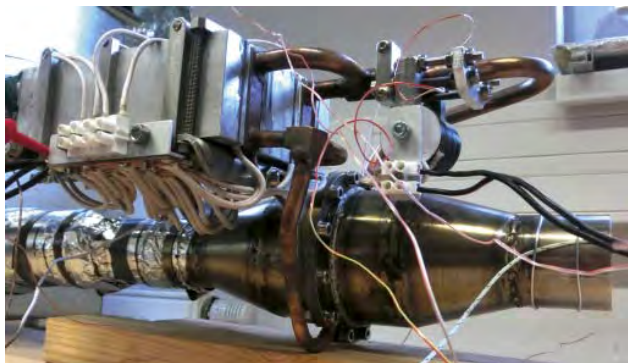
minerálů  $\text{U}^{6+}$  [15–19], čímž byl úspěšně završen tříletý postdoktorský projekt GAČR. Krystalové struktury těchto přírodních složitých anorganických látek jsou namnoze unikátní a představují často nové strukturní typy. Velmi podstatným dosaženým výsledkem bylo podrobné objasnění krystalové struktury chemicky jednoduchého minerálu koninckitu,  $\text{FePO}_4 \cdot 2.75\text{H}_2\text{O}$  (obr. 7). Krystalová struktura byla vyřešena z práškových dat pomocí programu Superflip a úspěšně zpřesněna programem Jana2006, a to i přes značné instrumentální problémy (velký objem základní cely tetragonální struktury, značné překryvy difrakčních maxim). Získaný strukturní model byl dále optimalizován pomocí DFT kalkulací, přičemž výsledná struktura vykazuje zajímavé vlastnosti s možným aplikačním potenciálem [19].

## ■ Magnetika a supravodiče

V Oddělení magnetik a supravodičů byl řešen experimentální výzkum magnetických vlastností materiálů připravovaných v podobě nanoskopických částic a uskupení (zejména chemicky stabilních oxidů), magnetismus tenkých vrstev na bázi GaN a tenkých vrstev supravodičů prostřednictvím vysokofrekvenční dynamiky supravodivých vírů. Výzkum objemových materiálů se soustředil na strukturní, magnetické, magnetoelastické, magnetokalorické, tepelné a termoelektrické vlastnosti intermetalických sloučenin, elektricky vodivých oxidů vrstevnatých kobaltitů a perovskitů manganu. Teoreticky jsme se zabývali ab-initio studiem elektronových struktur materiálů se silně korelovanými elektrony a látek se vzácnými zeminami. V rámci aplikovaného výzkumu zaměřeného na zvýšení účinnosti spalovacího motoru využitím tepelné energie výfukových plynů jsme se ve spolupráci s průmyslovými partnery podíleli na konstrukci tepelného výměníku vybaveného termoelektrickými generátory.

Výměník typu WHRS (Waste Heat Recovery Systém – obr. 8) vyvinutý v rámci projektu TAČR ve spolupráci s automobilkou Škoda Auto a s. a firmou Sobriety s. r. o. dosáhl elektrického výkonu přesahující 100 W s předpokladem snížení spotřeby paliva při nasazení v provozu, což potvrzuje funkčnost a správnost námi zvolené koncepce WHRS.

S ohledem na výzkum samotných vysokoteplotních termoelektrických materiálů byly podrobně zkoumány oxidové termoelektrické keramiky; jako p-typu bylo využito komplexních vrstevnatých kobaltátů  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_{1.85}\text{CoO}_x$ , jako n-typu dopovaných systémů  $\text{Ca}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Mn}_{1-y}\text{W}_y\text{O}_3$  [20]. S ohledem na vysokoteplotní aplikace zkoumaných



■ **Obr. 8** Funkční vzorek WHRS s termoelektrickým generátorem.

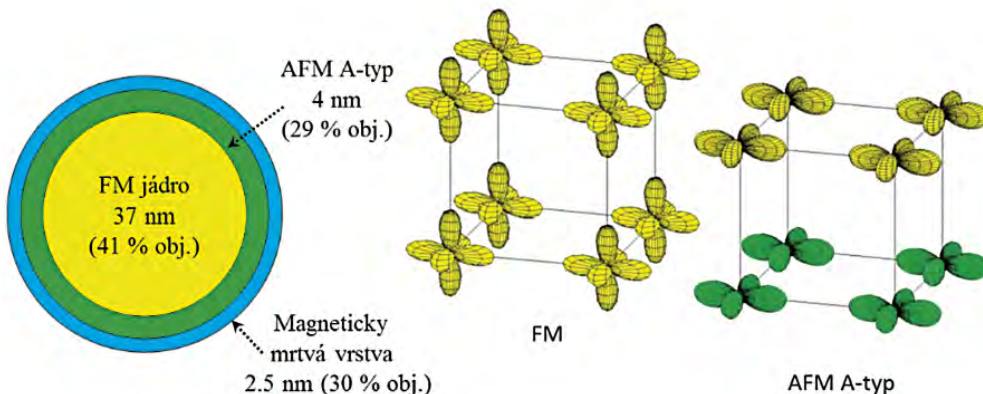
materiálů a z důvodu potřeby získávání věrohodných termoelektrických dat jsme se též zabývali termoelektrickou metrologií a charakterizací [21]. Magnetické oxidové nanočástice o složení  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3+\delta}$  ve velikosti 40–50 nm byly připravované progresivní metodou růstu z roztavených dusitanů. Z hlediska budoucích aplikací jsou přednostmi této metody technologická nenáročnost a vysoký výtěžek. Podrobným studiem bylo zjištěno, že magnetický stav takto připravených manganitových částic sestává z kovově vodivého feromagnetického jádra (FM) a antiferomagneticky (AFM) uspořádané povrchové vrstvy (obr. 9), přičemž toto rozdělení souvisí s vnitřním pnutí v důsledku dodatečného kyslíku na povrchu a lze je ovlivňovat i vnějším tlakem [22–24]. Manganitové nanočástice z taveniny budou využity jako magnetická jádra pro vytváření kompozitních nano-útvárů s funkcionalizovanými obaly pro použití v biologii a medicíně. Konkrétním příkladem mohou být rhodaminem derivatizované nanočástice pro fluorescenční značení živých buněk [25]. Spékáním nanočástic byly připraveny keramické materiály s nehomogenní nanogranulární strukturou, které vykazují unikátní materiálové vlastnosti, např. obrovskou magnetorezistenci.

Vzhledem k nutnosti podrobné znalosti souvislosti mezi termoelektrickým koeficientem a elektronovou strukturou kobaltátů jsme se zabývali i otevřenými

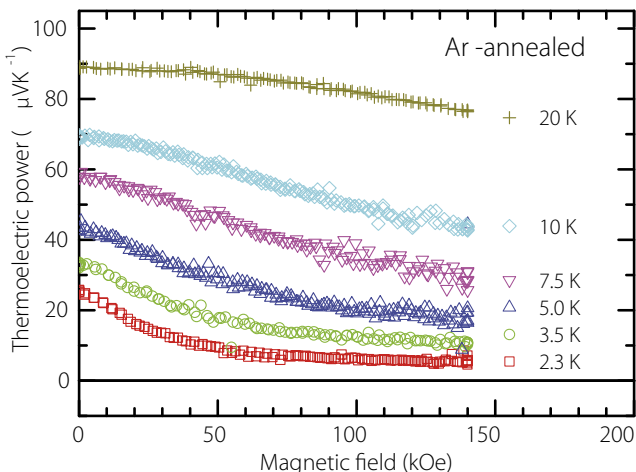
otázkami, které se týkají detailního objasnění původu vysoké hodnoty termoelektrického koeficientu a jeho souvislosti se spinovou entropií nositelů náboje. Měření závislosti termosily a měrného tepla na magnetickém poli do nejnižších teplot v kobaltátech  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  ukázalo (obr. 10), že příspěvek spinové entropie je nebyvale velký a dosahuje až 50 % z teoretické hodnoty  $k_B/|q_e| \ln 2 = 60 \mu\text{V/K}$  [26].

V nových vrstevnatých kobaltátech  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$  a  $\text{Nd}$ ,  $x \sim 1/3$ ) byly podrobně studovány podmínky jejich syntézy a strukturální a termoelektrické vlastnosti této nové třídy materiálů. Systém  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  vykazuje potenciální termoelektrické vlastnosti za vyšších teplot – vysokou termoelektrickou sílu ( $175 \mu\text{V/K}$  při 600 K) a nízkou tepelnou vodivost, jeho nevýhodou je ale vysoký elektrický odpor. Krystalová struktura se skládá z vrstev hranou sdílených oktaedrů  $\text{CoO}_6$ , tvoří dvoudimenzionální superstrukturu, přičemž detailní studium pomocí neutronové a elektronové difrakce prokázalo, že přítomnost této superstruktury je zásadní pro celkovou stabilitu až do teploty rozkladu 800 K [27]. Dopování děr do  $\text{CoO}_2$  vrstev (za účelem snížení elektrického odporu) pomocí změny obsahu Ln je tak omezeno na úzký rozsah ( $x$ ) a účinnější metodou dopování je substituce dvojmocných kationtů za  $\text{Ln}^{3+}$ , přičemž jako nejschůdnější se ukázala substituce  $\text{Pr}^{3+}$  za  $\text{Ca}^{2+}$ . Pásová struktura  $\text{Ln}_{0,3}\text{CoO}_2$  a strukturálně příbuzné fáze  $\text{CuCoO}_2$  byly vypočítány ab-initio (LDA+U) metodou a Seebeckův koeficient byl modelován v rámci Boltzmannovy transportní teorie [28]. Modelové přístupy ukazují, že vrstevnatý charakter  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  způsobuje výrazně větší anizotropii, která má v případě  $\text{Tb}^{3+}$  a  $\text{Dy}^{3+}$  zcela Isingovský charakter [29].

Jádrem teoretických prací bylo vysvětlení optických spekter a magnetických vlastností iontů vzácných zemin v oxidech [29, 30]. K tomuto cíli byl využit přístup vyvinutý v naší skupině v letech 2012–14. Díky stále se zlepšující výpočetní technice a zdokonalování softwaru je možno analyzovat i velmi složité problémy, mezi které patří studium párových interakcí mezi ionty vzácných zemin



■ **Obr. 9** Model manganitové nanočástice  $\text{La}_{0,63}\text{Sr}_{0,37}\text{MnO}_{3+\delta}$  připravené v tavenině a schéma prostorového rozdělení elektronové hustoty na iontech Mn (různé barvy orbitalů odpovídají kladné a záporné orientaci atomárních momentů).



■ **Obr 10** Závislost Seebeckova koeficientu na magnetickém poli ve vzorku  $[Ca_2CoO_{3-t}]_{0.62}(CoO_2)$ .

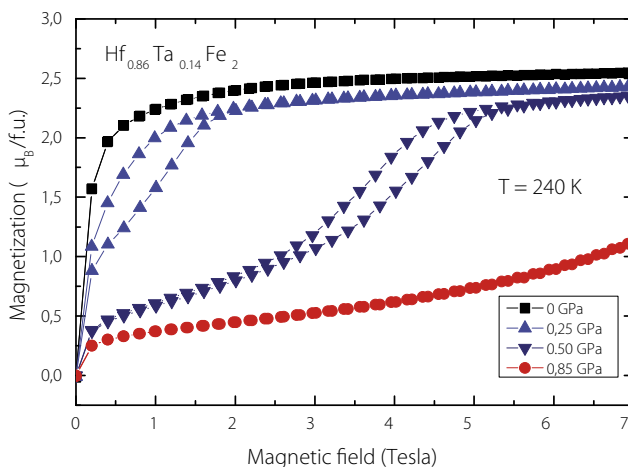
[30]. V obou výše zmíněných publikacích je dokumentována důležitost těsného provázání experimentu a teorie. V roce 2015 jsme rovněž pokračovali ve spolupráci se skupinou jaderné rezonance na MFF UK. Nejdůležitějším výsledkem byla úspěšná analýza nízkoteplotních spekter magnetitu [31], která potvrdila platnost koncepce trimeronů – nového typu kvazičástic v sloučeninách se smíšenou valencí.

V rámci výzkumu tenkých vrstev magneticky dopovaného GaN bylo provedeno podrobné studium magnetických vlastností epitaxních vrstev GaN dopovaných ionty vzácných zemin  $Ho^{3+}$ ,  $Sm^{3+}$ ,  $Tb^{3+}$  a  $Tm^{3+}$  přípravných metodou iontové implantace. Přesná magnetická měření sice neprokázala přítomnost feromagnetického momentu ve vrstvách, ale poskytla zásadní informace o magnetizaci způsobené paramagnetickými příspěvky výše zmíněných iontů [32]. Výzkum v laboratoři daleké infračervené spektroskopie byl zaměřen na studium vysokofrekvenční dynamiky supravodivých vírů v tenkých vrstvách supravodičů. Při měření transmise v magnetickém poli orientovaném rovnoběžně s povrchem vzorku jsme pozorovali anizotropní chování tenké supravodivé vrstvy NbN, které bylo způsobeno přítomností supravodivých vírů [33]. V průběhu roku jsme sestavili kruhový polarizátor laditelný v terahertzovém spektrálním oboru a otestovali jeho funkčnost.

Experimentální metody vysokých tlaků a silných magnetických polí nám umožňovaly studovat provázanost magnetických a strukturních jevů v sloučeninách na bázi  $Ni_2Mn(Ga,Sn)$ , které patří do úzké skupiny magnetických materiálů s tvarovou pamětí. Izotermální magnetizace martenzitu  $Ni_{1.92}Mn_{1.56}Sn_{0.52}$  s rostoucím tlakem znatelně klesala a pulzní magnetické pole 58 T indukovalo snížení teploty strukturního přechodu  $T_{M-A}$  o 100 K. Strukturní přechod byl také spojen s neobvykle velkým nárůstem

elektrického odporu v martenzitu, přibližně o 60% [34]. V rámci spolupráce naší skupiny s vědci z Jagellonské University v Krakově a University of Edinburgh byl proveden originální experiment měření magnetizace za vysokých tlaků a současného ozáření studovaného vzorku  $\{[Fe^{II}(\text{pyrazole})_4]_2[Nb^{IV}(\text{CN})_8] \cdot 4H_2O\}_n$  laserem. Výsledkem měření byl objev tlakem indukovaného fotomagnetického chování, tzn. stavu, kdy je možné kombinací změny tlaku a ozáření vzorku světlem vhodné vlnové délky manipulovat elektronickou konfigurací iontu (Fe) a následně i magnetickým stavem celého komplexu [35].

V rámci studia sloučenin vykazujících itinerantní elektronový metamagnetismus jsme se soustředili na studium sloučenin  $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$  s hexagonální strukturou typu  $MgZn_2$ . Zájem o sloučeniny tohoto typu souvisí s jejich potenciální aplikací jako magnetostrikčních snímačů; studium vlivu vysokých hydrostatických tlaků na fyzikální vlastnosti nám umožnilo korelovat vliv změn objemu vyvolané vysokým hydrostatickým tlakem se změnami objemu jako důsledku změn poměru Hf/Ta. Zmenšení objemu vyvolané vysokým tlakem má za následek stabilizaci antiferomagnetického uspořádání (obr. 11), přičemž pokles teploty přechodu z feromagnetického do antiferomagnetického uspořádání dosahuje hodnoty až 100 K/GPa. Tlakem vyvolaný pokles magnetizace je o řád vyšší než u čistého železa a pozorovaná hystereze u metamagnetického přechodu potvrzuje, že tento přechod je prvního druhu [36]. Studium magnetokalorického jevu přímo i nepřímo metodou [37] prokázalo, že částečná substituce hafnia tantalem je vysoce efektivní při zvýšení magnetokalorického jevu a že může být též využita nejen k ladění teplot magnetického přechodu, ale i ke změně charakteru přechodu z prvního na přechod druhého druhu.

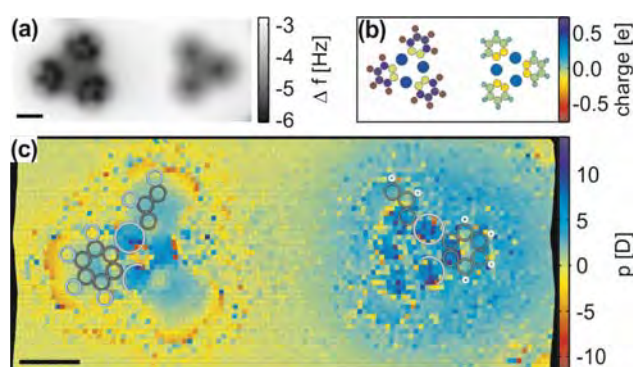


■ **Obr. 11** Magnetizační křivky měřené při teplotě 240 K ilustrují potlačení feromagnetického stavu působením hydrostatického tlaku.

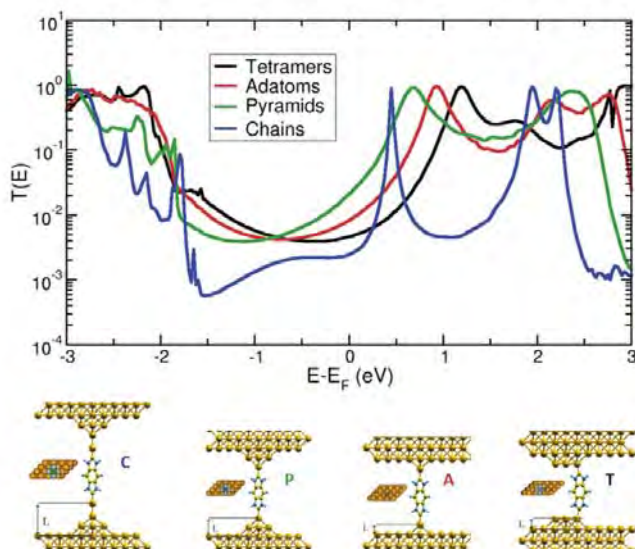
## Tenké vrstvy a nanostruktury

Oddělení je orientováno na různé oblasti studia tenkých vrstev a nanostruktur: od atomárně rozlišených měření na površích a molekulách, přes nanometrové částice křemíku a diamantu až po nanodráty a tenké vrstvy. V následujícím přehledu uvádíme reprezentativní výsledky dosažené v minulém roce v jednotlivých skupinách oddělení. Vědečtí pracovníci laboratoře Nanosurf (<http://nanosurf.fzu.cz>) přispěli v roce 2015 významným způsobem k dalšímu rozvoji možností rastrovacích mikroskopů s atomárním a submolekulárním rozlišením. Vědci představili novou metodu, která umožňuje dosáhnout submolekulárního rozlišení při pokojové teplotě se standardními hroty [38]. Právě možnost zobrazení při pokojové teplotě je mimo jiné základním předpokladem pro studium katalytických reakcí na površích pevných látek. Dále představili novou metodu mikroskopie atomárních sil, která umožňuje zobrazit polaritu jednotlivých chemických vazeb v molekule [39]. Možnost detailního zobrazení rozložení náboje v chemických vazbách v rámci jedné molekuly výrazně posouvá současné možnosti studia přenosu náboje na atomární a molekulární úrovni (obr. 12). Detailní znalost rozložení náboje na molekulární úrovni by mohla pomoci např. při konstrukci solárních článků.

Skupina molekulárního transportu (<http://www.fzu.cz/~vazquez/>) modeluje elektronické a vodivostní vlastnosti molekul v nanorozhraních pomocí teorie funkcionálu hustoty (Density-Functional Theory, DFT) a nerovnovážných Greenových funkcí (DFT-NEGF). V roce 2015



■ **Obr. 12** (a) Atomárně rozlišený obrázek mikroskopu atomárních sil molekul  $F_{12}C_{18}Hg_3$  (trimeric perfluoroortho-phenylmercury) a jeho vodíkem zakončený protějšek ( $H_{12}C_{18}Hg_3$ ) na povrchu mědi Cu(111). (b) Rozložení náboje spočítané pomocí kvantově mechanických výpočtů. (c) Obrázek submolekulárního rozložení náboje studovaných molekul získaný novou KPFS metodou, který ukazuje rozdílnou polaritu chemické C-H a C-F vazby.



■ **Obr. 13** Vypočtená transmisní spektra molekulárních obvodů založených na karbenu připojeném ke zlatému povrchu přes různé struktury hrotu: tetramer (T), adatom (A), pyramida (P) a řetězovitá struktura (C).

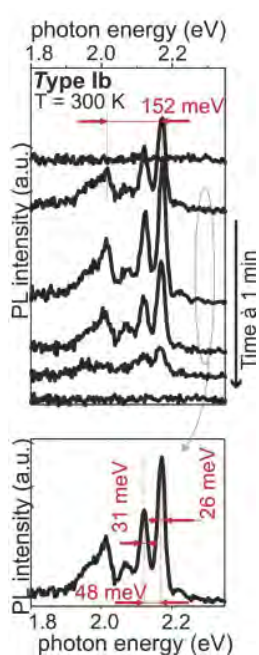
skupina analyzovala vodivost různých chemických skupin používaných pro vazbu molekul v rozhraních, např. thiol, metyl-sulfid a vazeb Au-C a vysvětlila pozorované vodivosti. Skupina se zaměřila také na N-heterocyklické karbony, jejichž vodivostní vlastnosti zatím nebyly studovány. Výsledkem byl poznatek, že pozorovaná pozice molekulárních stavů karbenových molekul nanosených na zlatě silně závisí na atomárním uspořádání hrotu, a to více než pro jiné molekuly. Různá uspořádání vedou až k 8násobnému rozdílu ve vodivosti (obr. 13), což znamená, že molekulární obvody jsou efektivně hradlovány geometrií hrotu [40].

Skupina také pracovala na interakci mezi elektronickými a vibračními stupni volnosti molekul a vyvinula metodu pro detailní analýzu spektroskopie neelastického tunelování (Inelastic Electron Tunneling Spectra, IETS). To nám dovoluje kompletně popsat IETS signály s možným využitím pro předpověď stability molekulárních přechodů pod napětím.

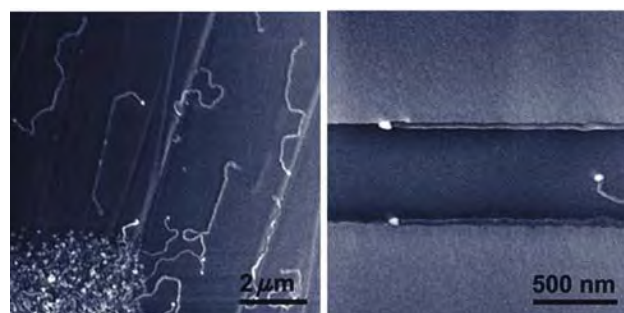
V laboratoři křemíkových nanokrystalů jsme v roce 2014 experimentálně i teoreticky ukázali, že vhodně mechanicky napnuté křemíkové nanokrystalové o průměru několika nanometrů mají dipólově dovolený *přímý* zakázaný pás. V roce 2015 jsme se pak ve spolupráci s MFF UK převážně zabývali detailním experimentálním studiem fotoluminiscenčních spekter jednotlivých takovýchto nanokrystalů, a to v širokém teplotním rozmezí (9–300 K). Ukázalo se, že nanokrystalové jeví blikání (náhodné zhasínání a znovu rozsvěcování luminiscence, viz obr. 14) a spektra jsou též často ovlivněna spektrální difuzí. Nicméně se nám analýzou spekter a jejich numerickým modelováním

podařilo identifikovat základní spektrální motiv, jímž jsou tři ekvidistantní čáry s intenzitou postupně klesající k delším vlnovým délkám, přičemž každá z těchto čar se dá ještě rozlišit na tři fononové repliky. Příklad výsledného tvaru naměřeného spektra je na dolním panelu obr. 15. Tyto originální výsledky jsme interpretovali jako projev zářivé rekombinace trionu [41]. Jde o vůbec první prokázání existence této kvazičástice v Si nanokrystalech, čímž se potvrzuje přímý charakter jejich zakázaného pásu (viz též výsledek prezentovaný v části „Významné výsledky vědecké činnosti“). Kromě toho jsme spolupracovali s univerzitou v Bochumi na vývoji nové metody přípravy Si nanokrystalů (v mikroplazmatu za atmosférického tlaku [42]) a věnovali se přípravě koloidních roztoků Si nanokrystalů pro biologické aplikace.

Ve skupině tenkých vrstev a nano-charakterizace jsou studovány nejen křemíkové nanodrátky, rostlé kolmo na podložku, které umožnily konstrukci tzv. radiálních slunečních článků s překvapivě dobrou účinností (viz loňská výroční zpráva), ale také tzv. „laterální“ nanodrátky, rostoucí podél podložky. Tyto umožnily konstrukci nových sensorů a součástek. Studium jejich růstu [43] ukázalo, že při vhodné volbě technologických podmínek lze použít i nové katalytické kovy, které kontrolují nukleaci nanodrátků. Podařilo se prokázat, že takovým kovem může být kromě dosud používaného india také olovo. Na obr. 15 jsou vidět takové křemíkové nanodrátky vzniklé na náhodných vrypech na povrchu podložky či cíleně, podél hrany Ti kontaktu. Byl navržen nový model růstu těchto nanodrátků a prokázán vliv kvality vrstvy amorfního křemíku, který hraje při růstu křemíkových nanodrátků také důležitou roli.

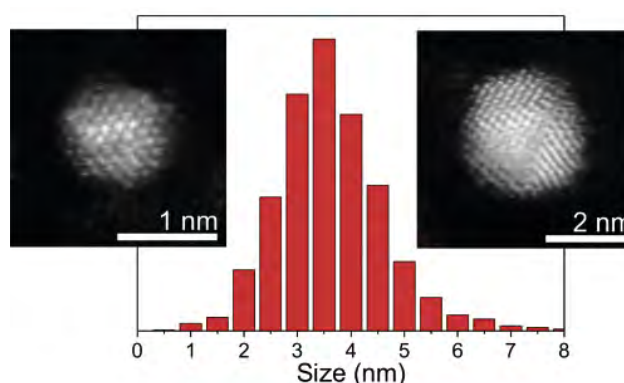


**Obr. 14** Fotoluminiscence jediného Si nanokrystalu při spojitém buzení laserovou diodou 473 nm. Horní panel: Příklad časové série postupně registrovaných fotoluminiscenčních spekter. Série vykazuje blikání (emise v určitých časových okamžicích zcela vyhasne), což je vlastnost typická pro jednotlivé kvantové objekty. Dolní panel: Zprůměrované spektrum z křivek označených na horním panelu elipsou. Čáry jsou velmi úzké, a to i při pokojové teplotě.



**Obr. 15** Elektronovým mikroskopem zobrazené „laterální“ křemíkové nanodrátky, vzniklé (a) na náhodných vrypech na povrchu podložky či (b) cíleně, podél litograficky připravené hrany Ti kontaktu.

Ve spolupráci s pracovníky Oddělení optických materiálů byl vyvinut jednoduchý způsob vedoucí k získávání nanodiamantů s průměrnou velikostí okolo 3,5 nm s vysokým podílem až 1,1 nm „malých“, přitom vysoce kvalitních HPHT nanodiamantů z komerčně dostupného produktu [44]. Základem procesu je žihání nanodiamantového prášku na vzduchu, které vede k očištění nanodiamantů od grafitické fáze a při vhodném nastavení teploty a času i k řízenému zmenšování nanodiamantů. Pomocí následné centrifugace koloidních roztoků lze pak získat nanodiamanty požadovaných vlastností a rozměrů (obr. 16). Byla provedena také charakterizace a zobrazení těchto nanodiamantů zejména pomocí Ramanovy spektroskopie a skenovacího transmisního elektronového mikroskopu (STEM) a přímé srovnání jejich vlastností se „standardními“ 5 nm detonačními nanodiamanty. Tato práce dokazuje, že navzdory některým teoretickým předpovědím může krystalický nanodiamant stabilně existovat až do velikosti cca 1 nm. Význam práce byl oceněn zařazením do prestižních zpráv v Material Research Society a do ročenky AV ČR za rok 2015.

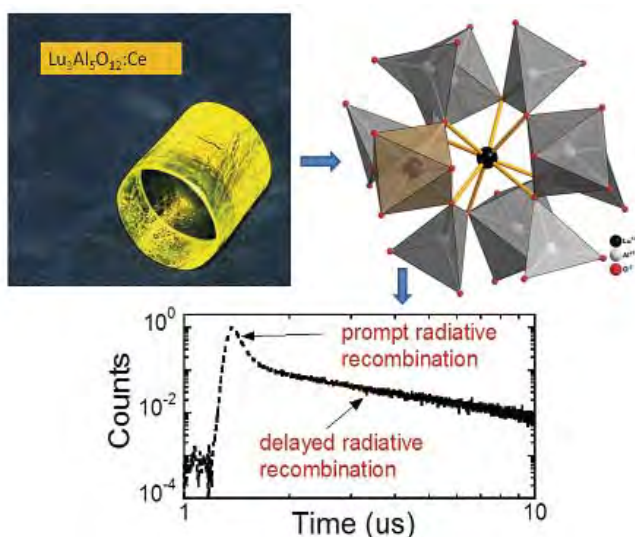


**Obr. 16** Velikostní distribuce připravených nanodiamantů získaná mikroskopií atomárních sil (AFM) a snímky velmi malých (1,1 nm, vlevo) a „typických“ (3 nm, vpravo) nanodiamantů pořízené rastrovací transmisní elektronovou mikroskopií (STEM).

## Optické materiály

Výzkumné práce v roce 2015 byly zaměřeny na studium bodových defektů ve struktuře látek, jejich vlivu na materiálové charakteristiky a souvislost jejich výskytu s použitou technologií. Výzkumné aktivity byly řešeny především v rámci projektů (celkem 15 mezinárodních a 14 domácích projektů) na několika skupinách převážně optických materiálů s využitím optických, luminiscenčních, magnetických a fotoelektronových spektroskopických metod. Aktivity oddělení zahrnovaly i modelování kinetiky nukleace a růstu krystalických zárodků v uzavřených systémech a rozvoj technologií přípravy objemových a tenkovrstvých materiálů.

V laboratoři luminiscenčních a scintilačních materiálů byly řešeny v rámci probíhajících evropských (COST, EC FP7, EC H2020) a domácích (2x GA ČR, 2x TA ČR, 1x MŠMT KONTAKT) projektů tematicky orientované na vývoj inovovaných materiálových koncepcí pro monokrystalické scintilátory a pochopení detailů v jejich scintilačním mechanismu včetně teoretického modelování, speciálně co se týče vlivu degradujících bodových defektů a nábojových pastí. Na vyzvání redakce prestižního časopisu ze skupiny Advanced Materials (Wiley) jsme sepsali přehledový článek o objemových monokrystalických scintilátorech a trendech jejich vývoje v blízké budoucnosti [45], obr. 17. Další přehledový článek je věnován zkoumání dynamiky excitovaných stavů luminiscenčních center v pevnolátkových materiálech a souvisejících instrumen-



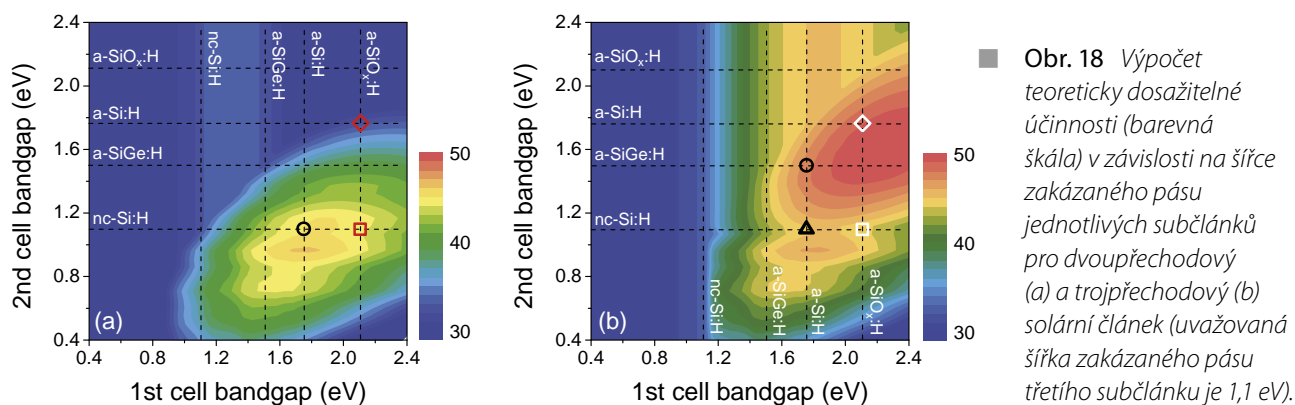
■ **Obr. 17** Monokrystal scintilátoru  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  (vlevo nahoře), v němž zásadní negativní roli hrají tzv. anti-site defekty (vpravo nahoře, Lu ion v oktaedrické poloze iontu Al), které indukují intenzivní pomalé komponenty ve scintilačním dosvitu vlivem zpožděné rekombinace (viz spodní část).

tálních aspektů [46]. Ve spolupráci s MFF UK jsme dosáhli špičkových parametrů na tenkovrstvých scintilátorech připravených kapalnou epitaxi [47] (viz sekce Významné výsledky FZÚ) a pokračovaly také studie keramických scintilátorů, kde byl v detailech zkoumán vliv co-dopingu bivalentními ionty na tvorbu paramagnetických center v cerem dopovaných hliníkových granátech [48]. Kombinací optických a magnetických spektroskopii jsme mapovali párování luminiscenčních center  $\text{Ce}^{3+}$  v perovskitových scintilátorech [49] a modelováním pásové struktury exotických granátových struktur jsme zjišťovali možnosti dalšího uzpůsobení granátových scintilátorů pro dosažení ještě vyšší scintilační účinnosti [50]. Odděleným tématem byl výzkum fosforových materiálů pro pevnolátkové zdroje bílého světla, kde jsme publikovali shrnující studii o  $\text{Eu}^{2+}$ -dopovaných ternárních sulfidech, kde je možné chemickou variací základního materiálu dosáhnout extrémní spektrální laditelnosti fosforu přes téměř celé viditelné spektrum [51]. Pro tuto třídu sloučenin byly v r. 2015 také uděleny dva národní patenty. Na vysokovýkonných fosforech probíhá také spolupráce s domácími průmyslovými partnery (grant TA ČR), kde jsou vyvíjeny laserem buzené osvětlovací jednotky do automobilových dálkových světlometů.

V laboratoři fotoelektrické a optické spektroskopie jsme v roce 2015 ve spolupráci s Technische Universität Dresden, Forschungszentrum Juelich (Německo), Delft University of Technology (Nizozemí) a Institute of Microengineering, Neuchatel (Švýcarsko) publikovali v časopisu Sol. Energ. Mat. Sol. C sérii článků [52-54] zabývajících se tematikou zvyšování účinnosti slunečních článků. Ukázali jsme, že zvýšení účinnosti lze dosáhnout pomocí vícenásobných usměrňujících přechodů (obr. 18), záchytem světla a zvýšením elektronické kvality absorbující vrstvy.

V laboratoři elektronové spektroskopie byla v roce 2015 určena v rámci projektu mezinárodní spolupráce AV ČR s North Carolina State University (USA) a Paul-Drude-Institut (Německo) polarita souborů GaN nanodrátů s využitím metod elektronových spektroskopii [55]. Znalost polarity povrchu konců nanodrátů (ND) vytvořených z GaN je velmi důležitá při návrhu součástí na bázi ND tohoto materiálu. V práci byly studovány ND GaN, které byly připraveny na substrátu Si(111) pomocí plasmou podporované epitaxe z molekulárních svazků. K určení polarity byla aplikována difrakce nízkoenergetických elektronů (LEED) a fotoelektronová difrakce (XPD). V soulase s rezonanční difrakcí rentgenového záření měření polarity pomocí metod LEED a XPD ukázala, že ND GaN připravené na Si(111) jsou N-polární.

Výsledky laboratoře diamantových a uhlíkových nanostruktur jsou uváděny ve zprávě za Oddělení tenkých



**Obr. 18** Výpočet teoreticky dosažitelné účinnosti (barevná škála) v závislosti na šířce zakázaného pásu jednotlivých subčlánků pro dvoupřechodový (a) a trojpřechodový (b) solární článek (uvažovaná šířka zakázaného pásu třetího subčlánku je 1,1 eV).

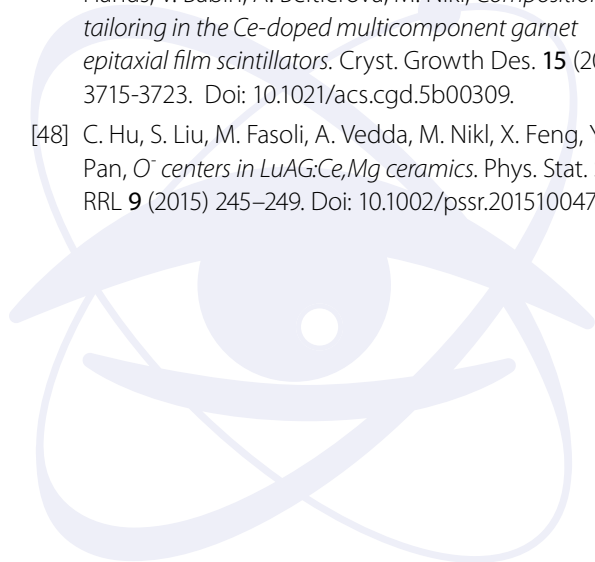
vrstev a nanostruktur jako společné výsledky s Oddělením optických materiálů [44,56].

## Literatura

- [1] M. Zíková, A. Hospodková, J. Pangrác, J. Oswald, P. Krčil, E. Hulicius, P. Komninou, J. Kioseoglou: *MOVPE prepared InAs/GaAs quantum dots covered by GaAsSb layer with long wavelength emission at 1.8  $\mu\text{m}$* . Journal of Crystal Growth **414** (2015) 167–171.
- [2] Jiří J. Mareš: *Do we know what the temperature is?* J. Therm. Anal. Calor. **120** (2015) 223–230.
- [3] T. Jungwirth: *III–V Based Magnetic Semiconductors*, Handbook of Spintronics. Springer Netherlands (2015), ISBN 978-94-007-7604-3.
- [4] A. J. Ramsay, P. E. Roy, J. A. Haigh, R. M. Otxoa, A. C. Irvine, T. Janda, R. P. Campion, B. L. Gallagher, and J. Wunderlich: *Optical Spin-Transfer-Torque-Driven Domain-Wall Motion in a Ferromagnetic Semiconductor*, Phys. Rev. Lett. **114** (2015) 067202(1)–067202(5).
- [5] Jairo Sinova, Sergio O. Valenzuela, J. Wunderlich, C. H. Back, T. Jungwirth: *Spin Hall effect*, Rev. Mod. Phys. **87** (2015) 1213–1259.
- [6] T. D. Skinner, K. Olejník, L. K. Cunningham, H. Kurebayashi, R. P. Campion, B. L. Gallagher, T. Jungwirth, and A. J. Ferguson: *Complementary spin-Hall and inverse spin-galvanic effect torques in a ferromagnet/semiconductor bilayer*, Nature Commun. **6** (2015) 6730(1)–6730(6).
- [7] P. Wadley, V. Hills, M. R. Shahedkhah, K. W. Edmonds, R. P. Campion, V. Novak, B. Ouladdiaf, D. Khalyavin, S. Langridge, Vit Saidl, P. Nemeč, A. W. Rushforth, B. L. Gallagher, S. S. Dhesi, F. Maccherozzi, J. Zelezny, T. Jungwirth: *Antiferromagnetic structure in tetragonal CuMnAs thin films*, (Nature) Sci. Rep. **5** (2015) 17079(1)–17079(6).
- [8] V. Tshitoyan, C. Ciccarelli, A. P. Mihai, M. Ali, A. C. Irvine, T. A. Moore, T. Jungwirth, and A. J. Ferguson: *Electrical manipulation of a ferromagnet by an antiferromagnet*, Phys. Rev. B **92** (2015) 214406(1)–214406(11).
- [9] H. Reichlová, D. Kriegner, V. Holý, K. Olejník, V. Novák, M. Yamada, K. Miura, S. Ogawa, H. Takahashi, T. Jungwirth, J. Wunderlich: *Current induced torques in structures with ultra-thin IrMn antiferromagnet*, Phys. Rev. B **92** (2015) 165424(1)–165424(8).
- [10] L. Palatinus, V. Petříček, C. A. Correa: *Structure refinement using precession electron diffraction tomography and dynamical diffraction: theory and implementation*, Acta Cryst. A **71** (2015) 235–244.
- [11] L. Palatinus, C. A. Correa, G. Steciuk, D. Jacob, P. Roussel, P. Boullay, M. Klementová, M. Gemmi, J. Kopeček, M. C. Domeneghetti, F. Camara, V. Petříček: *Structure refinement using precession electron diffraction tomography and dynamical diffraction: tests on experimental data*, Acta Cryst. B **71** (2015) 740–751.
- [12] V. Petříček, M. Dušek, L. Palatinus: *Crystallographic Computing System JANA2006: General features*, Z. Kristallogr. **229** (2014) 345–352.
- [13] M. S. Henriques, D. I. Gorbunov, J. C. Waerenborgh, M. Pasturel, A. V. Andreev, M. Dušek, Y. Skourski, L. Havela, A. P. Gonçalves: *Synthesis and structural/physical properties of U3Fe2Ge7: a single-crystal study*, Inorg. Chem. **54** (2015) 9646–9655.
- [14] P. Slavík, V. Eigner, P. Lhoták: *Intramolecularly Bridged Calix[4]arenes with Pronounced Complexation Ability toward Neutral Compounds*, Org. Lett. **17** (2015) 2788–2791.
- [15] J. Plášil, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, R. Škoda, M. Novák, J. Čejka: *Geschieberite, K2(UO2)(SO4)2(H2O)2, a new uranyl sulfate mineral from Jáchymov*. Mineralogical Magazine (2015) 79 205–216.
- [16] J. Plášil, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, M. Novák, J. Čejka, L. Lapčák: *Svornostite, K2Mg[(UO2)(SO4)2]·8H2O, a new uranyl sulfate mineral from Jáchymov, Czech Republic*, Journal of Geosciences (2015) 60 113–121.

- [17] A. R. Kampf, J. Plášil, A. V. Kasatkin, J. Marty: Bobcookite,  $\text{NaAl}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  and wetherillite,  $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , two new uranyl sulfate minerals from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA, *Mineralogical Magazine* (2015) 79 695–714.
- [18] A. R. Kampf, J. Plášil, A. V. Kasatkin, J. Marty, J. Čejka: Fermiite,  $\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  and oppenheimerite,  $\text{Na}_2(\text{UO}_2)(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , two new uranyl sulfate minerals from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA, *Mineralogical Magazine* (2015) 79 1123–1142.
- [19] J. Plášil, J. Majzlan, M. Wierzbicka-Wieczorek, B. Kiefer: Crystal structure, thermal behaviour and parageneses of koninckite,  $\text{FePO}_4 \cdot 2.75\text{H}_2\text{O}$ , *Mineralogical Magazine* (2015) 79 1159–1173.
- [20] K. Rubešová, T. Hlášek, V. Jakeš, Š. Huber, J. Hejtmánek, D. Sedmidubský, Effect of a powder compaction process on the thermoelectric properties of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_{1.8}\text{O}_x$  ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.* 35 (2015) 525–531.
- [21] E. Alleno et al., Invited Article: A round robin test of the uncertainty on the measurement of the thermoelectric dimensionless figure of merit of  $\text{Co}_{0.97}\text{Ni}_{0.03}\text{Sb}_3$ , *Rev. Sci. Instrum.* 86 (2015) 011301(1)–011301(8).
- [22] Z. Jiráček, M. Kačenka, O. Kaman, M. Maryško, N. Belozeroва, S. Kichanov, D. Kozlenko, Role of surface on magnetic properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3+\delta}$  nanocrystallites, *IEEE Trans. Magn.* 51 (2015) 1000204(1)–1000204(3).
- [23] M. Kačenka, O. Kaman, Z. Jiráček, M. Maryško, P. Veverka, M. Veverka, S. Bratislav, The magnetic and neutron diffraction studies of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  nanoparticles prepared via molten salt synthesis, *J. Solid State Chem.* 221 (2015) 364–372.
- [24] N. M. Belozeroва, S. E. Kichanov, Z. Jiráček, D. P. Kozlenko, M. Kačenka, O. Kaman, E. V. Lukin, B. N. Savenko, High pressure effects on the crystal and magnetic structure of nanostructured manganites  $\text{La}_{0.63}\text{Sr}_{0.37}\text{MnO}_3$  and  $\text{La}_{0.72}\text{Sr}_{0.28}\text{MnO}_3$ , *J. Alloy. Compd.* 646 (2015) 998–1003.
- [25] M. Kačenka, O. Kaman, S. Kikerlová, B. Pavlů, Z. Jiráček, D. Jiráček, V. Herynek, J. Černý, F. Chaput, S. Laurent, I. Lukeš, Fluorescent magnetic nanoparticles for cell labeling: Flux synthesis of manganite particles and novel functionalization of silica shell, *J. Colloid. Interf. Sci.* 447 (2015) 97–106.
- [26] J. Hejtmánek, Z. Jiráček, and J. Šebek, Spin-entropy contribution to thermopower in the  $[\text{Ca}_2\text{CoO}_{3-x}]_{0.62}(\text{CoO}_2)$  misfits, *Phys. Rev. B* 92 (2015) 125106(1)–125106(11).
- [27] K. Knížek, Z. Jiráček, J. Hejtmánek, P. Brázda, J. Buršík, M. Soroka, P. Beran, Structural study of layered cobaltate  $\text{La}_{x/3}\text{CoO}_2$  ( $x \sim 1$ ) at temperatures up to 800 K, *J. Solid State Chem.* 229, 160 (2015).
- [28] K. Knížek, LDA+U calculation of electronic and thermoelectric properties of doped  $\text{CuCoO}_2$ , *Phys. Rev. B* 91, 075125 (2015).
- [29] K. Knížek, P. Novák, Z. Jiráček, J. Hejtmánek, M. Maryško, J. Buršík, Magnetism and transport properties of layered rare-earth cobaltates  $\text{Ln}_{0.30}\text{CoO}_2$ , *J. Appl. Phys.* 117, 17B706 (2015).
- [30] M. Buryi, V. V. Laguta, E. Mihóková, P. Novák, M. Nikl, Electron paramagnetic resonance study of the Ce3+ pair centers in  $\text{YAlO}_3:\text{Ce}$  scintillator crystals, *Phys. Rev. B* 92 (2015) 224105(1)–224105(10).
- [31] R. Řezníček, V. Chlan, H. Štěpánková, P. Novák, Hyperfine field and electronic structure of magnetite below the Verwey transition, *Phys. Rev. B* 91 (2015) 125134(1)–125134(10).
- [32] M. Maryško et al., Ferromagnetic and paramagnetic magnetization of implanted GaN:Ho, Tb, Sm, Tm films, *J. Appl. Phys.* 117, 17B907 (2015).
- [33] M. Šindler, R. Tesař, J. Koláček, L. Skrbek, Anisotropic behaviour of transmission through thin superconducting NbN film in parallel magnetic field, *Physica C*, accepted, doi:10.1016/j.physc.2016.02.013
- [34] J. Kastil, J. Kamarad, O. Isnard, O., Y. Skourski, M. Misek, Z. Arnold Z., Effect of pressure and high magnetic field on phase transitions and magnetic properties of  $\text{Ni}_{1.92}\text{Mn}_{1.56}\text{Sn}_{0.52}$  and  $\text{Ni}_2\text{MnSn}$  Heusler compounds, *J. Alloys and Compounds* 650 (2015) 248–255
- [35] D. Pinkowicz, M. Rams, M. Míšek, K. V. Kamenev, H. Tomkowiak, A. Katrusiak, B. Sieklucka, *Enforcing Multifunctionality: A Pressure-Induced Spin-Crossover Photomagnet*, *Journal of the American Chemical Society* 137 (2015), 8795–8802
- [36] L. V. B. Diop, Z. Arnold, O. Isnard, *Itinerant-electron metamagnetism of the  $\text{Hf}_{1-x}\text{Ta}_x\text{Fe}_2$  ( $x=0.125$  and  $0.14$ ) compounds under high pressure*. *J. Mag. Mag. Mats.*, 395 (2015) 251–256
- [37] L. V. B. Diop, J. Kastil, O. Isnard, Z. Arnold, J. Kamarad, *Magnetic and magnetocaloric properties of itinerant-electron system  $\text{Hf}_{1-x}\text{Ta}_x\text{Fe}_2$  ( $x = 0.125$  and  $0.175$ )*, *J. Alloys and Compounds* 627 (2015) 446–450
- [38] K. Iwata et al, „Chemical structure imaging of a single molecule by atomic force microscopy at room temperature” *Nature Communications* 6, 7766 (2015) doi: 10.1038/ncomms8766
- [39] F. Albrecht, J. Repp, M. Fleischmann, M. Scheer, M. Ondráček, P. Jelínek, Probing Charges on the Atomic

- Scale by Means of Atomic Force Microscopy  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 076101-1–076101-5.
- [40] G. Foti and H. Vázquez, "Tip-induced gating of molecular levels in carbene-based junctions", *Nanotechnology* 27 125702 (2016)
- [41] K. Kůsová, I. Pelant and J. Valenta: Bright trions in direct-bandgap silicon nanocrystals revealed by low-temperature single-nanocrystal spectroscopy. *Light: Science and Applications* 4 (2015), e336; doi:10.1038/lsa.2015.109
- [42] B. Barwe, F. Riedel, O. E. Cibulka, I. Pelant and J. Benedikt: Silicon nanoparticle formation depending on the discharge conditions of an atmospheric radio-frequency driven microplasma with argon/silane/hydrogen gases, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 48 (2015), 314001 (11 pp).
- [43] J. Kočka, M. Müller, J. Stuchlík, H. Stuchlíková, J. Červenka, A. Fejfar, Role of a-Si:H in lateral growth of crystalline silicon nanowires using Pb and In catalysts, *Phys. Status Solidi A.* (2016) in press. doi:10.1002/pssa.201532923.
- [44] Stepan Stehlik, Marian Varga, Martin Ledinsky, Vit Jirasek, Anna Artemenko, Halyna Kozak, Lukas Ondic, Viera Skakalova, Giacomo Argentero, Timothy Pennycook, Jannik C. Meyer, Antonin Fejfar, Alexander Kromka, Bohuslav Rezek: *Size and Purity Control of HPHT Nanodiamonds down to 1 nm*, *Journal of physical chemistry C* 119, (2015) 27708–27720 (doi: 10.1021/acs.jpcc.5b05259).
- [45] M. Nikl, A. Yoshikawa, (invited review) *Recent R&D trends in inorganic single crystal scintillator materials for radiation detection.* *Adv. Opt. Mater.* 3 (2015) 463–481. Doi: 10.1002/adom.201400571.
- [46] E. Mihokova, M. Nikl, *Luminescent materials: probing the excited state of emission centers by spectroscopic methods.* (invited review) *Meas. Sci. Techn.* 26 (2015) 012001. Doi:10.1088/0957-0233/26/1/012001.
- [47] P. Prusa, M. Kucera, J. A. Mares, Z. Onderisinova, M. Hanus, V. Babin, A. Beitlerova, M. Nikl, *Composition tailoring in the Ce-doped multicomponent garnet epitaxial film scintillators.* *Cryst. Growth Des.* 15 (2015) 3715-3723. Doi: 10.1021/acs.cgd.5b00309.
- [48] C. Hu, S. Liu, M. Fasoli, A. Vedda, M. Nikl, X. Feng, Y. Pan, *O<sup>2-</sup> centers in LuAG:Ce,Mg ceramics.* *Phys. Stat. Sol. RRL* 9 (2015) 245–249. Doi: 10.1002/pssr.201510047.
- [49] M. Buryi, V.V. Laguta, E. Mihóková, P. Novák, and M. Nikl, *Electron paramagnetic resonance study of the Ce<sup>3+</sup> pair centers in YAlO<sub>3</sub>:Ce scintillator crystals.* *Phys. Rev. B* 92, (2015) 224105. Doi: 10.1103/PhysRevB.00.004100.
- [50] S. K. Yadav, B. P. Uberuaga, M. Nikl, C. Jiang, C. R. Stanek, *Band-gap and Band-edge Engineering of Multicomponent Garnet Scintillators: A First-principles Study.* *Phys. Rev. Applied* 4 (2015) 054012 (2015). Doi: 10.1103/PhysRevApplied.4.054012.
- [51] V. Jarý, L. Havlák, J. Bárta, M. Buryi, E. Mihóková, M. Rejman, V. Laguta, M. Nikl, *Optical, Structural and Paramagnetic Properties of Eu-Doped Ternary Sulfides ALn<sub>2</sub> (A = Na, K, Rb; Ln = La, Gd, Lu, Y).* *Materials* 8 (2015) 6978–6998. Doi: 10.3390/ma8105348.
- [52] D. Y. Kim, E. Guijt, F. T. Si, R. Santbergen, J. Holovský, O. Isabella, R. van Swaaij, M. Zeman, *Fabrication of double- and triple-junction solar cells with hydrogenated amorphous silicon oxide (a-SiOx:H) top cell.* *Sol. Energ. Mat. Sol. C* 141 (2015) 148–153. Doi: 10.1016/j.solmat.2015.05.033.
- [53] P. A. Losio, O. Caglar, J. S. Cashmore, J. E. Hötzel, S. Ristau, J. Holovsky, Z. Remeš, I. Sinicco, *Light management in large area thin-film silicon solar modules.* *Sol. Energ. Mat. Sol. C.* 143 (2015) 375–385. Doi: 10.1016/j.solmat.2015.07.018.
- [54] C. Strobel, B. Leszczynska, U. Merkel, J. Kuske, D. D. Fischer, M. Albert, J. Holovský, S. Michard, J. W. Bartha, *High efficiency high rate microcrystalline silicon thin-film solar cells deposited at plasma excitation frequencies larger than 100 MHz.* *Sol. Energ. Mat. Sol. C.* 143 (2015) 347 - 353. Doi: 10.1016/j.solmat.2015.07.014.
- [55] O. Romanyuk, S. Fernández-Garrido, P. Jiříček, I. Bartoš, L. Geelhaar, O. Brandt, and T. Paskova, *Non-destructive assessment of the polarity of GaN nanowire ensembles using low-energy electron diffraction and x-ray photoelectron diffraction.* *Appl. Phys. Lett.* 106 (2015) 021602-1–021602-4. Doi: 10.1063/1.4905651.
- [56] T. Izak, M. Krátká, A. Kromka, B. Rezek, *Osteoblastic cells trigger gate currents on nanocrystalline diamond transistor.* *Colloid Surf. B - Biointerfaces* 129 (2015) 95–99. Doi: 10.1016/j.colsurfb.2015.03.035.





# Sekce optiky v roce 2015

Výzkum v Sekci optiky je zaměřen na klasické a kvantové vlastnosti šíření optického záření, charakterizaci a optimalizaci optických materiálů a funkčních struktur pro široké spektrum aplikací. Dlouhodobě se zabýváme studiem a realizací nových plazmatických a optických technologií přípravy a modifikace tenkovrstvých systémů a nanostruktur. Výrazného pokroku jsme dosáhli především v oblasti depozičních metod nízkoteplotního plazmatu a pulzní laserové ablace. Klíčovým tématem je problematika kvantové a nelineární optiky, kde jsme pokračovali v navrhování a proměřování nelineárních vrstevnatých struktur a měření prostorových korelací v procesu parametrické fluorescence. V oblasti zpracování kvantové informace jsme se dále zabývali problematikou prvků pro kvantově-informační síť. Důležitý je také nový mezioborový výzkum zaměřený na vývoj a aplikaci fyzikálních metod v regenerační medicíně a biologii. V tomto novém směru se podařilo dosáhnout velice zajímavých výsledků spojených s magnetickým doručováním kmenových buněk a nízkoteplotním plazmatem.

## Zpracování kvantové informace

Skupina kvantové optiky se již tradičně věnovala protokolům s návrhy optických hradel pro kvantové zpracování informace nesené jednotlivými fotony. V tomto výzkumném směru vznikla publikace [1], ve které je zpracován návrh zcela obecného hradla kontrolované unitární operace (významný výsledek vědecké činnosti FZÚ str. XXX). Tento návrh je zcela obecný, ale v oboru lineární optiky je navržen optimálně, tj. s maximální možnou pravděpodobností úspěchu požadované operace. Práce prezentuje jak teoretický návrh, tak experimentální výsledky naměřené s tímto hradlem. Další článek z oblasti kvantového zpracování informace [2] představuje teoretický návrh hradla pro kontrolovanou změnu fáze, kterou lze programovat pomocí kvantového bitu. Schéma je

uzpůsobené pro lineárně-optické zpracování informace s jednotlivými fotony. Při využití všech navržených optimalizačních postupů lze dosáhnout pravděpodobnosti úspěchu 1/12, což je srovnatelné s pravděpodobností úspěchu neprogramovatelného hradla, které pracuje s konstantním posunem fáze. V tisku je článek [3], který studuje různé tomografické metody pro určení matice hustoty dvoufotonového kvantového stavu. Navržená tomografická metoda tohoto dvoufotonového polarizačního stavu je optimální co do počtu jednotlivých měření – 16 měření určuje 16 reálných nezávislých parametrů matice hustoty. V experimentu bylo testováno 17 různých dvoufotonových stavů pěti tomografickými metodami.

## Kvantová a nelineární optika

Ve spolupráci s kolegy z Univerzity v Comu, Itálie, skupina pokračovala v experimentálním studiu závislosti koherence intenzivních párových polí na parametrech čerpacího svazku a parametrech nelineárního krystalu. Ukázali jsme, že s rostoucí intenzitou čerpání dochází k nárůstu koherence jak v signálovém a jalovém svazku, tak i mezi oběma svazky. Pro velmi intenzivní čerpání ovšem dochází k poklesu koherence generovaných párových polí v důsledku vyčerpávání čerpacího svazku a nárůstu počtu módů tvořících generované pole. Odpovídající teorie byla rozvinuta na základě rozkladu signálového a jalového svazku do spektrálních a prostorových Schmidových módů pro slabší [4] i silná [5] čerpací pole. Režim velmi silného čerpacího pole byl analyzován jak teoreticky [6], tak i experimentálně [7]. Zabývali jsme se šířením intenzivních párových polí z oblasti jejich emise (blízké pole) do vzdálené oblasti. Tuto studii jsme provedli v laboratoři a následně interpretovali získané výsledky [8]. Neklasické chování křížové korelační funkce pramenící z kvantových korelací signálového a jalového svazku bylo dáno do souladu s chováním autokorelačních intenzitních funkcí signá-

lového a jalového svazku, které určují počty módů intenzivních párových polí a jejich časoprostorové vlastnosti.

Pokračovali jsme rovněž ve studiu statistických vlastností intenzivních párových polí pomocí modelu kvantové superpozice signálu a šumu. Ukázali jsme, že nekласičnost párového pole (kvantifikovaná Leeovou hloubkou nekласičnosti) a kvantová provázanost tohoto pole (kvantifikovaná negativitou) se navzájem podmiňují a mohou být kvantifikovány společně [9]. Souběžně jsme analyzovali chování jednoduššího kvantového systému tvořeného dvěma interagujícími kvantovými bity (qubity) [10]. Zde jsme ukázali, že smíšené stavy mohou být více nekласické než jejich kvantové superpozice. Model dvou interagujících qubitů posloužil i pro studii závislosti mezi lokální koherencí a kvantovými korelacemi. V práci [11] jsme ukázali, že lokální koherence může vzrůst na úkor kvantových korelací a také jsme stanovili hranice pro tento vzrůst.

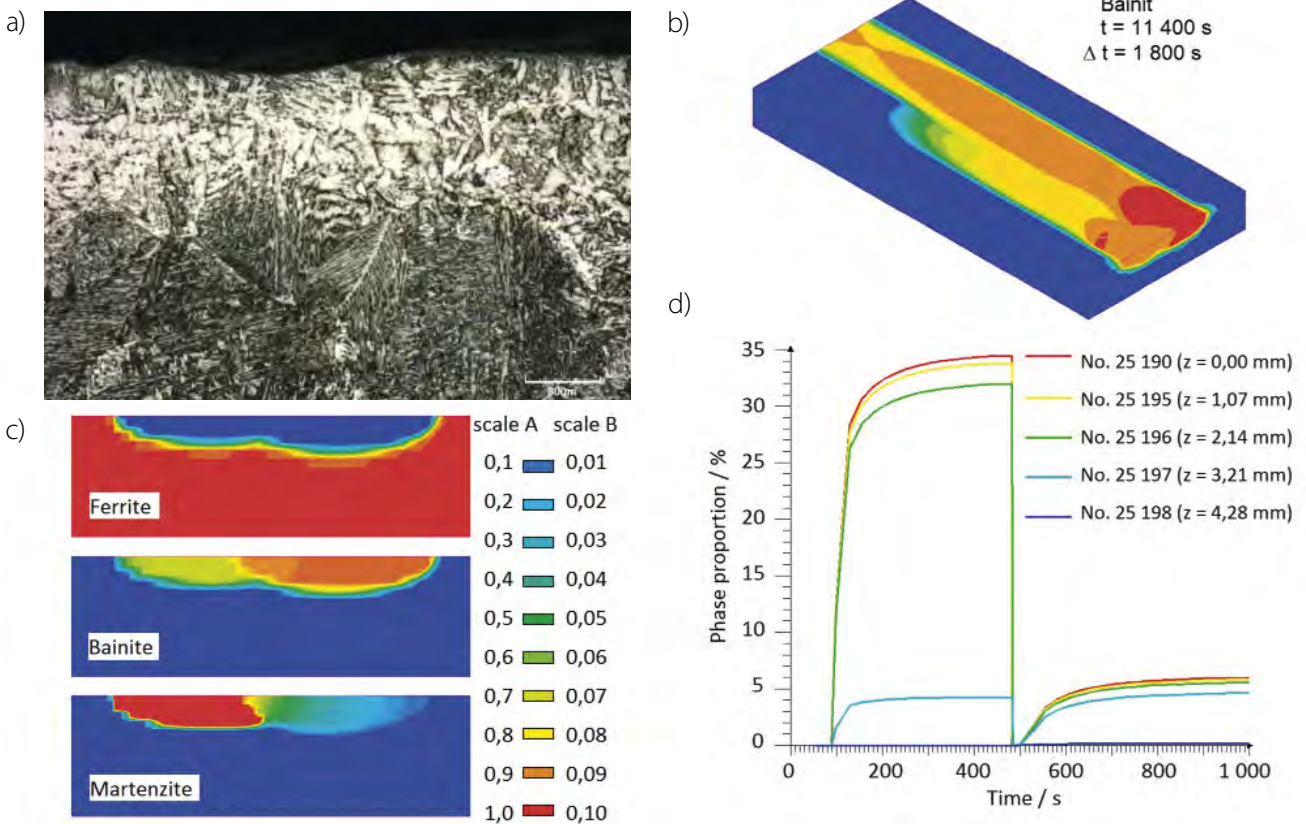
## Vlnová optika

Skupina vyvíjela nové přístupy pro měření topografie povrchu předmětu pomocí metody zaostření (shape from focus), a to jak cestou počítačových simulací, tak i ex-

perimentálně, přičemž byly zkoumány teoretické meze nejistoty měření pro různé operátory analýzy zaostření. Byl vyvinut nový operátor zaostření, který funguje na bázi Fisherovy entropie a byla provedena analýza vyhodnocovacích schopností nového operátoru, následně také bylo provedeno srovnání se stávajícími operátory, které jsou popsány v literatuře [12].

Paralelně s vývojem metody zaostření probíhal také vývoj senzoru na bázi interferometrie v bílém světle s vysokou rychlostí měření. Byly provedeny experimenty, při nichž byly testovány různé vyhodnocovací algoritmy a různé zdroje světla (různé typy svítivých a superluminiscenčních diod). Se svítivou diodou a vyhodnocováním pomocí Hilbertovy transformace bylo dosaženo skenovací rychlosti 112  $\mu\text{m/s}$  při standardní frekvenci snímání 25 snímků za sekundu (rychlost je 26krát vyšší než při standardním uspořádání). Teoreticky pak byly analyzovány šumové vlastnosti vyhodnocování korelogramu pomocí Hilbertovy transformace [13]. Na měřicí senzor byla podána přihláška vynálezu [14].

V oblasti bezkontaktních měřicích metod založených na skvrnkové interferometrii byl navržen algoritmus [15] pro počítačové zpracování silně zašuměných korelogramů získaných metodou ESPI. Pro potlačení šumu a extrak-



■ Obr. 1 Příčný řez oblastí překryvu stop laserem přetaveného povrchu oceli S355JR (a), 3D model zastoupení bainitu při časovém odstupu aplikace laseru 1 800 s (b), 2D model konečného rozložení metalografických fází (c), časový vývoj zastoupení martenzitu v ose překryvu přetavených stop (d).

ci fáze bylo užito aplikace vlnkové transformace. Výsledky byly testovány jak pro počítačem generované, tak experimentálně získané korelogramy.

## ■ Laserové technologie

Vedle spolupráce na projektu ELI skupina pokračovala ve studiu aplikací laserových technologií pro svařování a přetavování oceli. Numerické simulace laserového přetavování povrchu konstrukční oceli, vycházející z experimentů provedených vysokovýkonovým diodovým laserem (obr. 1), byly prováděny s důrazem na podrobnější rozbor časového průběhu vývoje fází v rovinných řezech a vybraných uzlech mřížky [16]. Možnosti využití nejmodernějších ultrarychlých femto a pikosekundových laserů pro interakci s materiálem byly po rozsáhlé rešerši publikovány v [17].

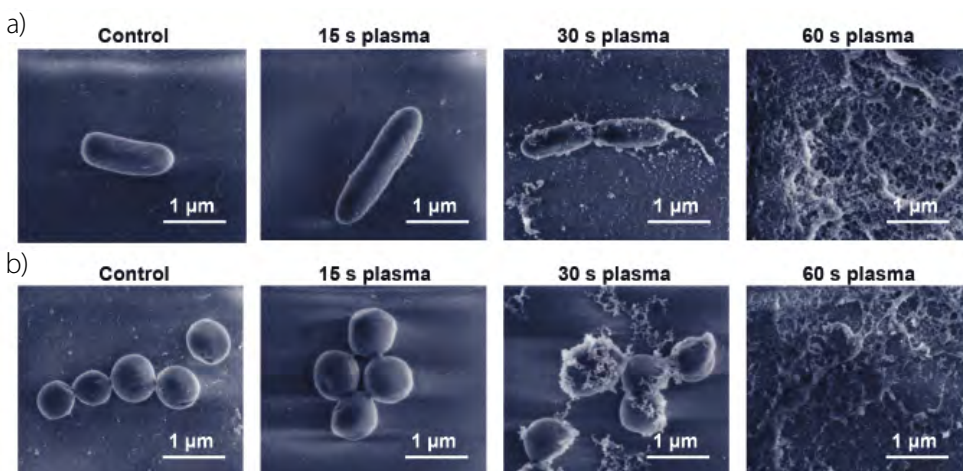
## ■ Nízkoteplotní plazma v medicíně

Na výzkumu a vývoji nízkoteplotního plazmatu (NTP) v biomedicínských aplikacích spolupracuje Fyzikální ústav s Ústavem experimentální medicíny v rámci společné laboratoře. V roce 2015 bylo vyvinuto několik prototypů generátorů a trysek, které vyvíjí nízkoteplotní plazma z různých plynů (vzduch, helium, dusík, argon). Jako nejperspektivnější se jeví zařízení pracující na bázi vzduchu, neboť tyto generátory nevyžadují přídatný zdroj plynu a jsou lehce přenositelné. Efekt a mechanismus účinku plazmatu je studován na bakteriálních a buněčných kulturách [18]. Především jsme analyzovali vliv nízkoteplotního atmosférického plazmatu na gram-pozitivní a gramnegativní bakterie. Za pomoci skenovací

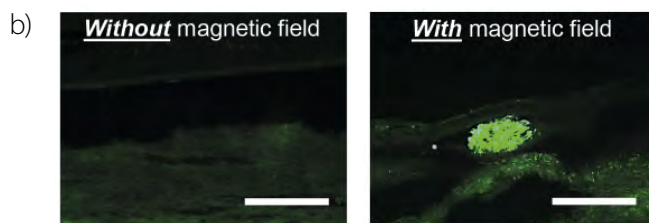
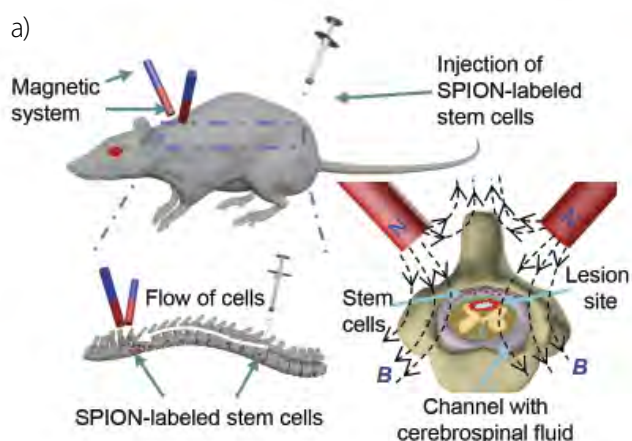
elektronové mikroskopie (SEM) se podařilo odhalit mechanismus destrukce bakterií pomocí heliového plazmatu (obr. 2). Na druhou stranu jsme prokázali, že použití stejného plazmatu na živých kožních buňkách je naprosto bezpečné. Vývoj zařízení pro veterinární medicínu je podporován projektem TAČR (TA04010449) ve spolupráci s firmami Foton, s. r. o., L. E. T. Optomechanika, s. r. o. a Sindat, s. r. o. V rámci tohoto projektu bylo vyvinuto zařízení (PlasmaVet), jehož testování probíhá v několika veterinárních ordinacích a klinikách s dobrými výsledky v oblasti hojení akutních i chronických ran a v léčbě chronických zánětů zvlukovodu. Cílem projektu je vývoj a certifikace generátorů NTP pro veterinární a humánní medicínu a zavedení oboru plazmové medicíny do klinické praxe v ČR.

## ■ Magnetické doručování kmenových buněk

Poranění míchy je stav, který má za následek významné morbiditu a mortality. Léčba takového poranění s využitím transplantace kmenových buněk představuje slibný směr terapie. Bohužel, doručení kmenových buněk do poraněné tkáně je velice složitým úkolem. Pro usnadnění cíleného doručování kmenových buněk jsme navrhli magnetický systém, který byl následovně úspěšně použit k akumulaci kmenových buněk značených superparamagnetickými nanočásticemi na určitém místě léze (obr. 3). Výsledky naznačují, že cílené zaměření a rychlé dodání kmenových buněk může být dosaženo za použití navrhovaného neinvazivního magnetického systému [19]. Navrhované strategie magnetického cílení a doručení přináší výhody pro léčbu onemocnění vyžadující rychlou transplantaci kmenových buněk.



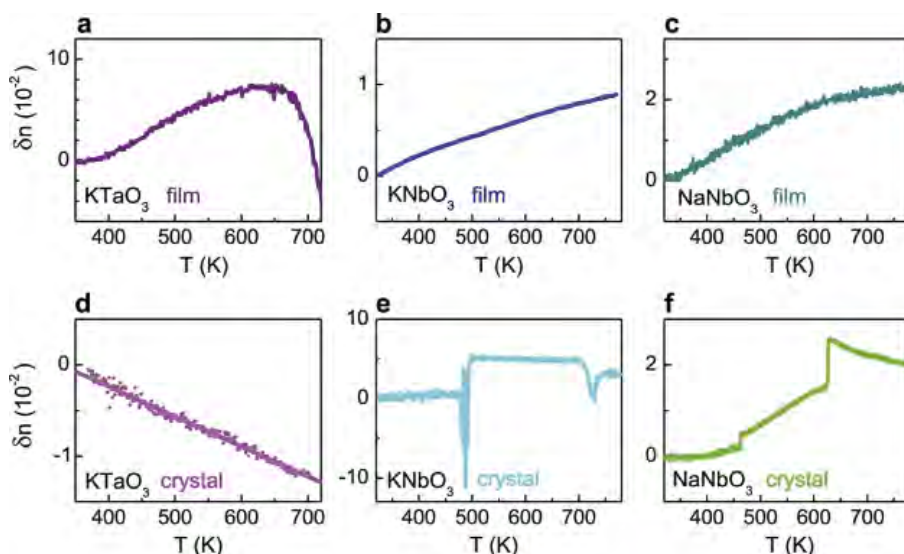
■ Obr. 2 Obrázky z elektronového mikroskopu znázorňující působení heliového plazmatu na bakterie (a) *P. aeruginosa* a (b) *S. aureus*.



■ **Obr. 3** (a) Schematické znázornění magnetického doručování. (b) Podélné řezy místa léze zobrazující distribuci kmenových buněk v lézi s působením nebo bez působení magnetického pole (měřítko – 500 um).

## ■ Epitaxní jevy v nanovrstvách $\text{KNbO}_3$ , $\text{KTaO}_3$ a $\text{NaNbO}_3$

Možnosti moderních technologií vytvářet několik nanometrů tenké vrstvy s pozměněnou krystalickou strukturou otevírají velice zajímavý směr výzkumu. Jedná se o studium vlivu elektrické polarizace na optické vlastnosti perovskitových feroelektrických nanovrstev. V roce 2015 byla naše práce soustředěna na výzkum jevů spojených se strukturou a polarizací v epitaxních nanovrstvách  $\text{KTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$  a  $\text{NaNbO}_3$ . Pomocí heteroepitaxního růstu na různých substrátech se podařilo dosáhnout snížení krystalické symetrie v těchto materiálech, což vyvolalo změny spontánní polarizace. U takto vytvářených struktur byly pozorovány velké posuny absorpční hrany a změna optických spekter [20-23]. Také se podařilo dosáhnout výrazných změn v teplotním chování, jako například potlačení, anebo naopak vznik nových fázových přechodů



■ **Obr. 4** Změna indexu lomu  $\delta n$  při  $E = 2 \text{ eV}$  jako funkce teploty  $T$  v epitaxních nanovrstvách (a, b, c) a krystalech (d, e, f). Změna symetrie a vznik feroelektrické polarizace kompletně změnily teplotní závislost indexu lomu vrstev ve srovnání s krystaly.

(obr. 4). Možnost řízené úpravy optických vlastností v tak velkém rozsahu představuje zajímavou perspektivu pro moderní fotoniku a optoelektroniku.

## ■ Depozice tenkých krystalických polovodivých vrstev $\text{Fe}_2\text{O}_3$ a $\text{FeS}_2$

V rámci výzkumu nových materiálů pro solární produkci vodíku a dalších materiálů pro fotonické a elektrochemické aplikace byly zkoumány metody přípravy krystalických vrstev  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se strukturou hematitu a krystalických sulfidových vrstev pyritu  $\text{FeS}_2$  pomocí pulzního reaktivního magnetronového naprašování s vysokým proudem v pulzu (HIPIMS). V případě hematitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se jedná o fotoanody ve formě tenkých vrstev. Změnou parametrů buzení pulzního výboje bylo možné kontrolovat prostorovou orientaci krystalitů této hexagonální struktury ve vrstvě a zkoumat tak její vliv na velikost ge-



■ **Obr. 5**  
Vzorek simulující pájený monochromátor s chladičími kanálky. Pracovní povrch musí být prakticky bez deformací.

nerovaných fotoproudů, klíčových pro aplikace rozkladu vody. Byly nalezeny optimální podmínky, pro které bylo dosaženo vysokých fotoproudů pro konkrétní orientaci krystalitů ve směru (110) rovnoběžně s povrchem substrátu. To korelovalo s prokázanou maximální velikostí vodivosti hexagonální struktury hematitu právě ve směru kolmém na rovinu (110) (významný výsledek vědecké činnosti FZÚ str. XXX).

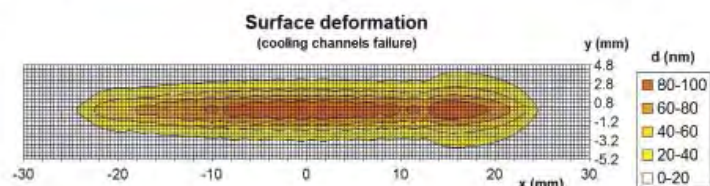
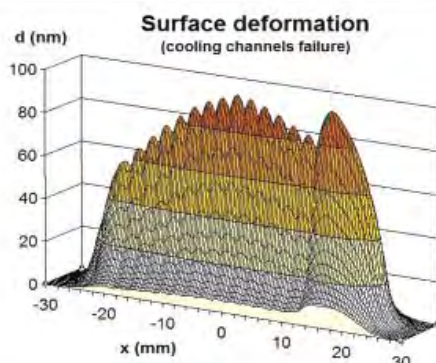
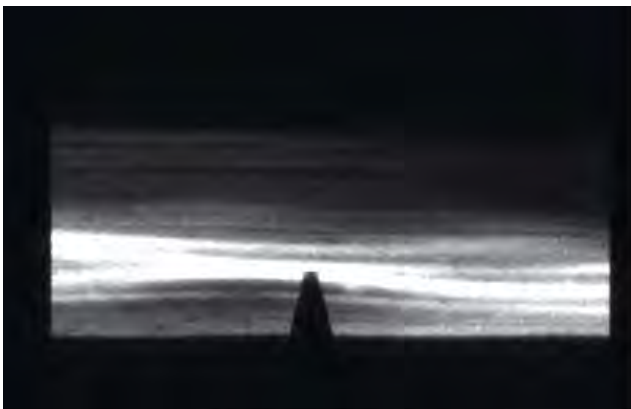
## ■ Rentgenová optika

Skupina RTG optiky je již tradičně zaměřena na využití poznatků dynamické teorie difrakce rentgenového záření pro rentgenovou optiku, a to v oboru tvrdého rentgeno-

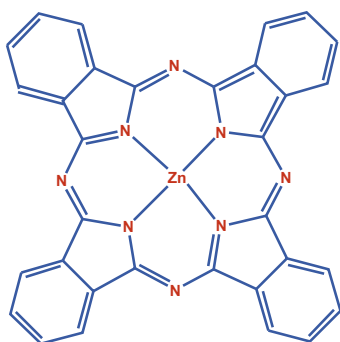
vého záření. Jde zejména o návrhy nových rtg optických prvků pro moderní zdroje synchrotronového záření a pro lasery na volných elektronech (FEL). U zdrojů rentgenového záření, jako je například synchrotron, je intenzita tak vysoká, že se musí krystaly chladit, jinak se ohřejí a deformují a množství odražených fotonů se sníží. Jedna z metod chlazení spočívá v tom, že se do krystalu vyřežou chladičí kanálky, kterými proudí voda. Výrobní proces zahrnuje pájení dvou krystalů, které však rovněž vytváří deformaci. Naše optická skupina provedla studii různých kovových pájek (obr. 5) a otestovala jejich vlastnosti přímo na synchrotronu (obr. 6). Výsledek je komplexní studie použitých materiálů a jejich vliv na kvalitu krystalů [24].

## ■ Příprava vrstev organických polovodičů pomocí PLD

Pomocí pulzní laserové depozice (PLD) byly úspěšně připraveny vrstvy organických polovodičů na bázi ftalocyaninů (např. ftalocyanin zinku, obr. 7). Tyto polovodiče nalézají důležité uplatnění v mnoha aplikacích v optoelektronice (OLED, fotovoltaika), nelineární optice, fotocitlivých materiálech, úložištích dat, chemických senzorech plynů. Příprava organických materiálů pomocí PLD je obecně obtížná, jelikož může snadno docházet k jejich poškození. Na druhou stranu PLD vyniká jednoduchostí a navíc skýtá



■ **Obr. 6** Deformace se zviditelňují jako změna reflektivity rtg záření od měřeného krystalu.



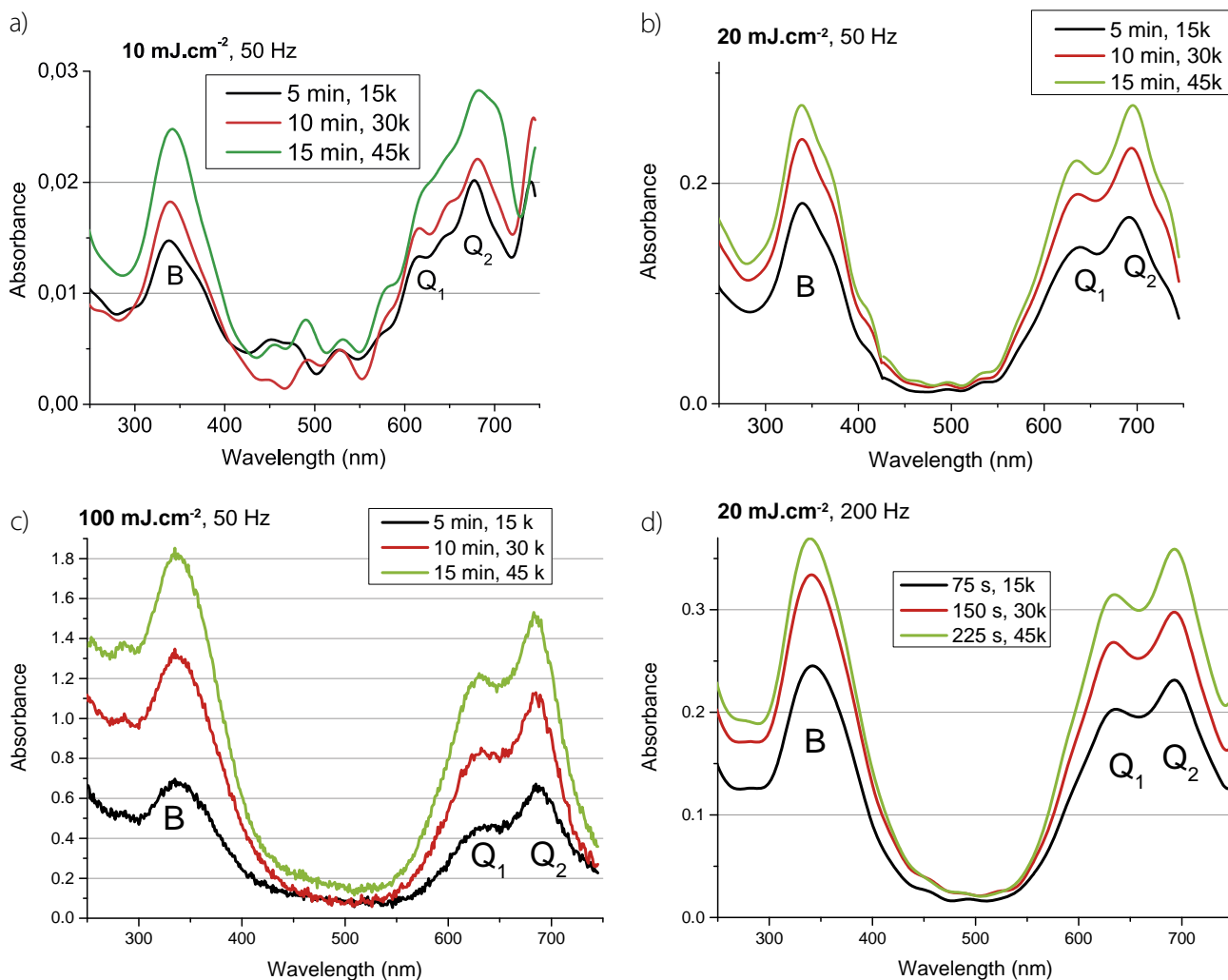
■ Obr. 7 Molekula ftalocyaninu zinku.

možnosti přípravy funkčních organických vrstev unikátní struktury. Důležitým krokem, který se podařilo zvládnout, bylo najít vhodné depoziční podmínky a dále je optimalizovat. Za tímto účelem byla implementována technika in-situ monitorování optických vlastností vrstev během růstu. Bylo zjištěno, že vrstvy je možné připravovat při použití UV KrF excimerového laseru za pokojové teploty podložky

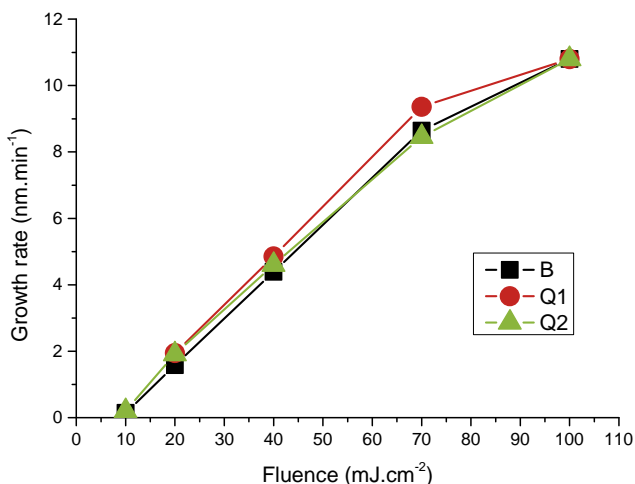
v rozmezí hustot energie na terči od 10 do 100 mJ.cm<sup>-2</sup> [25]. Rychlost růstu vrstev je možné efektivně řídit jak změnou hustoty energie, tak změnou opakovací frekvence laseru (obr. 8, 9). Změnou hustoty energie je možné dále jemně ladit šířku zakázaného pásu [26]. Struktura vrstev odpovídá stabilní β fázi, která bývá dosažena při přípravě vrstev pomocí nejčastěji užívaného vakuového napařování pouze při zahřívání podložky na teploty vyšší než 200 °C.

## SAFMAT, FUNBIO

Rok 2015 byl čtvrtým rokem udržitelnosti projektu SAFMAT a zároveň prvním rokem udržitelnosti návazného projektu FUNBIO (obr. 10). V roce 2015 došlo k synergickému spojení obou projektů a jejich začlenění do cestovní mapy velkých infrastruktur a podpoře rozvoje a činnosti



■ Obr. 8 In-situ měření absorbance vrstev ftalocyaninu zinku při depozici pomocí PLD s opakovací frekvencí laseru 50 Hz a hustotou energie: a) 10 mJ.cm<sup>-2</sup>, b) 20 mJ.cm<sup>-2</sup>, c) 100 mJ.cm<sup>-2</sup> a při opakovací frekvenci 200 Hz a hustotě energie: d) 20 mJ.cm<sup>-2</sup>. Absorbance byla zaznamenána po 15k, 30k and 45k laserových pulzech. B, Q<sub>1</sub> a Q<sub>2</sub> jsou charakteristické absorpční pásy materiálů na bázi ftalocyaninů.

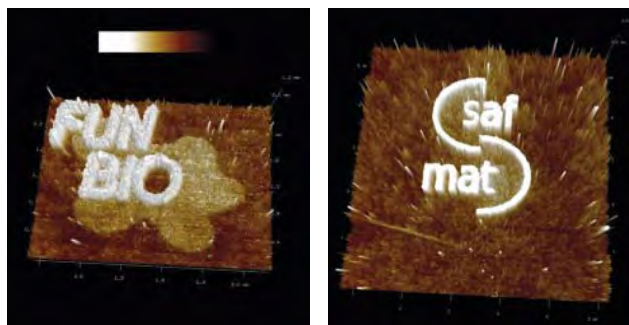


■ **Obr. 9** Závislost rychlosti růstu vrstev ftalocyaninů zinku při opakovací frekvenci laseru 50 Hz na hustotě laserové energie, jak bylo určeno z in-situ měření absorpance (B, Q1 a Q2 absorpční pásy).

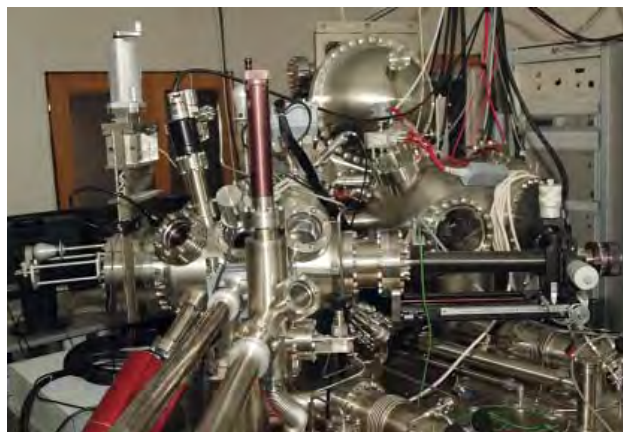
laboratoří z projektu Národního programu pro udržitelnost (NPU I). V roce 2015 bylo v rámci obou projektů publikováno 23 prací [27–32] v impaktovaných časopisech. Na konci roku 2015 se na projektu podílelo celkem 30 vědeckých pracovníků s celkovým pracovním úvazkem 20 celkem ze šesti oddělení FZÚ (oddělení analýzy funkčních materiálů, oddělení optických a biofyzikálních systémů, oddělení nízkoteplotního plazmatu, oddělení funkčních materiálů, oddělení tenkých vrstev a nanostruktur, oddělení optických materiálů).

**Výzkum v laboratoři NanoESCA** (obr. 11) probíhá v několika základních směrech se zaměřením na kombinaci spektroskopie a mikroskopie ve spolupráci široké vědecké komunity z ČR a zahraničí. Účelem je přímé mapování elektronové struktury a chemického stavu technologicky důležitých a funkčních materiálů a jejich přímé srovnání s teoretickými výpočty a simulacemi. Výzkum byl zaměřen na:

- Kovové atomy deponované na topologické izolátory



■ **Obr. 10** Logo projektů SAFMAT a FUNBIO vytvořeno anodickou oxidací křemíku na přístroji AMF ICON od společnosti Bruker.

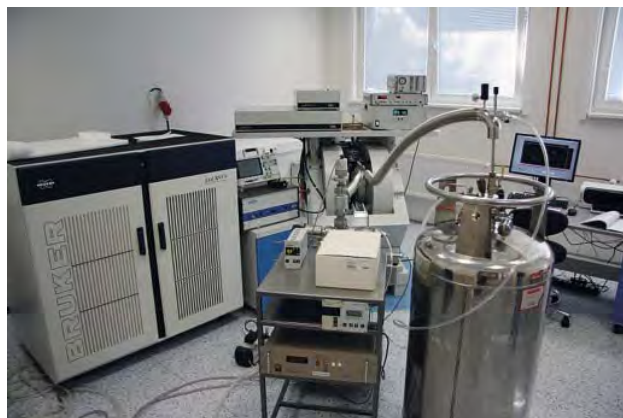


■ **Obr. 11** Přístroj NanoESCA včetně přípravné UHV komory k analýze chemického složení materiálů v nanorozměrech.

- Heuslerovy slitiny
- Grafén a SiC krystaly

**V laboratoři EPR** (obr. 12) byly zkoumány feroelektrické materiály (výzkum relaxací Cr a Mn center v SrTiO<sub>3</sub> krystalech, PFN atd.), polovodiče typu SiC, ZnO krystaly. Jedním z nejdůležitějších programů projektu je výzkum scintilačních materiálů na bázi aluminiových perovskitů, ortosilikátů a sulfidů [34–46].

**Laboratoř FIB-SEM** pracovala v roce 2015 na pestré paletě problémů, které pokrývaly jak standardní úkoly, tak inovativní postupy, které jsou možné pouze na tomto specifickém zařízení. Specifický úkol představovalo studium nanodiamantových vrstev na zirkoniových trubkách, což jsou struktury plánované pro ochranu palivových článků v jaderných reaktorech. Zajímavé výsledky byly dosaženy při studiu kovů s tvarovou pamětí; pomocí metody EBSD byly studovány feromagnetické tvarové paměti na bázi NiMnGa a korozní procesy na površích NiTi



■ **Obr. 12** FT-EPR spektrometr Elexsys E580 s instalovaným He kryostatem.



■ **Obr. 13** Pohled do komory elektronového mikroskopu Fera 3. Přístroj FIB+SEM v laboratoři elektronové mikroskopie.

drátů pro stenty studovaných pomocí tomografie fokusovaným svazkem iontů xenonu (FIB). Postupy založené na využití xenonového FIB svazku patří k hlavním výhodám instalovaného SEM Tescan FERA3 (obr. 13) a mimo již zmíněné práce byla rozvíjena metoda 3D EBSD – mapování krystalových orientací v prostoru.

V laboratoři AFM (obr. 14) byla v součinnosti s výzkumem materiálů pomocí elektronové mikroskopie studována morfologie povrchů různých materiálů ve formě tenkých vrstev vrstvy grafenu na měděných fóliích, vrstvy Heuslerových slitin a topologické izolátory, vrstvy diamantů a DLC. Pozornost byla věnována problematice zobrazení liposomálních komplexů s proteiny pomocí AFM. Topografie liposomů a proteoliposomů jako možných nosičů léčiv byla vyšetřována mikroskopii atomárních sil. Měření byla prováděna na zařízení AFM Dimension Icon (Brooker) za pokojových podmínek. Pomocí AFM byla ukázána stabilita protein-liposomálních komplexů [47-50].

## Související publikace:

- [1] K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černocho, M. Dušek, J. Soubusta, Experimental Implementation of Optimal Linear-Optical Controlled-Unitary Gates, *Phys. Rev. Lett.* 114, 153602 (2015).
- [2] K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černocho, Scheme for a linear-optical controlled-phase gate with programmable phase shift, *J. Opt.* 17, 155202 (2015).
- [3] K. Bartkiewicz, A. Černocho, D. Javůrek, K. Lemr, J. Soubusta, J. Svozilík, One-state vector formalism for the evolution of a quantum state through nested



■ **Obr. 14** AMF ICON od společnosti Bruker: detailní snímek měřicí hlavy umístěné v antivibrační skříni.

Mach-Zehnder interferometers, *Phys. Rev. A* 91, 012103 (2015).

- [4] J. Peřina Jr.: Coherence and mode decomposition of weak twin beams, *Phys. Scr.* 90, 074058 (2015).
- [5] J. Peřina Jr.: Coherence and dimensionality of intense spatio-spectral twin beams, *Phys. Rev. A* 92, 013833 (2015).
- [6] J. Peřina Jr.: Spatial, spectral and temporal coherence of ultra-intense twin beams, *zasláno do Phys. Rev. A.*
- [7] J. Peřina Jr., O. Haderka, A. Allevi, M. Bondani: Internal dynamics of intense twin beams and their coherence, přijato k publikaci ve *Sci. Rep.* (2016).
- [8] O. Haderka, R. Machulka, J. Peřina Jr., A. Allevi, M. Bondani: Spatial and spectral coherence in propagating high-intensity twin beams, *Sci. Rep.* 5, 14365 (2015).
- [9] I. I. Arkhipov, J. Peřina Jr., J. Peřina, A. Miranowicz: Comparative study of nonclassicality, entanglement, and dimensionality of multimode noisy twin beams, *Phys. Rev. A* 91, 033837 (2015).
- [10] A. Miranowicz, K. Bartkiewicz, A. Pathak, J. Peřina Jr., Y.-N. Chen, F. Nori: Statistical mixtures of states can be more quantum than their superpositions: Comparison of nonclassicality measures for single-qubit states, *Phys. Rev. A* 91, 042309 (2015).
- [11] J. Svozilík, A. Vallés, J. Peřina Jr., J. P. Torres: Revealing Hidden Coherence in Partially Coherent Light, *Phys. Rev. Lett.* 115, 220501 (2015).
- [12] P. Pavlíček, I. Hamarová: Shape from focus for large image fields. *Appl. Opt.* 54, 9747 (2015).
- [13] P. Pavlíček, V. Svak: Noise properties of Hilbert transform evaluation. *Meas. Sci. Technol.* 26, 085207 (2015).

- [14] P. Pavlíček: Zařízení pro bezkontaktní měření tvaru předmětu. Přihláška vynálezu č. PV 2015-348 ze dne 22. 5. 2015.
- [15] L. Stanke, P. Šmíd, P. Horváth: ESPI correlogram analysis by two stage application of wavelet transform with the use of intensity thresholding. *Optik* 126, 865 (2015).
- [16] H. Chmelíčková, H. Šebestová, M. Havelková, H. Hiklová, J. Tomáščík: Numerical model of the diode laser overlapped remelting of structural steel. *Metalurgija* 54, 331 (2015).
- [17] L. Řiháková, H. Chmelíčková: Laser Micromachining of Glass, Silicon, and Ceramics. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2015, 584952 (2015).
- [18] O. Lunov, O. Churpita, V. Zablotskii, I. G. Deyneka, I. K. Meshkovskii, A. Jäger, E. Syková, Š. Kubinová and A. Dejneka, Non-thermal plasma mills bacteria: Scanning electron microscopy observations, *Appl. Phys. Lett.* 106 (2015) 053703(1)–053703(5).
- [19] D. Tukmachev, O. Lunov, V. Zablotskii, A. Dejneka, M. Babic, E. Syková Š. Kubinová An effective strategy of magnetic stem cell delivery for spinal cord injury therapy, *Nanoscale* 7 (2015) 3954–3958.
- [20] T. Kocourek, S. Inkinen, O. Pacherova, E. Chernova, Z. Potucek, L. D. Yao, M. Jelínek, A. Dejneka, S. van Dijken, M. Tyunina, Effects of doping and epitaxy on optical behavior of NaNbO<sub>3</sub> films, *Appl. Phys. Lett.* 107 (2015) 172906-1–172906-4.
- [21] M. Tyunina, D. Chvostova, L. D. Yao, A. Dejneka, T. Kocourek, M. Jelinek, S. van Dijken Interband transitions in epitaxial ferroelectric films of NaNbO<sub>3</sub> *Phys. Rev. B* 92 (2015) 104101(1)–104101(6).
- [22] M. Tyunina, L. Yao, D. Chvostova, A. Dejneka, T. Kocourek, M. Jelinek, V. Trepakov, S. van Dijken, Concurrent bandgap narrowing and polarization enhancement in epitaxial ferroelectric nanofilms, *Sci. Tech. Adv. Mater.* 16 (2015) 026002(1)–026002(9).
- [23] M. Tyunina, L. D. Yao, D. Chvostova, T. Kocourek, M. Jelinek, A. Dejneka, S. van Dijken, Effect of epitaxy on interband transitions in ferroelectric KNbO<sub>3</sub>, *New J. Phys.* 17 (2015) 043048(1)–043048(8).
- [24] Oberta, P., Kittler, M., Áč, V., Hrdý, J., Iragashi, N., Scheinost, A. C. and Uchida, Y. (2015). *J. Synchrotron Rad.* 22, 342–347.
- [25] Novotný M., Šebera J., Bensalah-Ledoux A., Guy S., Bulíř J., Fitl P., Vlček J., Zákutná D., Marešová E., Hubík P., Kratochvílová I., Vrňata M., Lančok J., The growth of zinc phthalocyanine thin films by pulsed laser deposition, *Journal of Materials Research*, 31, (2016), 163–172.
- [26] Novotný M., Bulíř J., Bensalah-Ledoux, A., Guy S., Fitl P., Vrňata M., Lančok J., Moine B., Optical properties of zinc phthalocyanine thin films prepared by pulsed laser deposition, *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 117, (2014), 377–381.
- [27] R. Tarasenko, M. Vališka, M. Vondráček, K. Horáková, V. Tkáč, K. Carva, P. Baláž, V. Holý, G. Springholz, V. Sechovský, J. Honolka, Magnetic and structural properties of Mn-doped Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> topological insulators, *Physica B: Condensed Matter* 481 (2016) 262–267.
- [28] S. Cichoň, P. Macháč, L. Fekete, L. Lapčák, Direct microwave annealing of SiC substrate for rapid synthesis of quality epitaxial graphene, *Carbon* 98 (2015) 441–448.
- [29] M. Telychko, P. Mutombo, P. Merino, P. Hapala, M. Ondráček, F.C. Bocquet, J. Sforzini, O. Stetsovych, M. Vondráček, P. Jelínek, M. Švec, Electronic and Chemical Properties of Donor, Acceptor Centers in Graphene, *ACS Nano* 9 (2015) 9180–9187.
- [30] G. Tsekouras, F. Boudoire, B. Pal, M. Vondráček, K. C. Prince, D. D. Sarma, A. Braun, Electronic structure origin of conductivity and oxygen reduction activity changes in low-level Cr-substituted (La,Sr)MnO<sub>3</sub>, *Journal of Chemical Physics* 143 (2015) 114705-1-114705-7.
- [31] O. Kondrat, R. Holomb, N. Popovich, V. Mitsa, M. Veres, A. Csik, A. Feher, N. Tsud, M. Vondráček, V. Matolin, K.C. Prince, In situ investigations of laser and thermally modified As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanolayers: Synchrotron radiation photoelectron spectroscopy and density functional theory calculations, *J. of Appl. Phys.* 118 (2015) 225307.
- [32] Polyak Y., Drchal V., Kudrnovsky J., Heczko O., Honolka J., Chab V., Kopecek J., Lancok J., Band mapping of the weakly off-stoichiometric Heusler alloy Ni<sub>49.7</sub>Mn<sub>29.1</sub>Ga<sub>21.2</sub> in the austenitic phase, *Phys. Rev. B* 91 (2015) 165115.
- [34] D. V. Azamat, J. Debus, D. R. Yakovlev, V. Yu. Ivanov, M. Godlewski, M. Fanciulli, M. Bayer, Ground and excited states of iron centers in ZnO: Pulse-EPR and magneto-optical spectroscopy, *Physical Review B* 92 (2015) 195202(1)–195202(9).
- [35] M. Buryi, V. V. Laguta, E. Mihóková, P. Novák, M. Nikl, Electron paramagnetic resonance study of the Ce<sup>3+</sup> pair centers in YAlO<sub>3</sub>:Ce scintillator crystals, *Physical Review B* 92 (2015) 224105(1)–224105(10).
- [36] M. Buryi, D.A. Spassky, J. Hybler, V. Laguta, M. Nikl, Electron Spin Resonance study of charge trapping in a-ZnMoO<sub>4</sub> single crystal scintillator, *Optical Materials* 47 (2015) 244–250.
- [37] D. Savchenko, E. Kalabukhova, B. Shanina, A. Pöpl, E. Ubyivovk, E. Mokhov, EPR, ESE and pulsed ENDOR

- study of the nitrogen donors in 15R SiC grown under carbon-rich conditions, *Physica Status Solidi (b)*, Vol. 252, P. 556–572 (2015).
- [38] D.V. Savchenko, The ESR study of heavily nitrogen doped 6H SiC crystals, *Journal of Applied Physics*, Vol. 115, P. 045708-1-045708-6 (2015).
- [39] N.T. Bagraev, E.Yu Danilovskii, D.S. Gets, E.N. Kalabukhova, L.E. Klyachkin, A.A. Koudryavtsev, A.M. Malyarenko, V.A. Mashkov, D.V. Savchenko, B.D. Shanina, Silicon vacancy-related centers in non-irradiated 6H SiC nanostructures, *Semiconductors*, Vol. 49, P. 649–657 (2015).
- [40] M. Buryi, V. Laguta, J. Rosa, M. Nikl, Electron Paramagnetic Resonance Investigation of Ce<sup>3+</sup>, Er<sup>3+</sup>, Nd<sup>3+</sup> Impurity Centers in Y<sub>0.7</sub>Lu<sub>0.3</sub>AlO<sub>3</sub> Single Crystals, *ASEM 7* (2015) 258–264.
- [41] V. Jarý, L. Havlák, J. Bárta, M. Buryi, E. Mihóková, M. Rejman, V. Laguta, M. Nikl, Optical, Structural and Paramagnetic Properties of Eu-Doped Ternary Sulfides ALnS<sub>2</sub> (A = Na, K, Rb; Ln = La, Gd, Lu, Y), *Materials* 8 (2015) 6978–6998.
- [42] M. Buryi, V. Laguta, J. Rosa, M. Nikl, Electron paramagnetic resonance study of exchange coupled Ce<sup>3+</sup> ions in Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> single crystal scintillator, *Radiat. Meas.* Accepted for publication.
- [43] A. G. Badalyan, D. V. Azamat, V. A. Trepakov, M. V. Makarova, J. Rosa, A. Dejneka and L. Jastrabik, Observation of Nano Sized Effect on EPR of Mn<sup>4+</sup> and Cr<sup>3+</sup> in SrTiO<sub>3</sub> Powders, *Ferroelectrics* 485, 63–67 (2015).
- [44] A. Prokhorov, A. D. Prokhorov, L. F. Chernush, V. P. Dyakonov, H Szymczak, A. Dejneka, EPR study of the ground state of Mn<sup>2+</sup> impurity ions in alumoborates MAI<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (M=Y, Eu, Tm), *Phys. Scr.* 90 (2015) 065804(1)–065804(6).
- [45] A.A. Prokhorov, Static and dynamic characteristics of the Cr<sup>3+</sup> EPR spectra in the Van Vleck paramagnet TmAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, Accepted for publication: *Journal of Materials Science (JMSSC)*
- [46] D. Savchenko, E. Kalabukhova, B. Shanina, S. Cichoň, J. Honolka, V. Kiselov, E. Mokhov, Temperature dependent behavior of localized and delocalized electrons in nitrogen-doped 6H SiC crystals as studied by electron spin resonance, *J. of Appl. Phys.* 119, (2016), 045701-1-045701-7
- [47] L. Palatinus, C. A. Corrêa, G. Steciuk, D. Jacob, P. Roussel, P. Boullay, M. Klementová, M. Gemmi, J. Kopeček, M. C. Domeneghetti, F. Cámara, V. Petříček, Structure refinement using precession electron diffraction tomography and dynamical diffraction: tests on experimental data, *Acta Crystallographica Section B* 71 (2015) 740–751.
- [48] P. Ashcheulov, R. Škoda, J. Škarohlíd, A. Taylor, L. Fekete, F. Fendrych, R. Vega, L. Shao, L. Kalvoda, S. Vratislav, V. Cháb, K. Horáková, K. Kůsová, L. Klimša, J. Kopeček, P. Sajdl, J. Macák, S. Johnson, I. Kratochvílová, Thin polycrystalline diamond films protecting Zirconium alloys surfaces: from technology to layer analysis and application in nuclear facilities, *Applied Surface Science* 359 (2015) 621–628.
- [49] R.J. Peláez, C.N. Afonso, M. Škereň, J. Bulíř, Density patterns in metal films produced by laser interference, *Nanotechnology* 26 (2015) 255301(1)–255301(9).
- [50] V. Skoromets, H. Němec, J. Kopeček, P. Kužel, K. Peters, D. Fattakhova-Rohlfing, A. Vetushka, M. Müller, K. Ganzerová, A. Fejfar, Conductivity Mechanisms in Sb-Doped SnO<sub>2</sub> Nanoparticle Assemblies: DC and Terahertz Regime, *Journal of Physical Chemistry C* 119 (2015) 19485–19495.





# Sekce výkonových systémů v roce 2015

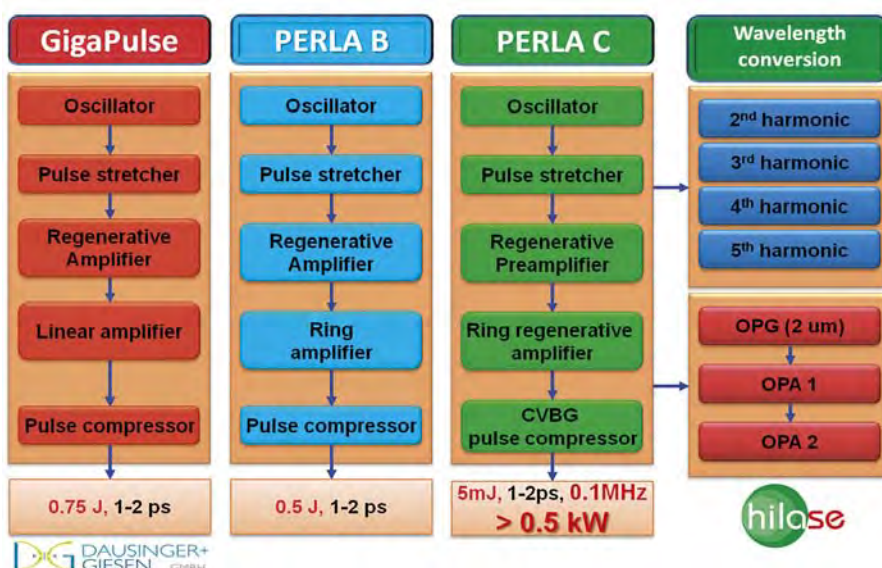
Hlavním oborem badatelské činnosti Sekce 5 je výkonová fotonika. Zaměřujeme se na systematický výzkum a vývoj pokročilých pulzních výkonových zdrojů fotonů, zejména laserů, a současně na studium interakce takového záření s materiály a povrchy. Dosažené výsledky a vyvinuté technologie jsou důležité pro základní i aplikovaný výzkum v oborech jako je např. fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí, fyzika vysokých hustot energie a extrémních stavů hmoty, chemie vysokých energií, atomová, iontová a molekulární spektroskopie, laboratorní astrofyzika, planetologie, astrobiologie, biofyzika, nanotechnologie, funkcionalizace povrchů, laserové obrábění speciálních materiálů, nanofotonika a plasmonika.

Za tímto účelem Sekce 5 provozuje výzkumnou laserovou infrastrukturu HiLASE, která byla úspěšně dokončena v roce 2015, a dále se podílí na provozu badatelského centra PALS (Prague Asterix Laser System). Centrum HiLASE se zabývá vývojem diodově buzených pevnolátkových laserů s vysokým středním výkonem na úrovni kW, energií v řádu mJ až 100 J, délkou pulzů v rozsahu 1 ps až 10 ns a opakovací frekvencí 10 Hz až 1 MHz. HiLASE poskytuje široký rozsah služeb v oblasti smluvního výzkumu a vývo-

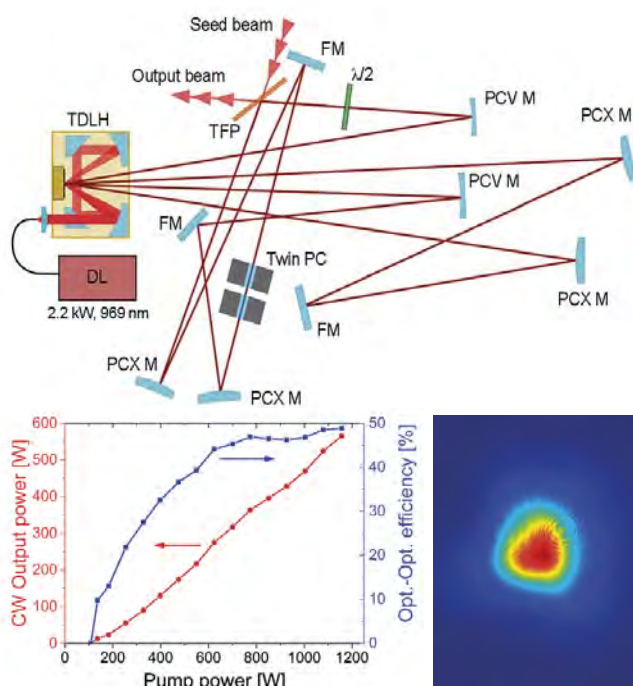
je s vysokou přidanou hodnotou, např. měření prahu poškození optických materiálů způsobeného laserem, zpeňování povrchu materiálů rázovou vlnou, prototypování kompaktních laserových zdrojů pro EUV litografii, vývoj a optimalizaci technologií přesného řezání, vrtání a zpracování speciálních materiálů. PALS je uživatelská laboratoř zaměřená na základní výzkum laserového plazmatu, kde hlavní roli hraje vysoká energie v jediném pulzu. Kromě laserových center HiLASE a PALS využívají pracovníci Sekce 5 také velké výzkumné infrastruktury v zahraničí, např. Linac Coherent Light Source (USA), Free electron LASer in Hamburg (Německo), SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser (Japonsko).

## ■ Vývoj vysokorepetičních pikosekundových laserů

V roce 2015 pokračoval vlastní vývoj vysokorepetičních tenkodiskových pikosekundových laserů s výkonem přesahujícím 500 W (obr. 1), jejich podpůrných techno-



■ Obr. 1 Aktuální koncept tenkodiskových laserů PERLA a GigaPulse v centru HiLASE.



■ **Obr. 2** Schéma rezonátoru 500 W regenerativního zesilovače s kruhovým rezonátorem PERLA C (nahore); výstupní výkon, optická účinnost a profil výstupního svazku při testování v CW režimu (dole); PCX – konvexní zrcadla, PCV – konkávní zrcadla, TFP – tenkovrstvý polarizátor, PC – Pockelsova cela, FM – rovinné zrcadlo, TDLH – tenkodisková hlavice.

logií, diagnostiky a současně byly zpracovávány analýzy důležité pro plánované aplikace těchto laserů.

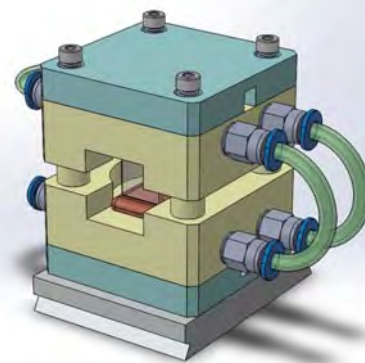
Kompaktní laserový systém PERLA C (dříve Beamline C) byl oproti stavu v roce 2014 výrazně inovován a doplněn o druhý stupeň, tj. o regenerativní zesilovač s kruhovým rezonátorem (obr. 2) [1]. Toto technologicky neobvyklé řešení s výkonným regenerativním zesilovačem přineslo několik výhod – regenerativní zesilovač zachovává vysokou kvalitu výstupního optického svazku a umožňuje účinnou extrakci uložené energie z aktivního prostředí typu tenkého disku.

Na druhou stranu regenerativní zesilovač vyžaduje speciální komponenty typu Faradayova magnetooptického rotátoru nebo rychlou elektrooptickou uzávěrku (Pockelsovu celu) s velkou aperturou. Navíc nové originální uspořádání laseru se již obešlo bez Faradayova rotátoru. Pro potřeby zesilovače byla na HiLASE vyvinuta zcela nová Pockelsova cela (obr. 3). Inovovaný systém byl otestován jako samostatný laser pracující v kontinuálním režimu s vynikajícími parametry. Z jediného tenkého disku s diamantovým chladičem umístěným v rezonátoru laseru (průměr buzené oblasti cca 5 mm) se podařilo generovat záření s celkovým výkonem přesahujícím 550 W v difrakčně limitovaném optickém svazku (obr. 2). S ohle-

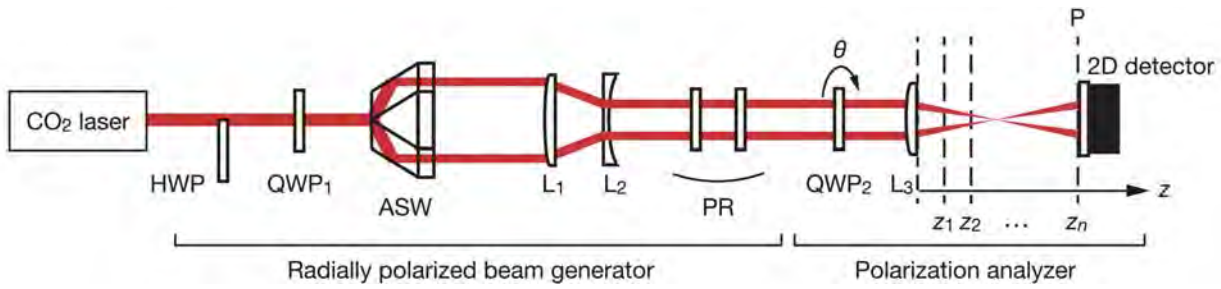
dem na zapojení zesilovače do systému PERLA C se jedná o velice slibné výsledky, protože se tím podařilo překonat hlavní překážku v jeho konstrukci, tj. účinný odvod tepla z klíčových komponent. Stejný koncept byl použit i pro konstrukci druhého stupně systému PERLA B. Koncem roku 2015 byl dále instalován systém GigaPulse (Dausinger+Giesen GmbH) s vysokou energií pulzu, který bude v roce 2016 k dispozici pro první aplikační experimenty.

První stupeň systému PERLA C, regenerativní zesilovač s výkonem 100 W a energií pulzu 1 mJ [2], byl využit během roku 2015 k prvním aplikačním experimentům. Pokračovaly výzkumné a vývojové práce na systémech konverze vlnové délky do vyšších harmonických frekvencí [3] a střední infračervené oblasti [4]. Systém byl také úspěšně použit jako zdroj krátkých pulzů pro mikroobrábění. S očekávaným intenzivním využitím systému PERLA C pro podobné aplikace pokročily i teoretické studie plánovaných experimentů, které probíhají zejména ve spolupráci s japonskými partnery. Moderní mikroobrábění, urychlování elektronů nebo manipulace s předměty pomocí laserových svazků vyžadují často speciální stavy polarizace záření, jakým je například radiální polarizace.

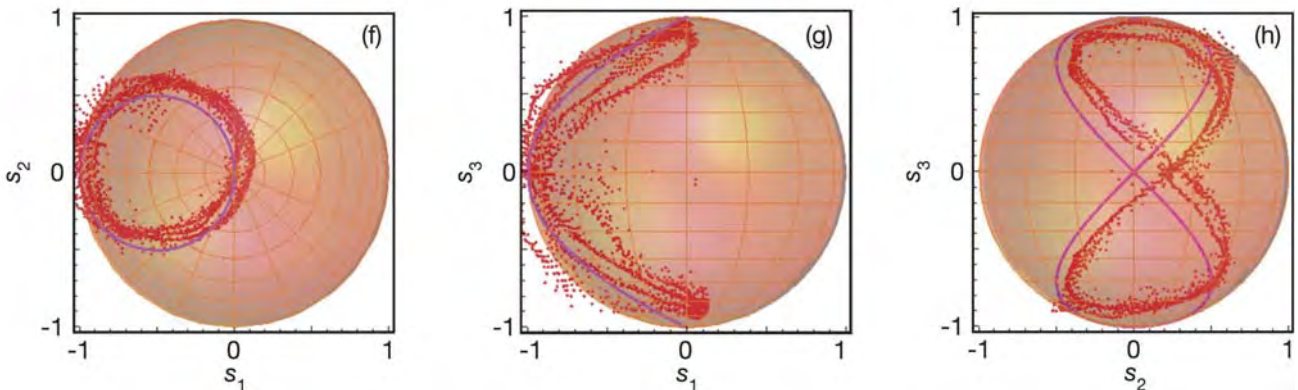
Naše pracoviště se podílelo na návrhu a experimentálním testování speciální osově symetrické ZnSe pasivní vlnové destičky (obr. 4) [5]. Komponenta využívá princip



■ **Obr. 3** Držák Pockelsovy cely vyvinutý pro systém PERLA C.



■ Obr. 4 Experimentální uspořádání při využití osově symetrické objemové vlnové destičky; HWP – půlvlnová destička, QWP – čtvrtvlnová destička, ASW – osově symetrická vlnová destička, L – čočka, PR – polarizační rotátor, P – polarizátor.

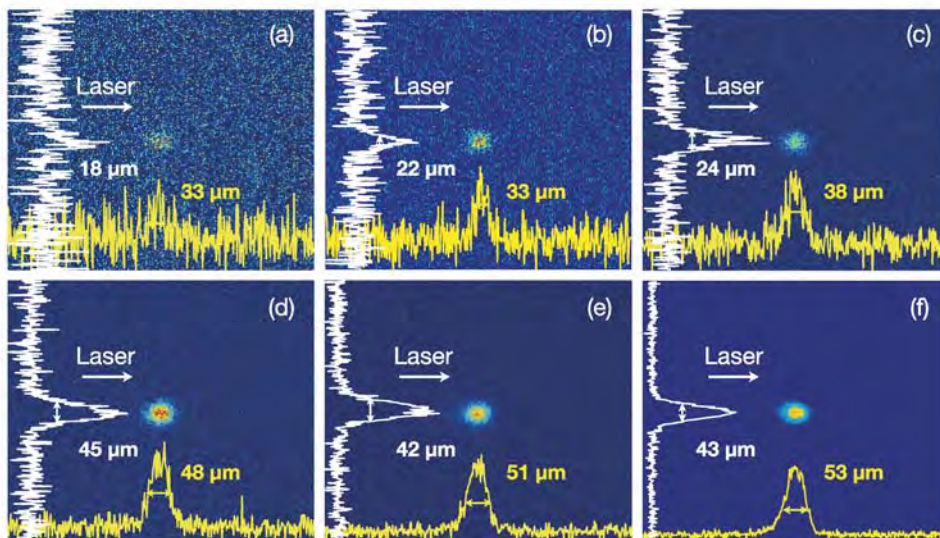


■ Obr. 5 Radiální polarizační stav záření popsany pomocí Stokesových parametrů na Poincarého sféře (experiment – body, teoretický výpočet – křivka).

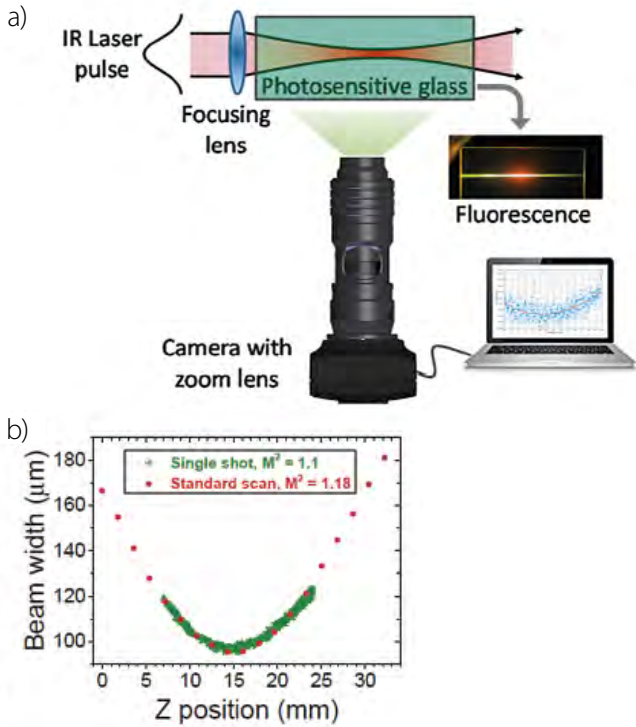
fázového posunu polarizovaného záření dle Fresnelových vztahů a změny jeho polarizačního stavu po dopadu na rozhraní. Vzhledem k osově symetrii vlnové destičky je výsledné záření radiálně polarizované s konstantní nebo spirálově modulovanou prostorovou závislostí fáze svazku. Polarizační stav záření vypočtený teoreticky velmi dobře odpovídá stavu zjištěnému experimentálně. Na obr. 5 jsou oba případy znázorněny pomocí Stokesových parametrů na Poincarého sféře. Z parametrů vypočítaný stupeň polarizace dosahuje hodnoty 0,95, tj. záření je téměř plně polarizováno. Výhodou destičky je

její využitelnost pro svazky s vysokým výkonem pulzů, protože se jedná o pasivní objemový prvek. Lze ji použít dokonce i ve střední infračervené oblasti a testována byla i pro záření CO<sub>2</sub> laseru na vlnové délce 10,6 mm. Změřená výkonová propustnost prototypu při tomto experimentu dosáhla až 56%, což je vynikající výsledek.

Další zajímavou aplikací pikosekundových laserových systémů HiLASE v blízké infračervené oblasti je jejich využití jako zdroje předpulzů pro generování plazmatu produkujícího extrémní UV záření s vlnovou délkou 13,5 nm. Jde o vlnovou délku, která bude využívána v bu-



■ Obr. 6 Velikost EUV zdroje po ozáření kovového mikroterče pikosekundovým infračerveným impulzem s různým obsahem energie.



■ Obr. 7 Systém pro jednokrokové měření parametru kvality  $M^2$  optického svazku (vlevo); kaustika optického svazku změřená patentovaným přístrojem a zjištěný parametr kvality  $M^2$ .

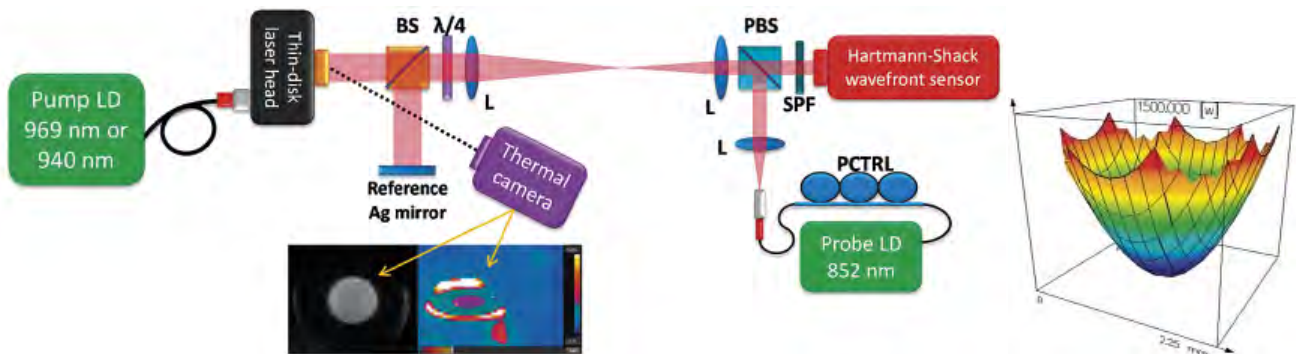
doucích systémech pro EUV litografickou výrobu nové generace polovodičových čipů a mikroprocesorů. Kromě vysoce výkonných zdrojů EUV záření s větším akceptovatelným průměrem plazmatického zdroje je důležitým úkolem také realizace vysoce zářivého metrologického zdroje záření s velikostí terče v řádu několik desítek mm. Ve spolupráci s japonskými kolegy byl proto vyvinut model expanze plazmatu jako metrologického zdroje EUV záření a byla publikována teoretická studie zabývající se parametry terče a plazmatu vzniklého po jeho ozáření infračerveným pikosekundovým laserem s různou energií pulzu. Platnost modelu byla následně ověřena experimentem (obr. 6) [6].

V roce 2015 jsme také provedli další kroky ke komercializaci badatelských výsledků pracovníků centra HiLASE: byl nám udělen patent a užitný vzor. Patent [7] se nazývá „Zařízení pro jednokrokové měření parametru kvality  $M^2$  laserového svazku“ a vyvinuté zařízení na rozdíl od existujících technik, kdy kaustika svazku je měřena kamerou v okolí krčku svazku po několika krocích, umožňuje sejmout celou kaustiku v jediném snímku (obr. 7). Ke zviditelnění svazku se využívá jevu fluorescence v krystalech dopovaných ionty kovů, která je pak snímána kamerou. Snímek kaustiky (obr. 7, vpravo) vede přímo ke stanovení parametru kvality  $M^2$  pro Gaussovský svazek.

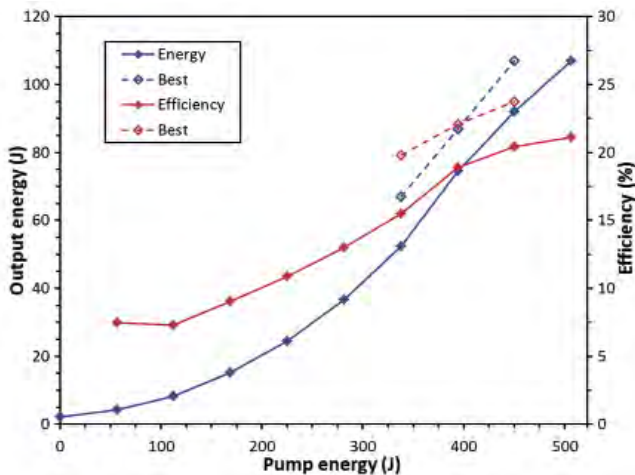
Užitný vzor zařízení pro měření deformace optických tenkých disků [8] se týká vývoje laserů s aktivním prostředím ve tvaru tenkého disku. Při lepení nebo pájení tenkých disků dochází vlivem zahřívání disku i chladiče k částečné deformaci disku a proto se disk chová jako čočka. Přesný návrh stabilního rezonátoru a zobrazení ve víceprůchodových zesilovačích však vyžaduje přesnou znalost poloměru křivosti disku (sférická/asférická složka), která se musí kompenzovat adaptivním zrcadlem. Navržená optická soustava (obr. 8) dokáže pomocí referenčního optického svazku a senzoru vlnoplochy svazku obě tyto složky přesně kvantifikovat. Uvedený přístroj je možné kromě diagnostiky využít obecně i pro zkoumání tepelných čoček v transparentních optických prostředích nebo k testování křivosti povrchu optických prvků.

## ■ Vývoj kryogenních laserů a technologií

Vývoj 100 J kryogenního laseru s opakovací frekvencí 10 Hz dospěl v roce 2015 do úspěšného závěru. Kolegové z Rutherford Appleton Laboratory, Science & Technology Facilities Council (RAL, STFC) ve Velké Británii v úzké



■ Obr. 8 Zařízení pro měření deformace optických ploch s optimalizací pro vývoj laserů s aktivním prostředím ve tvaru tenkého disku.



■ Obr. 9 Závislost výstupní energie a účinnosti 100 J laseru na energii buzení.

spolupráci s týmem HiLASE dosáhli výstupní energie 107 J (obr. 9). Díky technologii diodového buzení bylo dosaženo energetické účinnosti větší než 20%, což je cca 20krát více než mají ostatní lasery této třídy. To otevírá cestu novým aplikacím, které by nebyly dříve energeticky rentabilní.

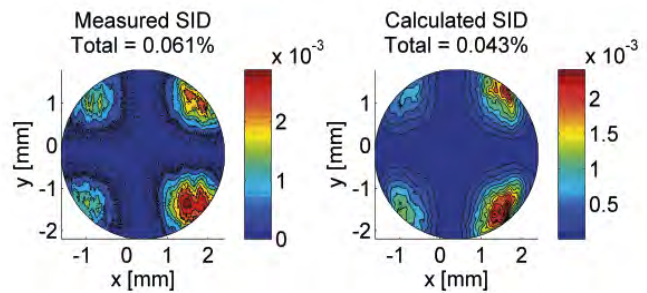
Tento unikátní 100 J laserový systém byl na konci roku 2015 převezen do centra HiLASE v Dolních Břežanech, kde bude v roce 2016 probíhat jeho opětovné uvedení do provozu a optimalizace jeho parametrů (obr. 10).

V roce 2015 jsme začali pracovat na možnostech dalšího vylepšení 100 J systému. Některé aplikace vyžadují na výstupu z laseru optický izolátor, který by laser ochránil před světlem vracejícím se z experimentu. Izolátor pro střední výkon 1 kW zatím neexistuje, a proto jsme zahájili teoretické modelování a pilotní experimenty s novými materiály (obr. 11), jako je např. TGG keramika [9, 10].

Zároveň jsme zkoumali nové materiály, které by umožnily zkrácení délky pulzů generovaných v tomto la-



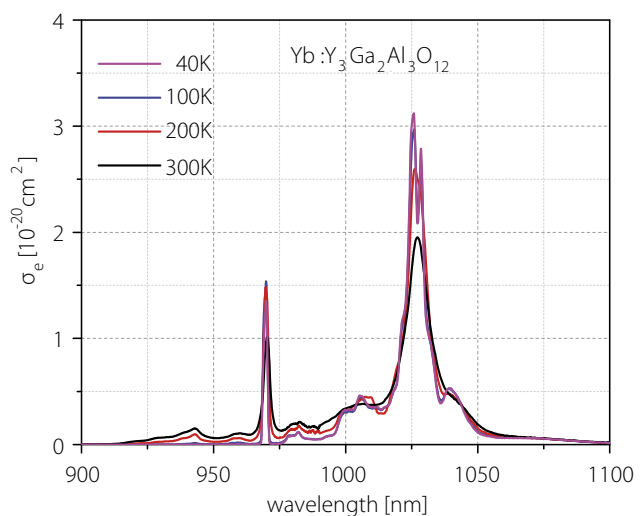
■ Obr. 10 Fotografie 100 J laseru na začátku instalace v Dolních Břežanech.



■ Obr. 11 Srovnání změřené a vypočtené depolarizace indukované laserem v TGG keramice.

serovém systému až do oblasti pikosekund. Slibným materiálem se ukazuje Yb:YGAG, který si na rozdíl od Yb:YAG udržuje šířku emitovaného spektra i pro nízké teploty (obr. 12) [11].

Bez povšimnutí nezůstává ani další zvýšení energetické účinnosti diodového buzení. Ve spolupráci s Ferdinand Braun Institute v Německu jsme vyvíjeli nové typy vysoce účinných kompaktních laserových diod [12]. Případné použití jiných vlnových délek pro buzení laseru by mohlo přinést další zvýšení výkonu i energetické účinnosti [13]. Paralelně s programem na vylepšení 100 J laseru probíhá výzkum dalších laserových technologií, jako je např. ziskem spínaný laser s grafenovým saturovatelným absorbérem [14], který se vyznačuje vysokou mezí poškození, dobrou tepelnou vodivostí a rychlou odezvou. Lasery tohoto typu povedou k vývoji miniaturních laserů o vysokém výkonu. Vědci z týmu HiLASE se také úspěšně zapojili i do projektů v rámci mezinárodní spolupráce a podíleli se např. na demonstraci zesílení na úrovni 1 J v kryogenním zesilovači TRAM s opakovací frekvencí 100 Hz v Institute for Laser Engineering, Osaka University v Japonsku [15].

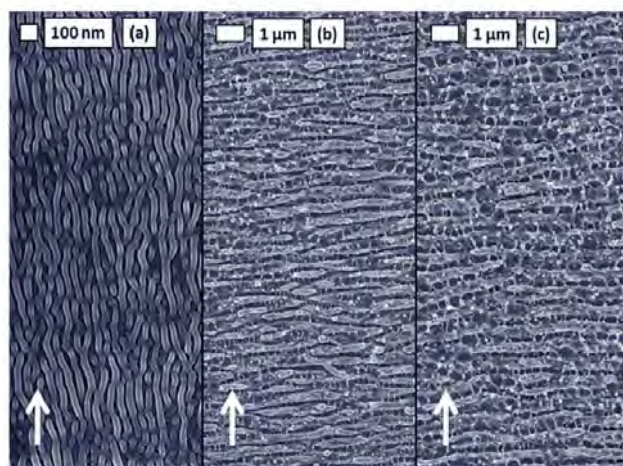


■ Obr. 12 Účinný průřez stimulované emise Yb:YGAG za různých teplot. Oproti Yb:YAG se šířka spektrální čáry s klesající teplotou nesnižuje.

## Laserová interakce s materiály a povrchy

Fenomén interakce laserového záření s hmotou je extrémně komplikovaný a některé aspekty laserové interakce nejsou dosud zcela pochopeny. Proto je část výzkumu centra HiLASE zaměřena i na základní výzkum jevů, které mohou následně vést k technologickým inovacím. Jedním z takových témat je např. interakce krátkých a ultrakrátkých pulzů se skleněnými a transparentními materiály. Pozornost byla věnována faktorům, které výrazně ovlivňují mikroobrábění těchto materiálů (vlnová délka, energie laseru, trvání laserového pulzu), ať už se jedná o řezání nebo vrtání skleněných materiálů (např. nová ultratenká skla používaná v technologii pro dotykové displeje). Experimentálně byl studován vliv parametrů laseru na výsledné zpracování skleněných materiálů, který byl podpořen teoretickými studiemi [16]. Při interakci laseru s materiálem jsou jeho vlastnosti měněny v řádu femtosekund, přičemž dosud neexistuje metoda, která by byla schopná přímo popsat tento komplexní proces s dostatečným rozlišením jak v časovém, tak prostorovém měřítku. Matematický model založený na Maxwellově rovnici a nelineární Schrödingerově rovnici (NLSE) byl využit k analýze řetězce procesů probíhajících v transparentních materiálech po ozáření ultrakrátkými pulzy. Cílem bylo ukázat, co je energeticky a mechanicky smysluplné. Pro účely této práce bylo v úvahu bráno křemenné sklo. Získané výsledky mohou být dále využity i pro jiné skleněné a transparentní materiály. Maxwellova rovnice byla srovnána s NLSE modelem a bylo zjištěno, že NLSE model nelze využít ke kvantitativnímu popisu ozařování laserem, když je materiál modifikován [17].

K propojení teoretického výzkumu s experimentálním dochází také v oblasti vytváření mikrostruktur na povrchu materiálů (LIPSS, Laser Induced Periodic Surface Structures) při ozáření femtosekundovými laserovými pulzy. Vytvořené struktury jsou formovány a orientovány kolmo ke směru polarizace laserového záření. Tyto struktury pak nacházejí řadu uplatnění např. v oblasti detekčních zařízení, mikrofluidiky, optofluidiky, tribologie, barevného značení kovů a biomedicíny. Generace LIPSS byla studována v řadě materiálů a různé modely a mechanismy byly použity k popisu vzniku této povrchové morfologie. Mechanismy tvorby těchto struktur však dosud nejsou uspokojivě objasněny. Ve spolupráci HiLASE a Kyoto University v Japonsku byly provedeny experimenty za účelem dokázat, že variace povrchové hustoty plazmy může vést k variaci vytvořené periodické struktury. K tomuto účelu byl využit dobře známý materiál – titan (Ti). Experimentální



**Obr. 13** Povrchové struktury na titanu produkované 25 dvojitými pulzy s různými laserovými fluencemi: a)  $15 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ , b)  $30 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ , c)  $45 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ .

výsledky byly porovnány s teoretickým modelem (model parametrického rozpadu) a potvrdily platnost tohoto modelu. Povrchové struktury LIPSS generované na titanu 25 dvojitými pulzy jsou na obr. 13 [18].

V oblasti teoretického studia LIPSS jsme studovali časově-prostorovou modulaci laserové energie u dvou různých materiálů: titanu a křemíku. K tomuto účelu byla využita numerická simulace využívající fs laserový impuls na vlnové délce 800 nm. Simulace ukazují, že částečně roztavené fáze existují po dobu 10 ps v případě titanu a více než 50 ps v případě křemíku po expozici laserovým pulzem [19]. Vzhledem k modulovanému teplotnímu profilu na povrchu materiálu existuje předpoklad, že natavená hmota se může přemísťovat směrem k tvorbě LIPSS struktur.

## Ohniska fokusovaných svazků rentgenových laserů pod drobnohledem

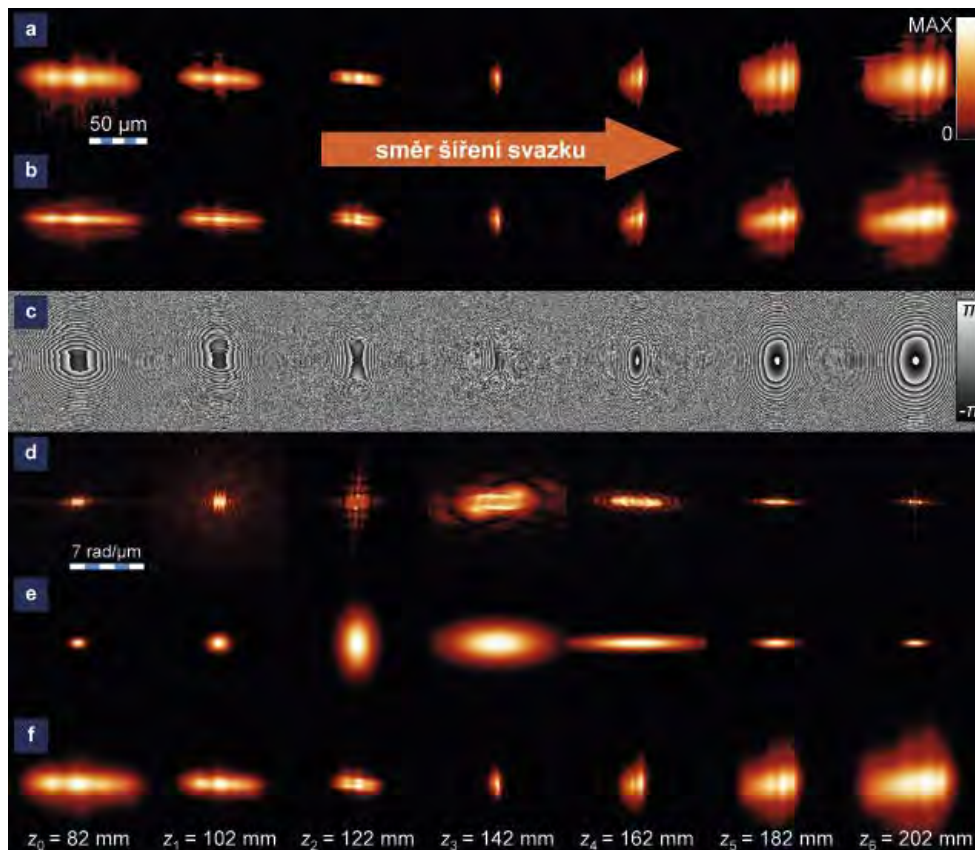
Značný pokrok na poli rentgenových laserů a rentgenové optiky přináší stále se zvyšující nároky na metody, které by byly schopny rentgenové laserové svazky spolehlivě charakterizovat. Snaha o vývoj nových diagnostických metod není samoučelná. Ukazuje se totiž, že při interakčních experimentech nelze laserový svazek chápat pouze jako nástroj určený k čerpání popř. sondování studovaného prostředí, ale jako nedílnou součást interakčního procesu. Vlastnosti svazku významně ovlivňují výsledky interakčního experimentu, obzvláště pokud se studují nelineární projevy interakce. Měření vlnové délky, ener-

gie a délky laserového impulsu zpravidla bývají u většiny experimentů samozřejmostí. Prostorová charakterizace svazku však často bývá opomíjena a nahrazována „vhodnou“, například gaussovskou, aproximací. Tento přístup se však v případě rentgenových laserů ukazuje jako nesprávný, jelikož jejich svazky zpravidla gaussovské nebývají.

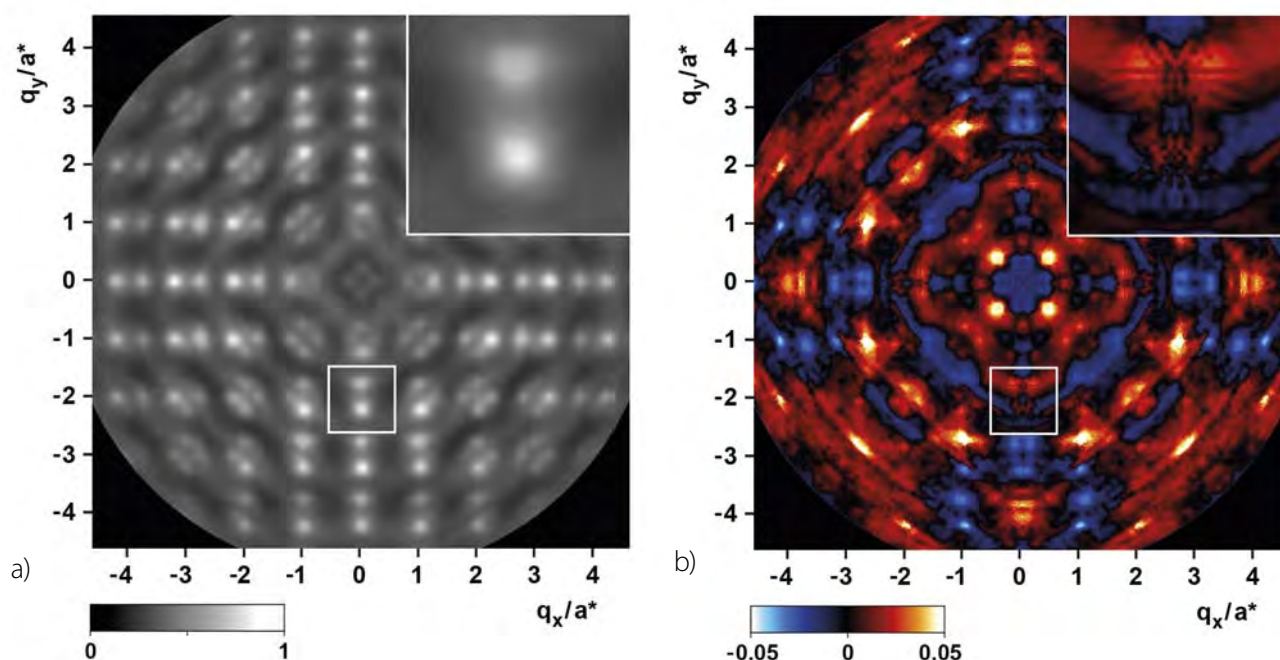
Prostorová charakterizace fokusovaných svazků rentgenových laserů je obtížná, a to zejména pro lasery s volnými elektrony, které bývají vybaveny přesnou adaptivní optikou. Průměr stopy svazku se zpravidla měří ve stovkách nanometrů až jednotkách mikrometrů a špičková intenzita snadno dosáhne hodnot převyšujících  $10^{17}$  W/cm<sup>2</sup>. Přímé měření takového svazku standardními metodami, například pomocí rentgenového CCD či luminiscence, by vyžadovalo „nezničitelný“ detektor s velmi vysokým prostorovým rozlišením a téměř nereálným dynamickým rozsahem. Takový detektor v současnosti bohužel není k dispozici. Řešení tohoto problému představuje metoda ablačních a desorpčních otisků ve vhodných materiálech, která je založena na laserem indukovaném poškození povrchu. Tuto metodu jsme v minulých letech vyvinuli a testovali například na zařízení FLASH (Free-electron LASer in Hamburg) v Německu, LCLS (Linac Coherent Light Source) v USA a dalších.

Metoda ablačních a desorpčních otisků dosud umožňovala stanovit pouze příčný profil intenzity studovaného fokusovaného svazku. V práci [20] se nám však podařilo

ukázat, že z morfologie desorpčních otisků v poly(methyl methakrylátu) – PMMA lze vyčíst nejen příčný profil intenzity, ale i vlnoplochu a koherenční vlastnosti svazku. Desorpční otisky byly vytvořeny akumulací mnoha pulzů fokusovaného 800eV záření zařízením LCLS, které bylo zeslabeno pod úroveň ablační prahu PMMA. Pro různé pozice v okolí ohniska jsme tak otiskli informaci o příčném profilu intenzity a tedy i velikosti elektrického pole (obr. 14(a)) do povrchu tohoto organického polymeru. Ačkoliv se zdá, že tato informace je jediná, kterou lze z otisků získat, opak je pravdou. Ve Fresnelově aproximaci málo divergujících (paraxiálních) svazků lze šíření elektrického pole popsat takzvaným Fresnelovým difrakčním integrálem. Ten představuje integrální řešení tzv. paraxiální Helmholtzovy rovnice. Fresnelův difrakční integrál říká, že elektrické pole na libovolném místě podél osy svazku lze vyjádřit konvolucí pole v libovolném jiném místě s tzv. paraboloidní vlnou. Lze tedy naprogramovat algoritmus, který aplikuje matematický aparát Fresnelova difrakčního integrálu na měřená vstupní data (obr. 14(a)) a rekonstruuje amplitudu i fázi elektrického pole (obr. 14(b), 14(c)). Algoritmus PhaRe (phase recovery) je schopen najít self-konzistentní, avšak zcela koherentní řešení paraxiální Helmholtzovy rovnice, které je nejbližší naměřeným datům. Reálné laserové svazky však bývají částečně koherentní, a proto je potřeba tento výsledek optimalizovat. Proces



■ **Obr. 14**  
 Výstup fázově-rekonstrukčního kódu PhaRe [20]. (a) Změřené amplitudy elektrického pole, (b), (c) amplituda a fáze rekonstruovaného zcela koherentního pole, (d), (e) rekonstruovaná amplituda komplexního stupně koherence a fit astigmatického gaussovského Schellova modelu, (f) amplituda elektrického pole optimalizovaného na částečnou koherenci.



**Obr. 15** Difúzní rozptyl rentgenového záření na krystalu PMN v rovině reciprokého prostoru  $(0\ 0\ 0,25a^*)$  [21]. (a) Data naměřená pro energii fotonů 18,500 keV. (b) Anomální část difúzního rozptylu získaná jako rozdíl intenzit naměřených pro energie fotonů 18,500 keV a 18,971 keV.  $a^* = 2\pi/a$ , kde  $a = 0,405$  nm je mřížový parametr PMN.

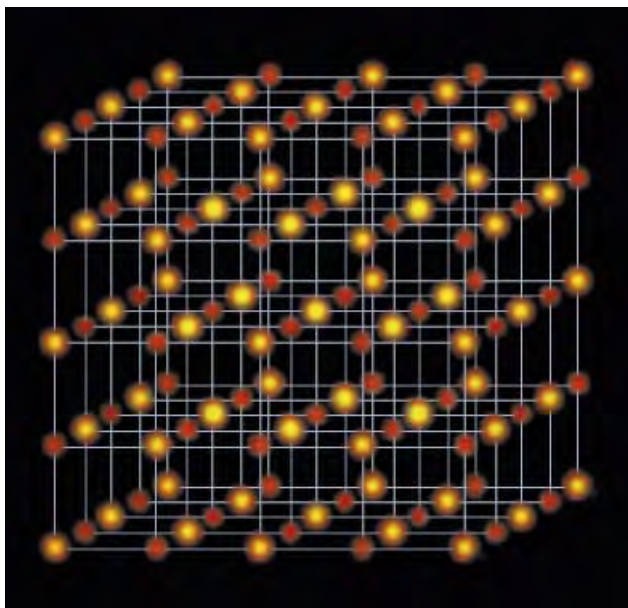
optimalizace přihlížející k částečné koherenci využívá tzv. Schellova modelu, který tuto náročnou úlohu významně zjednodušuje. Výsledkem je velikost komplexního stupně koherence (obr. 14(d)) a fit tzv. astigmatického gaussovského Schellova modelu (obr. 14(e)). Máme-li k dispozici zcela koherentní verzi pole (obr. 14(b), 14(c)) a informaci o koherenci (obr. 14(e)), lze zpětně získat amplitudu elektrického pole optimalizovaného na částečnou koherenci (obr. 14(f)). Naměřená data na obr. 14(a) a numerický výsledek na obr. 14(f) jsou ve velmi dobré shodě. Výhodou numerického výsledku však je, že ho lze nechat „numericky šířit“ do libovolné jiné pozice podél osy svazku.

Výstupem procedury optimalizace na částečnou koherenci je také stupeň koherence, který na škále od 0% do 100% popisuje, jak moc je svazek (ne)koherentní. Hodnota 0% odpovídá zcela nekoherentnímu a 100% naopak zcela koherentnímu svazku. Výsledek této práce je překvapivý v tom, že v horizontálním směru činí hodnota stupně koherence 84%, zatímco ve vertikálním směru 38%. Hodnoty by však měly být velmi podobné, což také plyne z numerických simulací svazku zařízení LCLS. V těchto simulacích však není zahrnut vliv monochromátoru, který jsme při tomto experimentu používali a který, jak se zdá, je schopen výrazně ovlivnit koherenční vlastnosti FEL svazku ve směru své disperze (vertikální směr). Vysvětlení tkví v nízké spektrální (časové) koherenci FEL svazků, která je důsledkem náhodné podstaty procesu samozesílené spontánní emise (SASE – self-amplified spontaneous emission) probíhajícího v undulátoru laseru. Proces monochromatizace

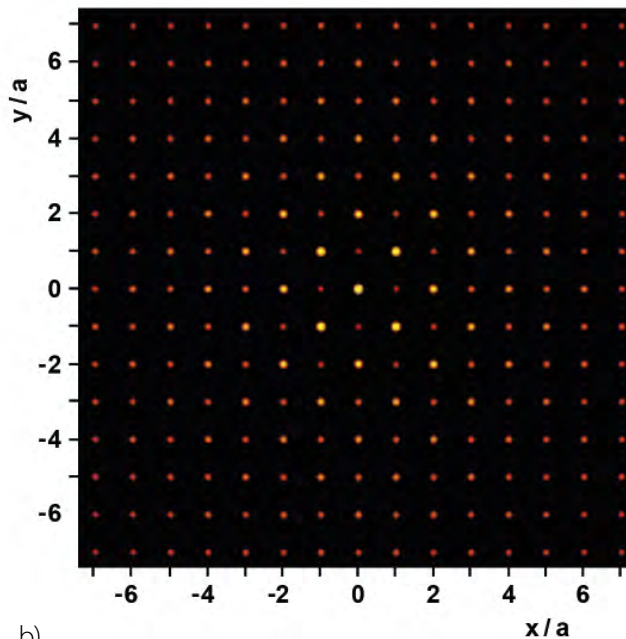
je schopen smístit relativně vysokou příčnou prostorovou koherenci s velmi nízkou spektrální koherencí svazku. Výsledkem je anizotropie a snížení stupně koherence.

## ■ Rekonstrukce lokálního uspořádání atomů z anomálního rozptylu rentgenového záření

Určování struktury materiálů s periodickým uspořádáním atomů na dlouhou vzdálenost metodou rentgenové difrakce je dnes již na takové úrovni, že umíme například přesně určit polohy tisíců atomů v krystalech organických makromolekul. Avšak výzkum neperiodických struktur na této úrovni zdaleka není. Přitom jsou to právě lokální odchylky od periodického uspořádání atomů v krystalech, které jsou často zodpovědné za unikátní fyzikální či chemické vlastnosti řady materiálů. Proto je v oddělení radiční a chemické fyziky ve spolupráci s oddělením dielektrik a laboratoří Rotan vyvíjena metoda MADS (multi-energy anomalous diffuse scattering), která dosud jako jediná umožňuje 3D zobrazení okolí atomů vybraného prvku až do vzdálenosti několika nanometrů. Metoda MADS využívá anomálního rozptylu rentgenového záření na atomech vybraného prvku při energiích fotonů blízkých se energii absorpční hrany. Měření intenzit anomál-



a)



b)

■ **Obr. 16** Reálný obraz průměrného okolí atomů niobu [21]. (a) 3D obraz nejbližšího okolí atomů niobu. (b) Rovina atomů rovnoběžná s krystalografickou rovinou (001) v  $z = 0$ . Barva odpovídá pravděpodobnosti výskytu atomů niobu a hořčičku v dané poloze, žlutá – výskyt niobu s pravděpodobností 1, červená – výskyt hořčičku s pravděpodobností 1. Pro přehlednost jsou vynechány atomy olova a kyslíku. Souřadnicový systém je vztažen k referenčnímu atomu niobu.

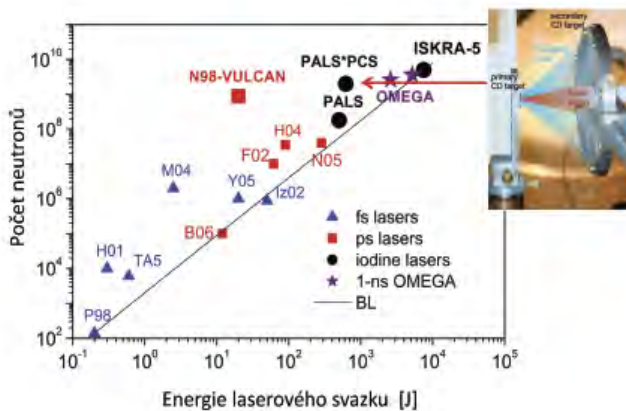
ního rozptylu ve velkém objemu reciprokého prostoru umožňuje numerickou rekonstrukci reálného prostoru pomocí Fourierovy transformace, podobně jako je tomu při standardní rentgenové difrakci.

Metoda anomálního rozptylu byla využita k určení lokálního uspořádání kationtů  $Mg^{2+}$  a  $Nb^{5+}$ , které přispívá k unikátním vlastnostem ferroelektrického relaxoru  $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$  (PMN) [21]. Přestože existuje nenulová korelace mezi obsazováním atomárních poloh kationty hořčičku a niobu i při vzdálenostech větších než 5 nm, bylo na rozdíl od předchozích prací založených na jiných experimentálních metodách zjištěno, že střední korelační vzdálenost se nachází v subnanometrové oblasti. Zároveň byl prokázán izotropní charakter chemického uspořádání kationtů.

## ■ Laserem generované plazma jako zdroj megaelektronvoltových deutronů

Plazma generované nanosekundovými či pikosekundovými lasery je schopno emitovat ionty všech známých prvků, a to s energiemi několika set keV na nukleon. Dopadne-li například svazek deutronů na vhodný sekundární terč, mohou proběhnout nejrůznější fúzní reakce,

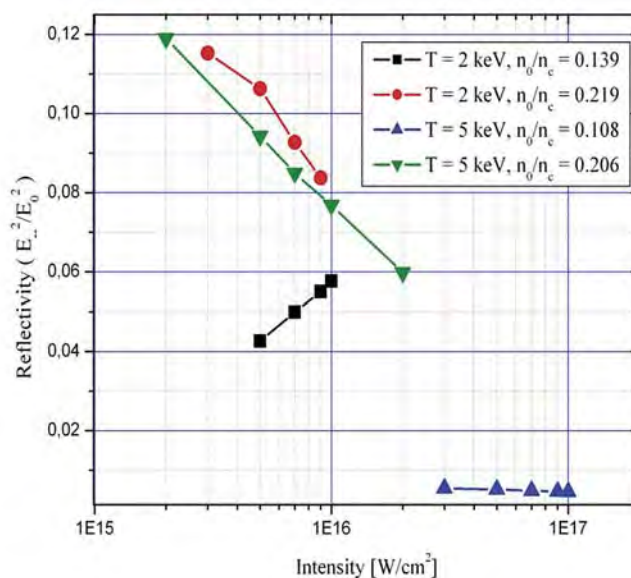
jejímiž produkty mohou být i fúzní neutrony. V Badatelském centru PALS jsme ozářili terčičky z deuterovaného polyethylenu a získali tak svazek deutronů, který jsme nechali dopadnout na sekundární terč ve tvaru fólie, která byla připravena z téhož materiálu. Výsledkem interakce byla fúze deutronů s následnou generací neutronů s energiemi kolem 2,45 MeV. Jejich počet dosáhl významné hodnoty, a sice  $2 \times 10^9$  neutronů na výstřel. Tento neutronový zisk dosažený s energií laseru cca 600 J je dobře srovnatelný s výtěžkem neutronů, který byl dosažen s podobným laserovým systémem Iskra IV, ovšem s energií laserového svazku  $\sim 9000$  J, viz obr. 17 [22].



■ **Obr. 17** Počet neutronů generovaných během fúze deutronů v závislosti na energii laserového svazku ozářujícího deuterovaný polyethylen a fotografie sekundárního terčičku.

## Modelování stimulovaného Ramanova rozptylu při rázovém zapálení termojaderné fúze

V současnosti vědecká komunita stále pracuje na hledání relativně čistého a levného zdroje energie. Jednou z takových možností je i inerciálně udržovaná fúze, kde vysoce intenzivní laserový impuls stlačí palivový terč do velmi vysoké hustoty a ohřátím na velmi vysokou teplotu dojde k zapálení termojaderné fúze. Ať už se jedná o přímo či nepřímo řízenou fúzi, problémem zůstávají relativně dlouhé oblasti podkritického plazmatu, kde může docházet k rozptylu dopadajícího laserového impulsu, čímž je odnášena část jeho energie, která je potřeba pro úspěšné zapálení. V naší práci jsme se zaměřili na studium stimulovaného Ramanova rozptylu za podmínek relevantních rázovému zapálení termojaderné fúze. Zajímala nás zejména závislost Ramanovy reflektivity na intenzitě laserového impulsu a teplotě a koncentraci plazmatu. Za tímto účelem jsme sestavili kinetický počítačový model popisující plazma pomocí Vlasovy rovnice pro elektronovou rozdělovací funkci s Fokker-Planckovým srážkovým členem a plné sady Maxwellových rovnic, přičemž jsme se vzhledem k výpočetní náročnosti modelu omezili zatím na jeden rozměr ve směru šíření laserového impulsu. Přidání srážkového členu umožnilo detailní studium procesu Ramanovy nestability v závislosti na převládajících srážkových či bezsrážkových procesech způsobených zachycením elektronů v elektronové plazmové vlně vznikající při Ramanově rozptylu. Elektron-iontové srážky jsou totiž jedním z fyzikálních mechanismů, které omezují formování struktur zachycených částic ve fázovém prostoru. Další možností omezení zachycování elektronů je vytvoření složitější potenciálové struktury současnou přítomností více vlnových módů. Zachycené elektrony pak mohou přeskokovat z jednoho módu do druhého, což vede k „porývům“ růstu nestability. Výsledky simulací jsou shrnuty na obr. 18 [23]. V oblastech s vyšší koncentrací (červeně a zeleně označená data) dominují srážkové procesy a růst Ramanovy nestability je částečně srážkově tlumen, přičemž tlumení bezsrážkovými procesy je vzhledem k vysoké fázové rychlosti plazmové vlny malé. Proto zde byla zaznamenána vyšší reflektivita, která ovšem s rostoucí intenzitou klesala díky vyššímu růstu Ramanovy nestability (výsledně vyšší amplitudě plazmové vlny) a tudíž i zvýšenému vlivu nelineární interakce „vlna-částice“. Naopak v téměř bezsrážkovém případě ve vnějších oblastech plazmové koróny byla

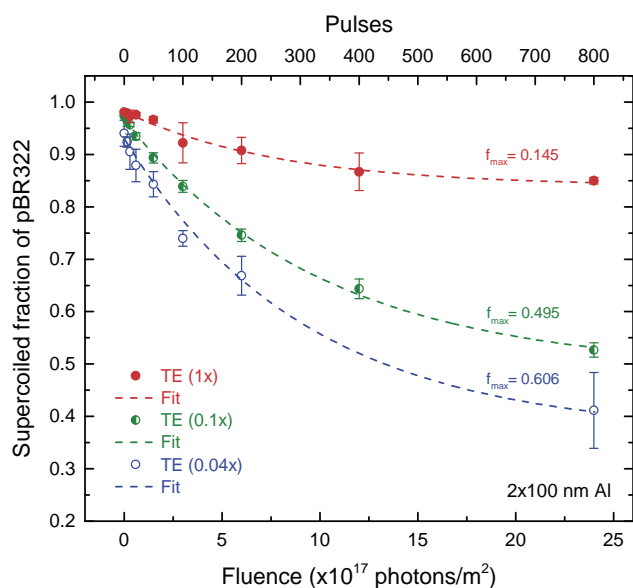


■ Obr. 18 Závislost reflektivity na laserové intenzitě pro fúzní plazma s různými charakteristikami [23].

nalezena výrazně nižší reflektivita, která v případě velmi silné nelineární interakce „vlna-částice“ (vysoké vlnové číslo elektronové plazmové vlny) se s intenzitou neměnila (modře značená data) a v případě nižšího vlnového čísla plazmové vlny (černě značená data) a tudíž slabší interakce rostla. Lze tedy shrnout, že velikost oblasti fázového prostoru a množství ve vlně zachycených elektronů ovlivňuje chování Ramanovy nestability mnohem významněji než srážkové tlumící procesy.

## (Bio)molekulární chirurgie s extrémním ultrafialovým a měkkým rentgenovým zářením

V současné době je studován vliv vlastností intenzivního elektromagnetického záření s vysokým přenosem energie na modely biologických struktur jako buněčné membrány a nukleová kyselina (DNA). Extrémní ultrafialové (EUV) a měkké rentgenové záření (SXR) interaguje s látkovým prostředím výhradně vlivem fotoelektrického jevu. Absorpční délka v takovémto oboru spektra je především ovlivněna atomárním složením a hustotou zkoumaného materiálu a dosahuje řádu desítek až stovek nanometrů. Vývoj výkonových laserů a jimi poháněných plazmových zdrojů umožnil provádět ozařovací experimenty ve spektrálním oboru známém jako „vodní okno“, tj. v oblasti vlnových délek 2,3–4,4 nm, tedy mezi absorpčními K hranami kyslíku (532 eV) a uhlíku (283 eV). V něm je záření



■ **Obr. 19** Úbytek formy superhelikální formy plazmidové DNA v závislosti na počtu fotonů na m<sup>2</sup> XUV laseru s kapilárním výbojem v argonu (46,9 nm) pro různá složení ozařované vrstvy (stechiometrické složení pufru a DNA) [24]. Parametr  $f$  vyjadřuje podíl prozáření tenké vrstvy DNA.

přednostně absorbováno uhlíkem bohatými biomolekulami, zatímco je obklopující voda toto záření velmi dobře propouští. Toho lze využít nejen pro zvýšení kontrastu při zobrazování biologických struktur, ale též při odhalování rozdílu mezi přímými a nepřímými účinky ionizujícího záření na biomolekuly a z nich vytvořené struktury (DNA, fosfolipidové membrány, proteiny apod.) ozařované v jejich přirozeném, tedy vodním prostředí.

Z pohledu teorie stop (track theory) lze na interakci XUV/SXR záření s látkovým prostředím nahlížet takto: jediný interagující foton může lokálně předat tolik energie, kolik odpovídá specifickým strukturám stopy a tím tak lze simulovat účinek přímo ionizujícího záření (nabitých částic). Energie předaná lokálně do okolního prostředí menší než 100 eV odpovídá tzv. spurám, makrospury označované jako tzv. blosy, tedy útvary s větším počtem ionizovaných a excitovaných stavů vznikají při předání energie 100–500 eV a pokud je energie ještě vyšší (0,5–5 keV), vytvářejí se tzv. krátké stopy (short tracks). Krátké, resp. ultrakrátké EUV/SXR laserové impulzy dodávají energii na časových škálách, jež mohou být použity v experimentech typu pump-and-probe k objasnění rychlých prvotních procesů, jimiž biomolekuly reagují na ozáření. Vysoký špičkový jas a dobrá fokusovatelnost svazků těchto zdrojů navíc umožňuje dosahovat velmi vysokých dávkových příkonů, při nichž je možno studovat efekty překryvu sousedních stop (spur/track overlap effects).

Zkoumán byl především přímý účinek extrémního UV záření (46,9 nm) na tvorbu jednoduchých a dvojných zlozů plazmidové DNA (pBR322) [24] jako modelové struktury nukleové kyseliny, např. viz obr. 19. Pomocí účinku enzymů restričních endonukleáz na ozářenou DNA byla získána dodatečná informace o fotoindukovaném poškození purinových a pyrimidinových bází. Umístěním hliníkových filtrů o různých tloušťkách do svazku fotonů lze měnit energii dodávanou v pulzu a tak sledovat vliv dávky a dávkového příkonu záření na poškození DNA.

Expozicí DNA zářením ve spektrální oblasti vodního okna a filtrování spektra tenkou vrstvou titanu lze studovat vliv konstituentů nukleových kyselin (uhlíku a kyslíku) na tvorbu jejího poškození. První experimenty byly provedeny v Ústavu optoelektroniky WAT ve Varšavě, kde bylo záření horkého hustého plazmatu extrahováno z vakuové komory do cely protékané heliem a bylo tak umožněno ozařování DNA přímo ve vodním prostředí [25]. Tak lze studovat odděleně vliv přímého a nepřímého účinku ionizujících elektromagnetického záření v SXR spektrální oblasti.

## Literatura

- [1] O. Novák a kol., Status of the high average power diode-pumped solid state laser development at HiLASE, *Appl. Sci.* 5 (2015) 637–665.
- [2] M. Smrž a kol., Amplification of picosecond pulses to 100 W by an Yb:YAG thin disk with CVBG compressor, *Proc. SPIE* 9513 (2015) 951304.
- [3] H. Turčičová a kol., Picosecond pulses in deep ultraviolet produced by a 100 kHz solid-state thin disk laser, *Proc. SPIE* 9513 (2015) 95130V.
- [4] O. Novák a kol., Continuous-wave seeded mid-IR parametric system pumped by the high-average-power picosecond Yb:YAG thin-disk laser, *Proc. SPIE* 9503 (2015) 95030W.
- [5] T. Wakayama a kol., Generation of radially polarized high energy mid-infrared optical vortex by use of a passive axially symmetric ZnSe waveplate, *Appl. Phys. Lett.* 107 (2015) 081112.
- [6] H. Hara a kol., Numerical evaluation of a 13.5-nm high-brightness microplasma extreme ultraviolet source, *J. Appl. Phys.* 118 (2015) 193301.
- [7] Patent CZ 305 256, Zařízení pro jednokrokové měření parametru kvality M2 laserového svazku (2015).
- [8] Užiténý vzor CZ 29 111 U1, Zařízení pro měření deformace optických tenkých disků (2015).

- [9] O. Slezák a kol., Wavelength dependence of magneto-optic properties of terbium gallium garnet ceramics, *Opt. Expr.* 23 (2015) 13641.
- [10] O. Slezák a kol., Thermally induced depolarization in terbium gallium garnet ceramics rod with natural convection cooling, *J. Optics* 17 (2015) 065610.
- [11] V. Jambunathan a kol., Spectroscopic and lasing characteristics of Yb:YAG ceramic at cryogenic temperatures, *Opt. Mat. Expr.* 5 (2015) 1289.
- [12] P. Crump a kol., Joule-class 940-nm diode laser bars for millisecond pulse applications, *IEEE Phot. Tech. Lett.* 27 (2015) 1663.
- [13] V. Jambunathan a kol., Efficient laser performance of a cryogenic Yb:YAG laser pumped by fiber coupled 940 and 969 nm laser diodes, *Las. Phys. Lett.* 12 (2015) 015002.
- [14] J. M. Serres a kol., Graphene Q-switched compact Yb:YAG laser, *IEEE Phot. J* 7 (2015) 1503307.
- [15] M. Divoký a kol., 1-J operation of monolithic composite ceramics with Yb:YAG thin layers: multi-TRAM at 10-Hz repetition rate and prospects for 100-Hz operation, *Opt. Lett.* 40 (2015) 855.
- [16] N. M. Bulgakova a kol., How to optimize ultrashort pulse laser interaction with glass surfaces in cutting regimes, *Appl. Surf. Sci.* 336 (2015) 364.
- [17] N. M. Bulgakova a kol., Modification of transparent materials with ultrashort laser pulses: What is energetically and mechanically meaningful?, *J. Appl. Phys.* 118 (2015) 233108.
- [18] L. Gemini a kol., Periodic surface structures on titanium self-organized upon double femtosecond pulse exposures, *Appl. Surf. Sci.* 336 (2015) 349.
- [19] Y. Levy a kol., Relaxation dynamics of femtosecond-laser-induced temperature modulation on the surfaces of metals and semiconductors, *Appl. Surf. Sci.* (2015), doi:10.1016/j.apsusc.2015.10.159.
- [20] J. Chalupský a kol., Imprinting a focused X-ray laser beam to measure its full spatial characteristics, *Phys. Rev. Appl.* 4 (2015) 014004.
- [21] M. Kopecký a kol., Nanometer-range atomic order directly recovered from resonant diffuse scattering, *Phys. Rev. B* 93 (2016) 054202.
- [22] D. Klír a kol., Efficient neutron production from sub-nanosecond laser pulse accelerating deuterons on target front side, *Phys. Plasmas* 22 (2015) 093117.
- [23] M. Mašek, K. Rohlena, Intensity dependence of non-linear kinetic behaviour of stimulated Raman scattering in fusion relevant plasmas, *Eur. Phys. J. D* 69 (2015) 109.
- [24] E. Nováková a kol., Breaking DNA strands by extreme-ultraviolet laser pulses in vacuum, *Phys. Rev. E* 91 (2015) 042718.
- [25] D. Adjei a kol., Development of a compact laser-produced plasma soft X-ray source for radiobiology experiments, *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B* 364 (2015) 27.





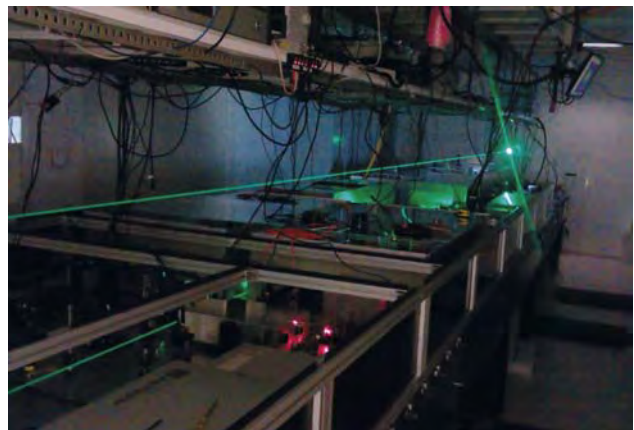
# Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2015

Činnost Sekce 9 je těsně spjata s projektem mezinárodního laserového výzkumného centra ELI Beamlines. Bezprostředním úkolem sekce je vybudování infrastruktury ELI Beamlines a zprovoznění jednotlivých laserových systémů a experimentálních stanic pro jak interní, tak zejména externí uživatele. Odborná činnost sekce je zaměřena na vývoj a technologie femtosekundových pulsních výkonových laserových systémů nové generace a na experimentální výzkumné programy interakce extrémně intenzivních laserových pulsů s hmotou. Důležitým cílem těchto aktivit, rozvíjených ve spolupráci s předními světovými pracovišti z Evropy, USA a Dálného východu, je rovněž vybudování široké odborné základny pro budoucí provoz centra ELI Beamlines. To umožní tuzemskému výzkumu efektivně využívat výzkumný potenciál centra pro získávání špičkových výsledků.

Vývoj laserů se opírá o aplikace kvantové elektroniky, nelineární optiky a nestacionární (femtosekundové a subpikosekundové) optiky. Jednou z klíčových technologií centra ELI Beamlines jsou lasery využívající aktivní prostředí buzené laserovými diodami a kvazivolumetrický odvod zbytkové tepelné energie z aktivního prostředí (tenké disky, segmentované struktury



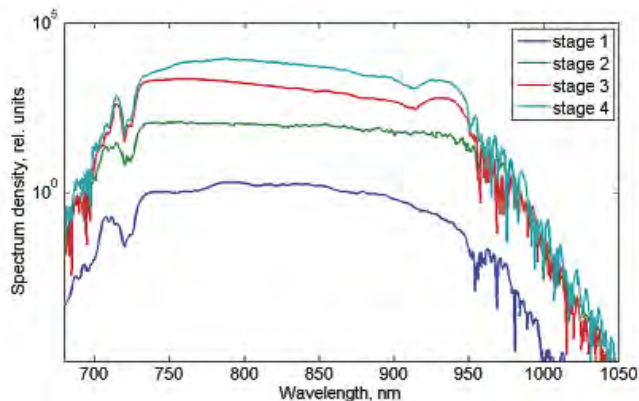
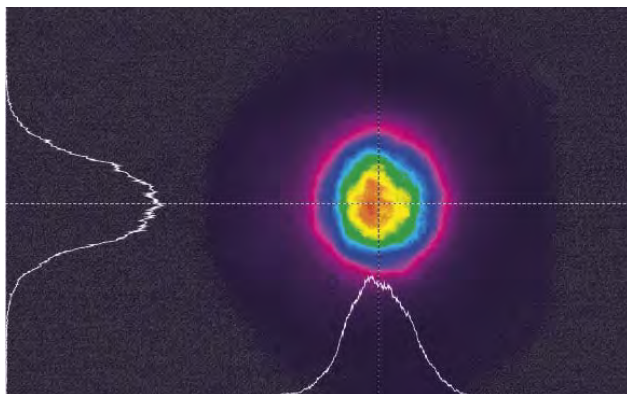
■ Obr. 1 Pohled na vstupní prostor před budovou ELI Beamlines v Dolních Břežanech



■ Obr.2 Svazek druhé harmonické frekvence (vlnová délka 515 nm) čerpacího tenkodiskového laseru systému L1 ve vývojové laboratoři. Čerpací laser poskytuje pikosekundové pulsy s opakovací frekvencí 1 kHz a při volném šíření tohoto svazku ve vzduchu dochází, jak je ze snímku patrné, k jeho samofokusaci.

využívající čelní chlazení He plynem nebo tekutinou). Tyto nové vysoce progresivní technologie umožní generaci multi-TW femtosekundových pulsů s opakovací frekvencí kHz, petawattových femtosekundových pulsů s opakovací frekvencí 10 Hz a generaci desetipetawattových pulsů třídy kJ s četností výstřelů nejméně 1krát za minutu.

Odborné činnosti Sekce 9 ve fyzice interakce intenzivního laserového záření s hmotou zahrnují fyziku „klasického“ i relativistického laserového plazmatu, fyziku atomárních procesů pro generaci sekundárního rentgenového gama záření, fyziku kolektivních procesů v plazmatu včetně urychlování nabitých částic laserem (generace elektronů s energií 10 GeV a vyšší, generace urychlených protonů s energiemi GeV a vyššími), fyziku extrémně intenzivních polí, QED, atd. Důležitými jsou rovněž připravované aplikace sekundárních zdrojů rentgenového záření a nabitých částic v materiálovém výzkumu a biomedicíně, např. vývoj technologií kompaktní protonové terapie.



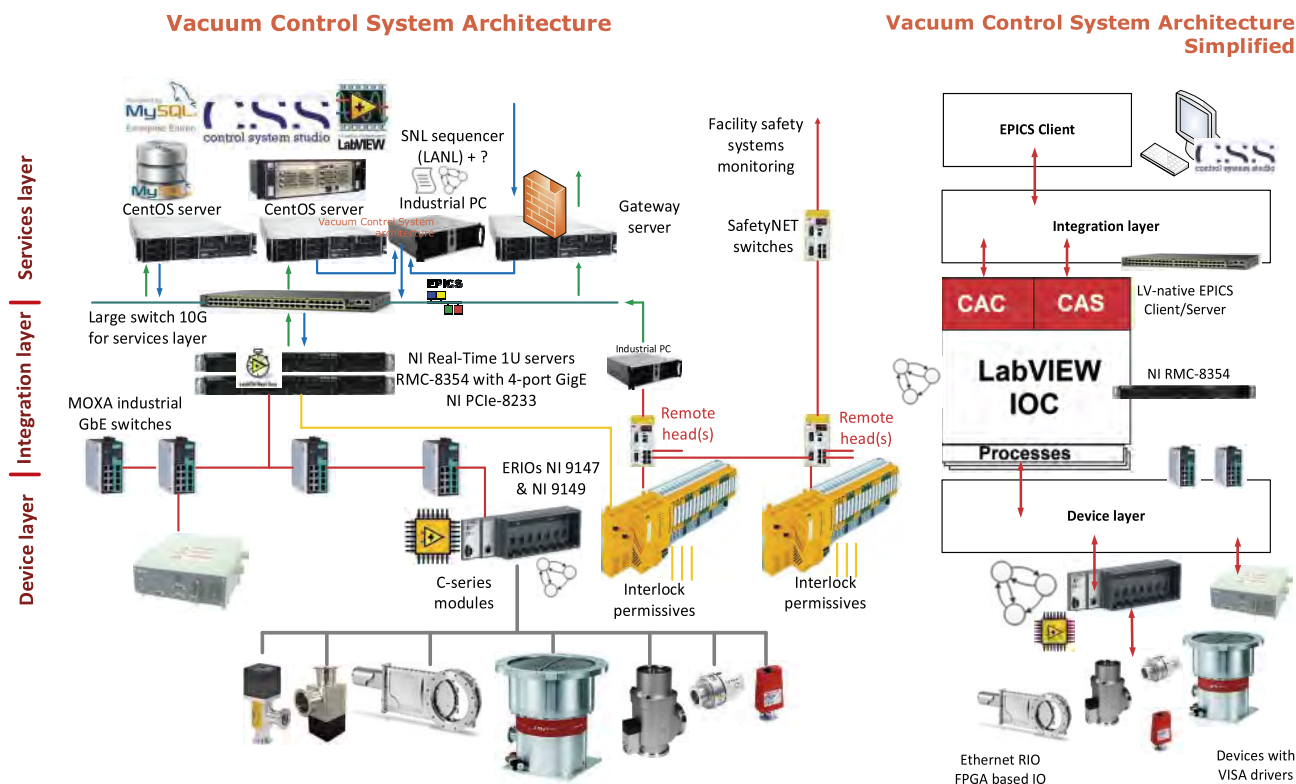
**Obr. 3** *Prostorový profil femtosekundového výstupního svazku prvního stupně laserového systému L1 (nahore) a zesílené optické spektrum o pološifce >200 nm (dole).*

## Vývoj laserů pro centrum ELI Beamlines

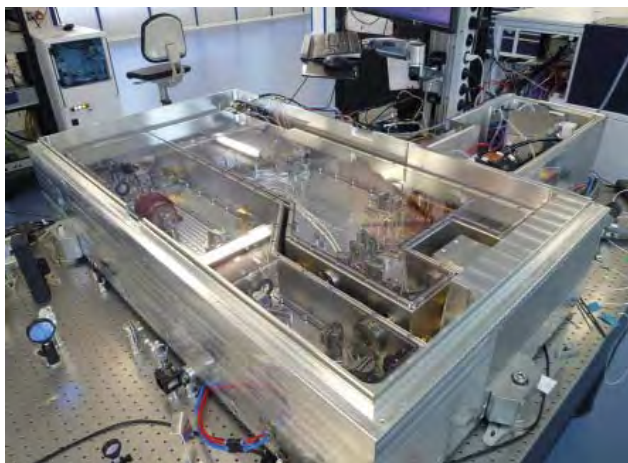
V roce 2015 byly zkompletovány a úspěšně zprovozněny první velké subsystemy laserových řetězců, které jsou oddělením 91 budovány pro mezinárodní výzkumné centrum ELI Beamlines. Nejdůležitějšími milníky v tomto směru z hlediska vývoje nových laserových technologií bylo kompletní zprovoznění první části laseru L1,

kteřá je tak připravena k instalaci v centru ELI Beamlines, a zprovoznění čerpacího laseru pro systém L3 s parametry překonávajícími projektované hodnoty. Kromě toho pokračoval vývoj instrumentálních a diagnostických technologií pro laserové řetězce centra ELI Beamlines a dále vývoj a budování kompresorů laserových pulsů pro systémy L1, L3 a L4.

V prosinci 2015 byla dokončena stavba první části femtosekundového laserového řetězce L1, který je jako celek kompletně budován oddělením 91 od roku 2011.



**Obr. 4** *Architektura řídicího a zabezpečovacího systému vakuového kompresoru pulsů laserového systému L1. Relativní složitost systému, který využívá komerčně dostupné komponenty, je dána mimo jiné potřebou plné automatizace provozu laseru, vysokým průměrným výkonem (100 mJ/1 kHz) a potřebou přístrojové ochrany v případě selhání některé komponenty.*



■ **Obr 5** Čerpací laser na bázi diodově buzeného regenerativního tenkodiskového zesilovače pro systém L1, realizovaný firmou Trumpf. Laser poskytuje 230 mJ s opakovací frekvencí 1 kHz na vlnové délce 1030 nm v pulsech komprimovatelných na 1,5 ps.

Laser L1 poskytuje ultrakrátké pulsy o délce 15–20 fs s opakovací frekvencí 1 kHz a v centru ELI Beamlines bude sloužit především ke generaci vysokorepetičních zdrojů rentgenového záření pro materiálové, molekulární a biomolekulární aplikace. Hlavními částmi systému L1 jsou čerpací jednotky na bázi tenkodiskových laserů a řetězec širokopásmových parametrických zesilovačů na bázi OPCPA (*Optical parametric Chirped Pulse Amplification*), využívajících krystaly BBO (barium triborát) a LBO (lithium tetraborát). Obr. 2 ukazuje vývojovou laboratoř systému

L1 při zkouškách účinnosti čerpacích tenkodiskových jednotek v pikosekundovém režimu pulsů.

Obr. 3 znázorňuje prostorový profil výstupního svazku prvního stupně (tzv. front end) systému L1. Stupeň poskytuje pulsy s energií 11 mJ o délce cca 20 fs, s projektovanou repeticí 1 kHz. Tento subsystém laseru L1 je připraven k osazení do centra ELI Beamlines a bude sloužit k prvním experimentům zaměřeným na generaci sekundárních zdrojů rentgenového záření.

Vývoj laseru L1 zahrnuje mimo jiné vývoj komplexního řídicího a diagnostického systému pro zajištění maximální automatizace chodu laseru a rovněž zajištění jeho strojové bezpečnosti. Obr. 4 znázorňuje architekturu tohoto systému. Komponenty a subsystémy řízení a automatizace vyvinuté FZÚ a odzkoušené na laseru L1 jsou následně duplikovány v laserových systémech L2, L3 a L4.

Kromě dokončené části prvního segmentu (front end) laseru L1 pokračovaly v roce 2015 práce na návazné výkonové části celého řetězce. Obr. 5 ukazuje dokončenou jednotku čerpacího laseru, která bude jedním z budících systémů kaskády výkonových širokopásmových zesilovačů. Vyobrazený čerpací laser představuje nejvýkonnější tenkodiskovou pulsní jednotku svého druhu na světě.

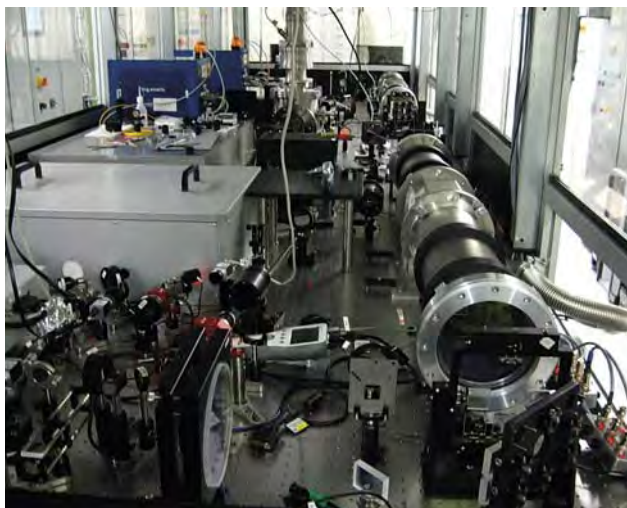
Výkonové laserové pulsy generované tenkodiskovými jednotkami budou komprimovány na délku cca 1,5 ps a poté budou sloužit k buzení nelineárních krystalů při generaci širokopásmových pulsů. Vzhledem k vy-



■ **Obr. 6** Kompresor čerpacích laserů pro výkonovou část systému L1, zkompletovaný v roce 2015. Snímek ukazuje vysunutý optomechanický interiér kompresoru při testování v prostorách centra HiLASE, kde je kompresor dočasně umístěn.

sokému průměrnému výkonu čerpacích laserů (např. výše uvedený regenerativní zesilovač poskytuje 230 W) je nutné kompresi čerpacích pulsů provádět ve vakuu. Obr. 6 ukazuje v roce 2015 realizovaný kompresor čerpacích pulsů.

Druhým laserovým systémem vyvíjeným oddělením 91 je L2, který využívá čerpací laser na bázi Yb: dopovaných YAG monokrystalů a optické keramiky buzených laserovými diodami. V roce 2015 byla dokončena stavba a započato operační testování čerpacího systému 10 J 10 Hz. Obr. 7 ukazuje výkonovou část tohoto systému, sestávající z laserové hlavice, budících diod a transportních teleskopů laserového svazku. Součástí systému je kryogenní jednotka typu Brayton zajišťující He plyn pro chlazení hlavy laserového zesilovače o teplotě cca 150 K. Jednotka byla v období 2013–14 vyvinuta ve spolupráci s tuzemskou firmou Ateko. Jednotka

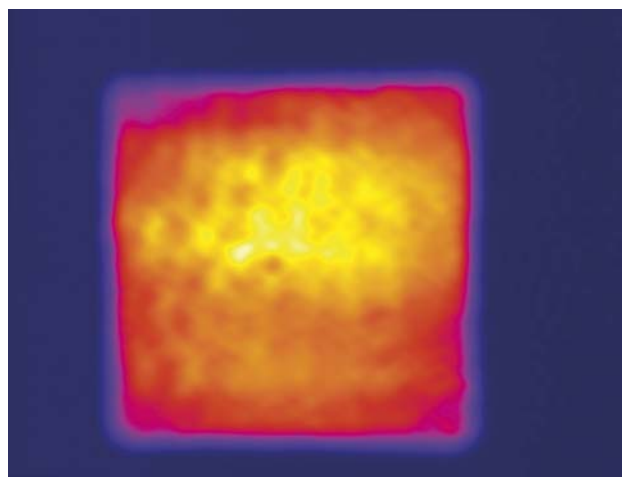


■ **Obr. 7** Výkonová část 10 J / 10 Hz laserového systému pro řetězec L2, testovaný v laboratoři FZÚ Sofia. Systém využívá kryogenní multideskový zesilovač vyvinutý STFC Rutherford Appleton Laboratory (Velká Británie), zbytek systému včetně oscilátoru, čela laserového řetězce a kryogenní chladicí jednotky (teplota cca 150 K) byl navržen a vybudován pracovníky oddělení 91.

s vodou jako primárním chladivem představuje jednu z výrazných inovací oproti systémům se zdroji primárního chladu na bázi kapalného dusíku.

Obr. 8 znázorňuje výstupní svazek 10 J / 10 Hz laserového systému získaný během primárního testování jeho výkonové části na podzim 2015. Systém je v současné době dále vylepšován s cílem zlepšení prostorové homogeneity svazku.

Součástí vývoje systému L2 je vývoj pokročilých laserových materiálů, zejména Yb: dopovaných YAG monokrystalů, realizovaný ve spolupráci s tuzemskou firmou

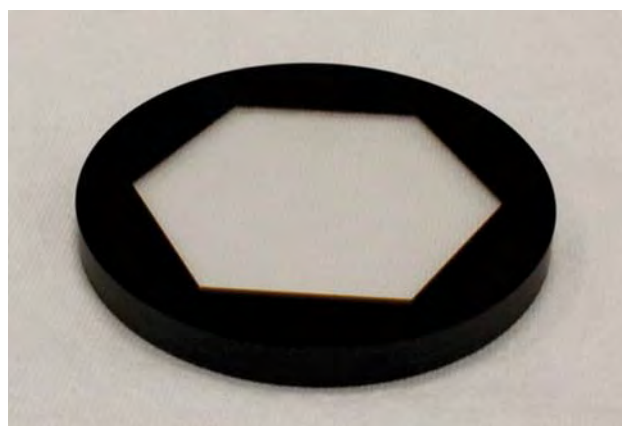


■ **Obr. 8** Laserový svazek na vlnové délce 1030 nm, generovaný 10 J / 10 Hz zesilovačem systému L2 při testech v laboratoři FZÚ Sofia. Velikost svazku je 20x20 mm. Délka generovaných pulsů při testování byla cca 10 ns.

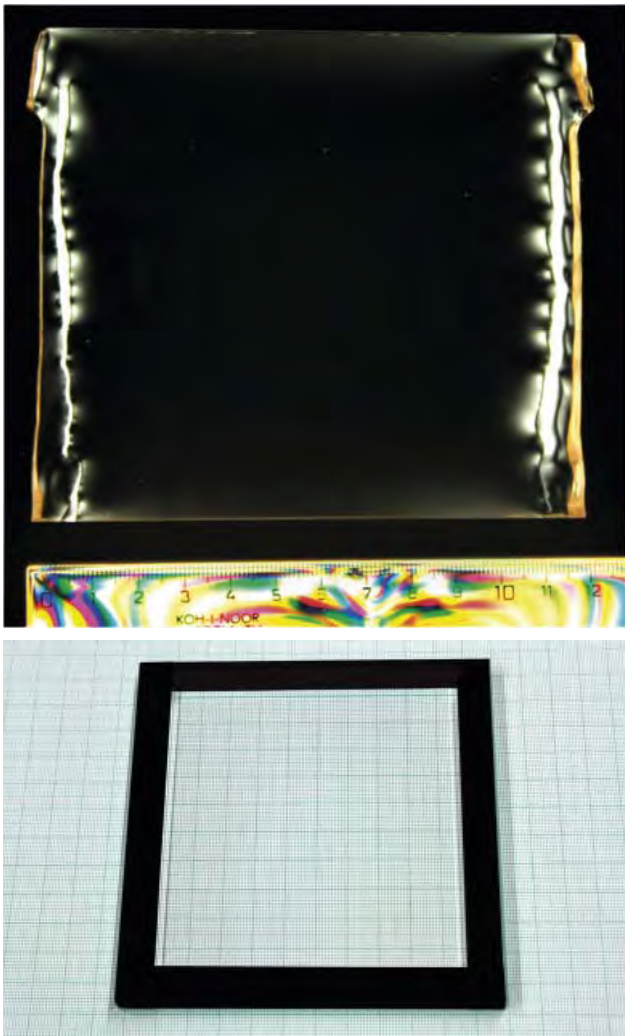
Crytur. Obr. 9 ukazuje snímek monokrystalického Yb:YAG laserového segmentu pro multideskový zesilovač 10 J / 10 Hz. Zesilovač bude osazen těmito segmenty a následně testován v první polovině roku 2016 po ukončení stávajícího testování využívajícího jako aktivního prostředí optickou keramiku.

Obr. 10 ukazuje Yb:YAG monokrystalický segment pro multideskový zesilovač s energií 100 J, realizovaný ve spolupráci FZÚ a fy Crytur. Jde o světově unikátní laserový materiál. Segment bude testován ve spolupráci s projektem HiLASE, který v současné době dokončuje instalaci 100 J laserového systému dodaného STFC Rutherford Appleton Laboratory.

Obr. 11 ukazuje pohled na část laboratoře Sofia, kde je vyvíjen širokospektrální zdroj pro femtosekundovou část



■ **Obr. 9** Yb:YAG krystalový segment (úroveň dopování Yb 2%) pro 10 J zesilovač systému L2, vyvinutý ve spolupráci FZÚ a firmy Crytur. Segment je vybaven obvodovou absorpční obložkou na bázi Cr-dopovaného YAG pro potlačení parazitní laserové generace v příčném směru.

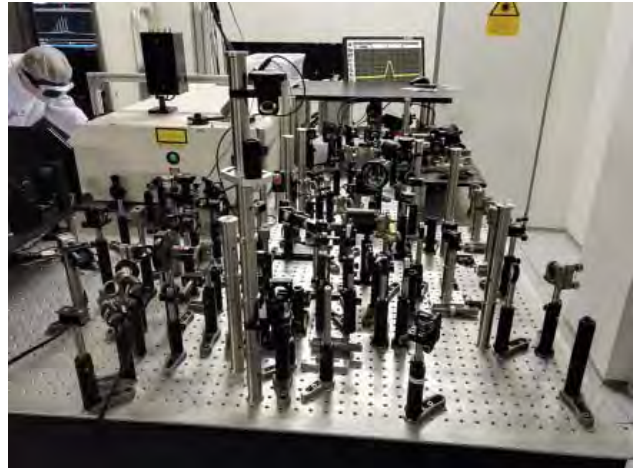


■ **Obr. 10** Yb:YAG deska o rozměrech cca 12x12 cm – výřez z vypěstovaného monokrystalu pro budoucí 100 J zesilovač systému L2 (nahore), výsledek společného vývoje FZÚ a fy Crytur. Optická homogenita desky je patrná ve zkřížených polarizátorech při porovnání s plastovým pravítkem. Snímek dole znázorňuje finální deskový segment 100 J zesilovače s obvodovou absorpční obložkou (tzv. cladding) pro potlačení parazitní laserové generace v příčném směru. Jde o největší monokrystalický Yb:YAG segment na světě.

L2. Tato část bude zahrnovat jednak nanosekundový OPCPA řetězec generující výkonové pulsy na střední vlnové délce 850 nm, jednak přídavný OPCPA řetězec pro generaci sondovacího IR svazku na vlnové délce cca 2,2  $\mu\text{m}$ . Tato "dvoubarevná" kombinace budícího a sondovacího svazku bude po svém dokončení nástrojem pro unikátní experimenty typu *pump-probe*.

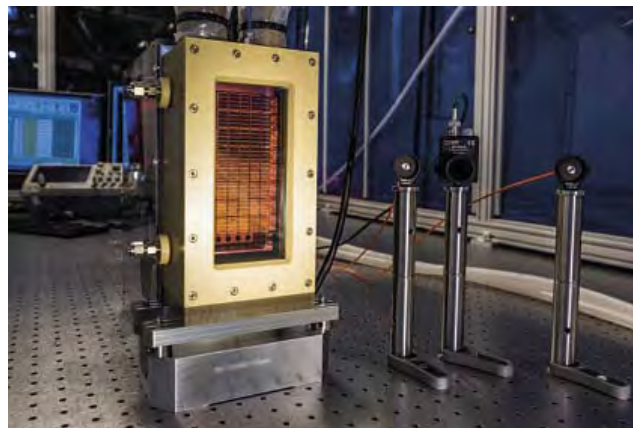
Rok 2015 byl důležitým milníkem při vývoji a stavbě petawattového laserového systému L3, který je budován ve spolupráci FZÚ s Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL). Systém L3-HAPLS (*High Average Po-*

*wer Advanced Petawatt Laser System*) bude prvním laserovým systémem na světě, který bude poskytovat ultrakrátké PW laserové pulsy s opakovací frekvencí 10 Hz - desetkrát více než současné nejvyspělejší laserové systémy - a jehož čerpací jednotka bude založena výhradně na bázi laserových diod, tj. polovodičových technologií, viz obr. 12.



■ **Obr. 11** Vývojový systém generátoru ultra širokopásmového koherentního laserového zdroje, tzv. White Light, v laboratoři FZÚ Sofia. Generátor je vyvíjen pro přídavný (sondovací) svazek systému L2 na vlnové délce 2,2  $\mu\text{m}$ .

V roce 2015 byla úspěšně zprovozněna klíčová část systému L3-HAPLS, kompaktní energetický čerpací laser, který využívá jako aktivní prostředí neodýmem dopované sklo uspořádané v sérii tenkých desek čelně chlazených cirkulujícím heliovým plynem. Při prvotním testová-



■ **Obr. 12** PW blok laserových impulsních diod pro buzení výkonové části čerpacího laseru L3-HAPLS při testování v Lawrence Livermore National Laboratory. Diody generují světelné pulsy o délce přibližně 0,3  $\mu\text{s}$  a poskytují impulsní výkon 800 kW s opakovací frekvencí 10 Hz. Jde o nejvýkonnější dosud na světě zhotovené jednotky impulsních laserových diod.



■ **Obr. 13** Čerpací laser systému L3-HAPLS při testování v Lawrence Livermore National Laboratory. Výkonová část čerpacího laseru, zachycená na snímku v popředí, sestává ze dvou multideskových heliem chlazených zesilovačů. Zesilovače jsou buzeny čtyřmi bloky laserových diod poskytujících celkový impulsní výkon 3,2 MW.

ní v listopadu 2015 (obr. 13) dosáhl čerpací laser energie pulsů 70 J na opakovací frekvenci 3 1/3 Hz ve svazku s vynikající prostorovou kvalitou. Dosažená hodnota středního časového výkonu přesahujícího 200 W je světovým rekordem.

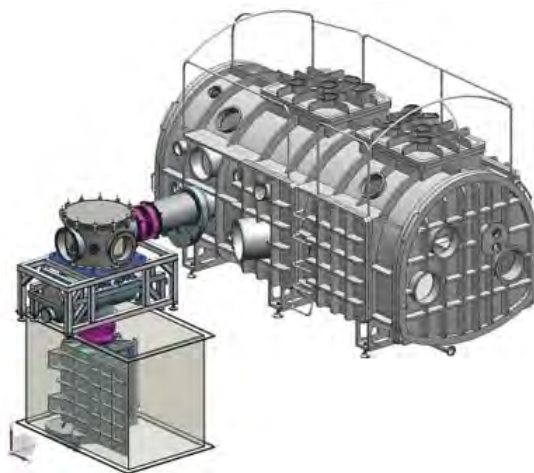
V roce 2015 byly rovněž dokončeny dvě stěžejní aktivity FZÚ na vývoji systému L3-HAPLS: fyzikálně technický návrh kompresoru PW laserových pulsů a diagnostický systém měření časových a prostorových parametrů PW pulsů. Obr. 15 znázorňuje vakuový kompresor PW pulsů, který je tvořen komplexní optickou soustavou zahrnující velkoplošné difrakční mřížky o velikosti 82x34 cm a přibližně 20 zrcadel, umístěnou ve vysoce čistém vakuovém prostředí v komoře o rozměrech cca 5x2x2 m. Součástí



■ **Obr. 14** Testovací laboratoř laserového systému L3-HAPLS v LLNL během provozu čerpacího laseru. Po konverzi základní vlnové délky 1053 nm v krystalech 2. harmonické frekvence poskytuje laser svazek na vlnové délce 527 nm. Rozptýlené záblesky zeleného světla osvětlují testovací laboratoř.

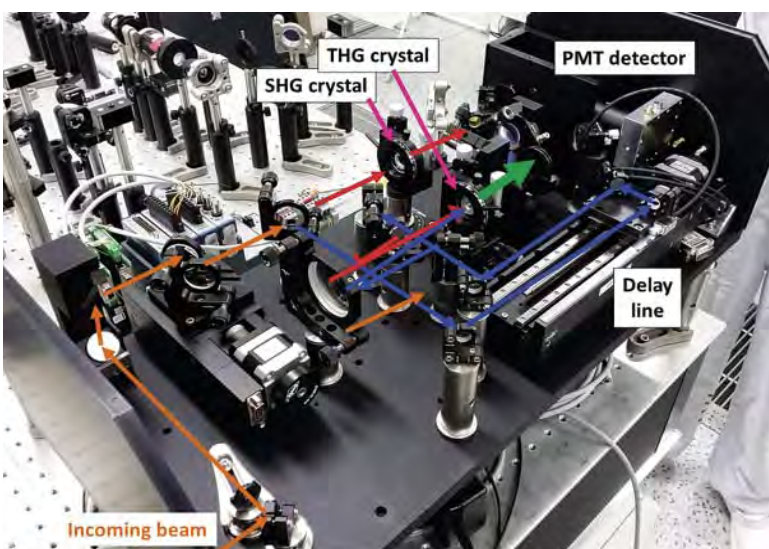
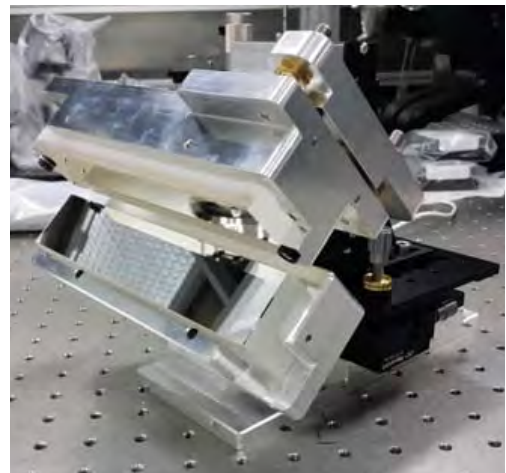
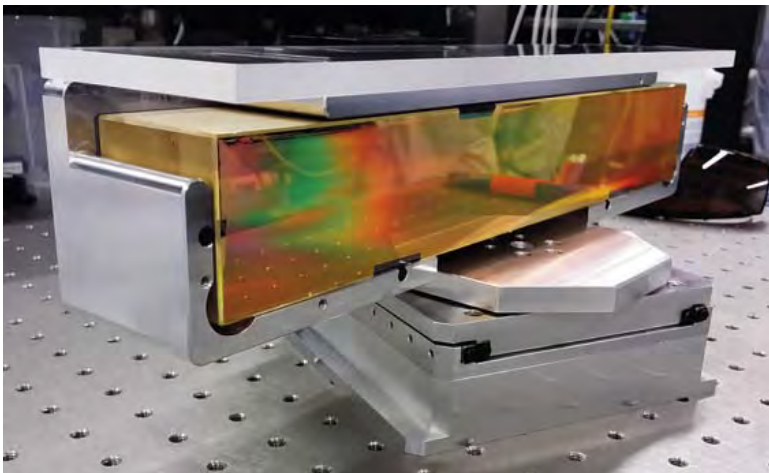
dokončených aktivit v roce 2015 je úspěšně odzkoušený prototyp polohovací jednotky difrakčních mřížek s přesností a stabilitou polohování 1 mikrometr a s úhlovou přesností lepší než 1  $\mu$ rad, realizovaný ve spolupráci s tuzemskou firmou Delong Instruments.

Obr. 16 znázorňuje dva komponenty diagnostické instrumentace pro měření parametrů PW výstupních pulsů, tzv. SPDP (*Short Pulse Diagnostic System*). Diagnostický systém SPDP byl navržen a kompletně vyvinut v FZÚ oddělením 91 včetně elektronického řízení a on-line vyhodnocování. V současné době je systém SPDP integrován v LLNL do laseru L3-HAPLS.



■ **Obr. 15** Navržený kompresor PW pulsů systému L3-HAPLS (nahore) a prototyp ultrapřesné polohovací jednotky difrakční mřížky (dole). Vakuová jednotka kompresoru má délku přesahující 5 m.

V roce 2015 byla dokončena většina koncepčních technických prací na návrhu 10PW laserového systému L4, který bude jedním z klíčových nástrojů základního výzkumu centra ELI Beamlines. Systém, viz obr. 17, bude poskytovat laserové pulsy s energií cca 1,5 kJ a délkou <150 fs. Výkonové pulsy budou generovány v aktivním prostředí tvořeném směsí silikátového a fosfátového



**Specifications:**  
 Dynamic range:  $>10^{10}$  (100 dB),  
 Scanning range: up to 200ps,  
 Required energy:  $>100\mu\text{J}$ ,  
 Repetition rate: Slow, scanning  
 (depends on resolution), Polarization: linear

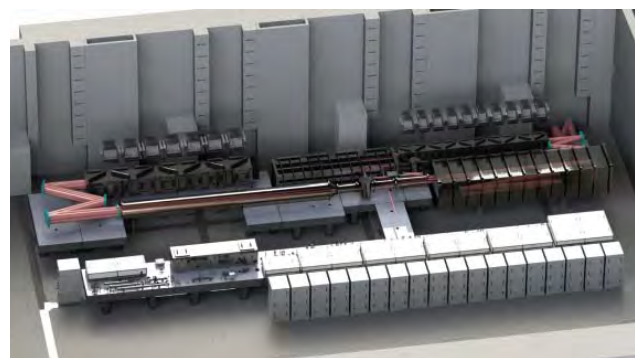
■ **Obr. 16** Komponenty diagnostiky femtosekundových pulsů pro laserový řetězec L3, navržené a vybudované odd. 91. Horní snímky zachycují difrakční mřížku a periskop diagnostického kompresoru pulsů, dolní snímek je autokorelátor 3. řádu pro měření časového kontrastu laserových pulsů s dynamikou prepuls / hlavní puls  $>10^{10}$ .

neodymem dopovaného skla. Systém je realizován ve spolupráci FZÚ s mezinárodním konsorciem National Energetics – EKSPALA a subdodavatelí Schott (Nd: dopované sklo výkonových zesilovačů) a Lawrence Livermore National Laboratory (difrakční mřížky 10 PW kompresoru).

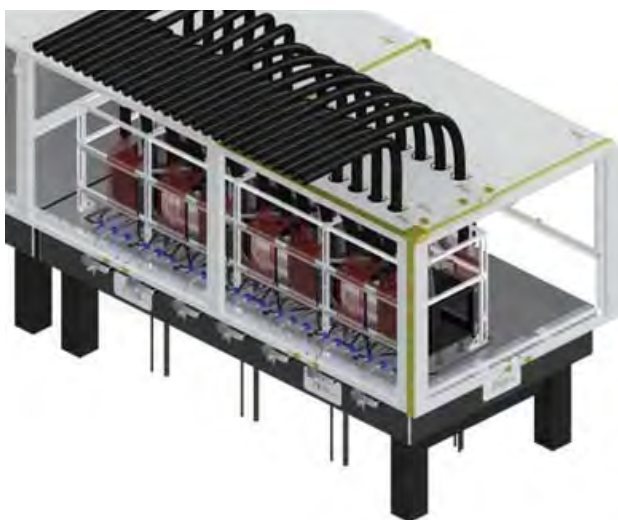
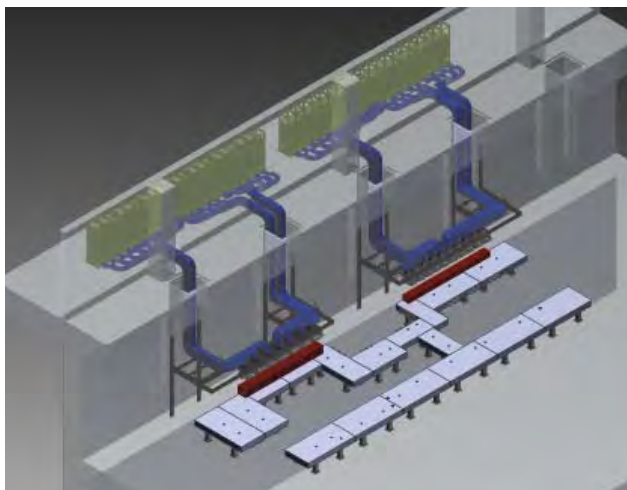
FZÚ se na vývoji systému L4 podílí jednak spolurealizací elektronických řídicích a časovacích systémů, jednak návrhem několika laserových subsystémů. Tyto zahrnují širokopásmový laserový předzesilovač na bázi OPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification), systém frekvenčního rozmítače pulsů (stretcher), uspořádání VN napájecího systému výkonových zesilovačů (obr. 18), elementy optického transportu laserového svazku v systému L4 a zejména kompresor 10PW pulsů.

Obr. 17 znázorňuje koncept kompresoru 10PW pulsů. Kompresor bude umístěn v suterénní hale L4c centra ELI Beamlines a jeho základem budou čtyři velkoplošné difrakční mřížky o velikosti 85×65 cm, přičemž 2. a 3. mřížka budou kombinovány s tzv. fázovaným zrcadlem pro maximalizaci frekvenčního pásma kompresoru. Kompresor

se vyznačuje poměrně jednoduchou optickou strukturou, vyžadující nicméně vysoce přesně vzájemně konfigurované difrakční mřížky a velkoplošná zrcadla. Návrh kompresoru bude dokončen v prvním pololetí roku 2016 a poté bude zahájena jeho výroba zahrnující též prototypování klíčových komponent.



■ **Obr. 17** Inženýrský návrh finální podoby 10PW laserového systému L4. Výstupní laserové pulsy jsou generované kaskádou zesilovačů na bázi Nd: dopovaného skla, buzených pokročilým systémem VN výbojek.



■ **Obr. 18** Uspořádání systému napájení výkonových zesilovačů VN kondenzátory umístěnými v separátním prostoru v 1. patře budovy ELI Beamlines (nahore) a konfigurace finálního laserového zesilovače s optickou aperturou 30x30 cm (dole).

## ■ Experimentální programy Beamlines

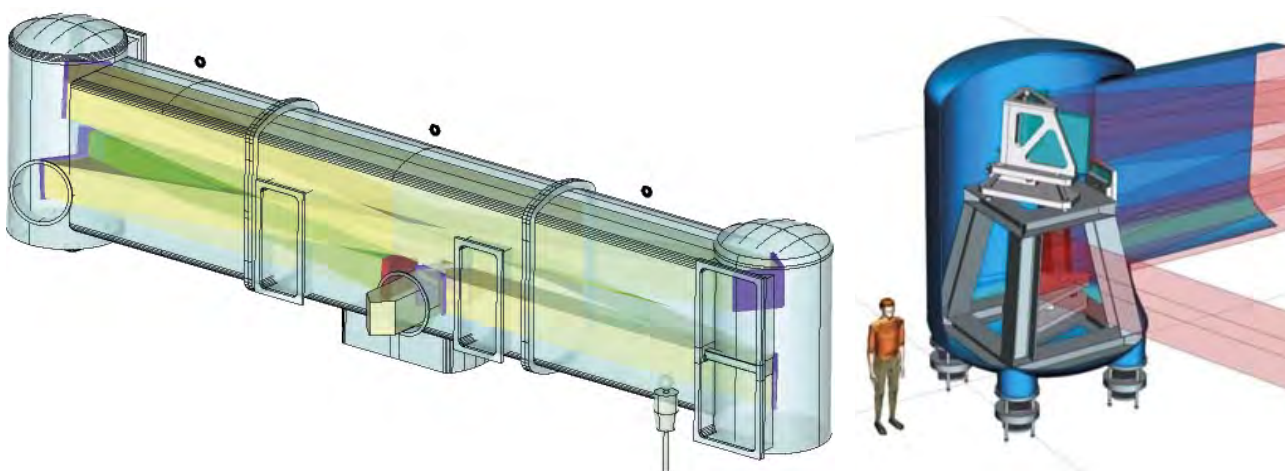
V roce 2015 se oddělení experimentálních programů ELI Beamlines zaměřilo jak na vývoj zdrojů energetických fotonů a nabitých částic, tedy vývoj svazků, které budou zpřístupněny uživatelům v letech 2017–2018, tak na teoretické studie nutné pro další perspektivní vývoj budoucí laboratoře. V této sekci stručně zmíníme zajímavé příklady aktivit jednotlivých výzkumných programů.

### Výzkumný program 2

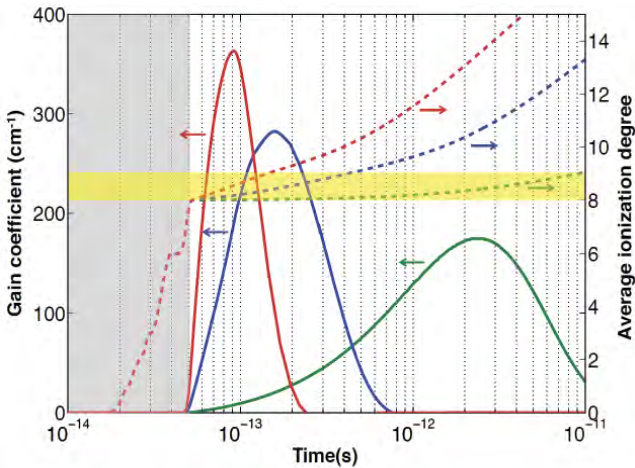
Hlavní náplní tohoto programu je vývoj zdrojů extrémně krátkých (jednotky až stovky femtosekund) pulsů krátkovlnného záření o energiích fotonů od desítek eV po stovky keV. Tyto zdroje budou sloužit materiálovému i biologickému výzkumu a umožní zachytit i nejrychlejší procesy, k nimž dochází například při tvorbě chemických vazeb.

Významných výsledků se v roce 2015 podařilo dosáhnout v oblasti vývoje laserem buzených plazmových rentgenových laserů. Tato zařízení by mohla v budoucnu sloužit jako dostupná alternativa k nákladným instalacím synchrotronů nebo laserů na volných elektronech. Díky možnosti přesné synchronizace několika laserových svazků vydělených z jediného laseru pak rovněž umožní excellentní časovou synchronizaci rentgenového a viditelného záření využitelnou pro studium ultrarychlých jevů s femtosekundovým rozlišením.

Jedním z milníků vývoje byla vůbec první demonstrace tohoto typu zdroje s délkou pulzu v řádu stovek femtosekund [1]. Toho se podařilo dosáhnout pomocí kolizní ionizace v hustém kryptonovém plazmatu, která rychle ukončila laserový proces. Rovněž se podařilo prokázat, že



■ **Obr. 19** Schéma kompresoru 10PW laserových pulsů (vlevo) a vnitřní struktury dvojice velkoplošných difrakčních mřížek tvořících „věž“ (vpravo). Kompresor má celkovou délku přibližně 16 metrů.



■ **Obr. 20** Numericky určená časová závislost stupně ionizace a koeficientu zesílení kryptonového plazmatu pro elektronové hustoty  $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  (zelená),  $1,2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  (modrá) a  $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  (červená) [1].

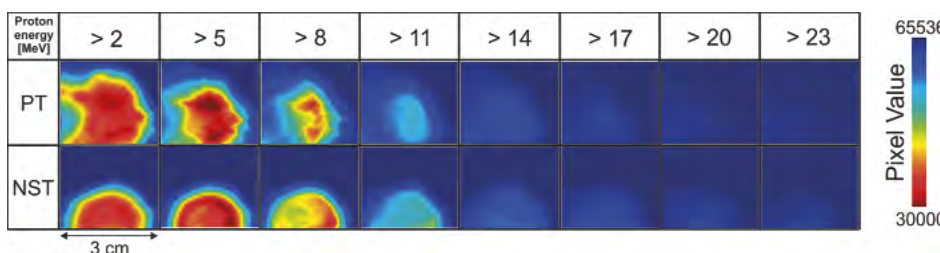
plazmové zesilovače buzené dlouhými laserovými pulzy mají potenciál (šířku pásma) zesilovat subpikosekundové rentgenové impulzy (obr. 20) [2].

Dalším významným výsledkem byl důkaz o schopnosti těchto zařízení generovat koherentní pulzy s libovolným stavem polarizace (například s kruhovou polarizací) [3], což může najít široké uplatnění například ve zkoumání magnetického dichroismu látek.

Ve spolupráci s Universitou v Hamburku jsme pokračovali s vývojem a budováním laserem buzeného zdroje undulátorového záření (Laser-driven undulator X-ray source, LUX) s laditelnou vlnovou délkou v rozmezí 0,4–4,5 nm. Klíčové komponenty tohoto zdroje (terč, undulátor, elektronový spektrometr) byly v roce 2015 vyrobeny a sestaveny a v následujícím roce budou intenzivně testovány v laboratoři DESY. Po dokončení vývoje bude svazek LUX sloužit uživatelům ELI Beamlines a zároveň je důležitým vývojovým krokem směrem k řádově intenzivnějším fotonovým zdrojům - laserům na volných elektronech (Free electron laser, FEL).

### Výzkumný program 3

Výzkumný program 3 se zabývá urychlováním elektronů i iontů pomocí intenzivních laserových pul-



■ **Obr. 21** Profil protonového svazku pro rovný terč (PT) a nanostrukturovaný terč (NST) detekován na radiochromickém filmu.

sů. Laserem buzené elektronové zdroje mají potenciál v budoucnu sehrát významnou roli i na poli částicové fyziky díky urychlovacím gradientům řádově vyšším, než jakých dosahují klasické radiofrekvenční urychlovací komory. Laserem buzené iontové zdroje jsou pak zajímavé pro budoucí aplikace například v hadronové terapii. V roce 2015 tým výzkumného programu 3 ve spolupráci s kolegy z Českého vysokého učení technického v Praze a centra CoReLS s ultra intenzivním laserem v Jižní Koreji dosáhl urychlení protonů laserem na vyšší energii [4].

Vysoce energetický protonový svazek s vysokým výtěžkem a vynikajícím prostorovým profilem (obr. 21) byl generován ozářením nanostrukturovaného úzkého terče velmi krátkým ultra intenzivním laserovým impulsem. Protonové svazky s energiemi do 30 MeV a s velmi velkými proudy byly urychleny na vzdálenosti 1 mikrometru. Homogenní prostorové vlastnosti protonového svazku byly získány díky přítomnosti nanokuliček nanosených na plastové fólii.

### Výzkumný program 4

Výzkumný program 4 se zabývá aplikacemi zdrojů energetických částic v molekulárních, biomedicínských a materiálových vědách. V roce 2015 se tým tohoto programu soustředil na návrh, akvizici a implementaci nezbytného přístrojového vybavení a infrastruktury, která bude k dispozici uživatelům v experimentální hale E1 (obr. 22). Ve všech čtyřech hlavních výzkumných oblastech došlo k významnému pokroku:

#### ■ **Koherentní difrakivní zobrazování (CDI) a atomové, molekulární a optické vědy (AMO)**

Návrh víceúčelové komory „MAC“ pro AMO vědy a CDI byl dokončen, výběrové řízení proběhne v roce 2016. Návrh elektronových a iontových spektrometrů typu Time-of-Flight a Velocity Map Imaging začal ve spolupráci s profesorkou Marií Krikunovou z Technické univerzity v Berlíně.

#### ■ **Materiálové vědy s využitím měkkého rentgenového záření**

Kontrakt pro vývoj a dodání zařízení pro časově rozlišenou VUV magnetooptickou elipsometrii (ELIps) byl podepsán s německou společností 4DOS Optical Solutions z Hamburku. Zařízení v prosinci 2015 prošlo kritickým přezkoumáním návrhu (CDR).

■ **Vědy využívající difrakce, spektroskopie a zobrazování za pomoci tvrdého rentgenového záření**

Nejvýznamnějším milníkem je akvizice hlavního detektoru pro naše plánované experimentální programy časově rozlišené rentgenové difrakce a spektroskopie. Jedná se o 1megapixelový detektor Eiger X 1M od firmy DECTRIS. Detektor byl dodán a přijat v prosinci 2015.

■ **Čerpací paprsky a pokročilá optická spektroskopická měření**

Optické parametrické zesilovače (OPA) dodané firmou Light Conversion nám umožní generovat impulzy v oblasti vlnových délek od 180 nm až do 20 μm pro experimenty typu pump-probe (buzení-sonda) a pro optickou spektroskopii. Taktéž byly pořízeny kompresory pulzu na bázi dutého vlákna (hollow core fiber), které nám umožní zkrátit délku pulzu na 5 femtosekund pro impulzivní pump-probe experimenty.

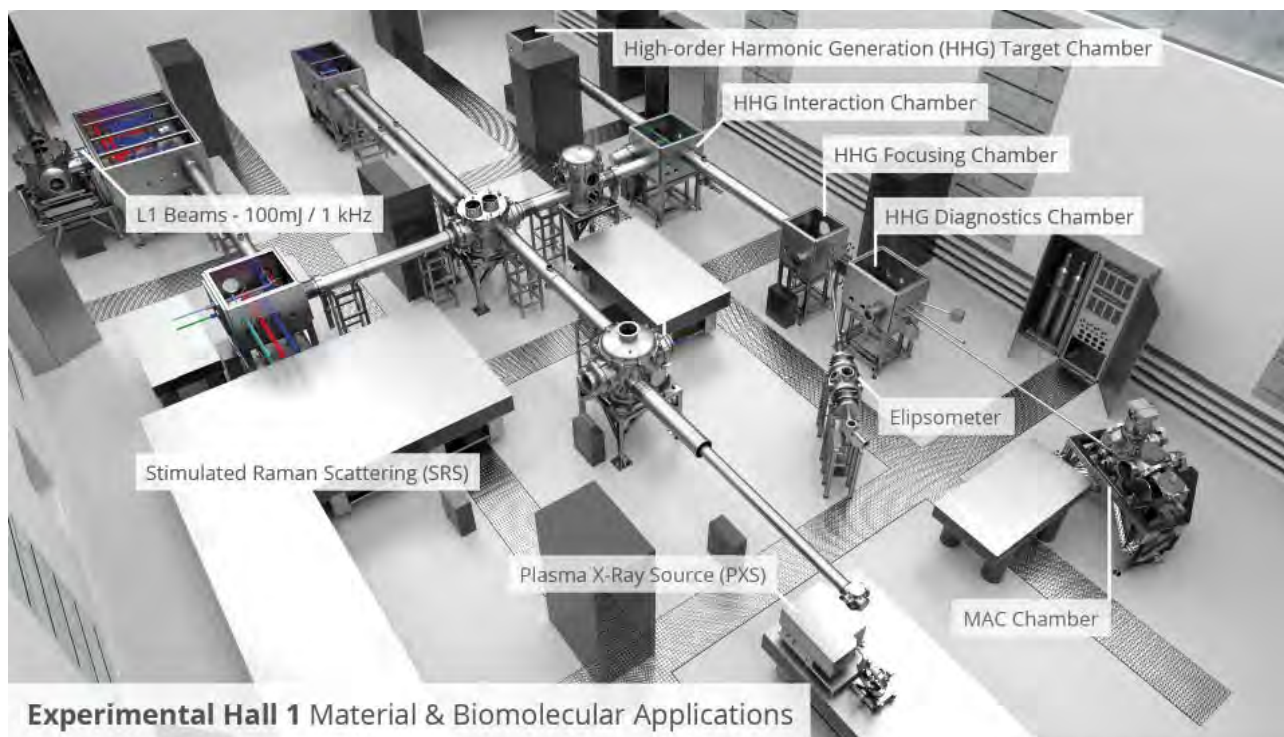
Na závěr roku jsme pro stanici optické spektroskopie rovněž pořídili optické spektrometry a detektory schopné provozu na vysoké frekvenci 1 kHz.

Během roku 2015 zorganizoval tým VP4 společně s VP2 pracovní setkání pro uživatele; kromě toho se VP4 zúčastnil konference ELI Beamlines Scientific Challenges a letní školy ELISS 2015. VP4 také pořádal několik menších tematických mítinků zaměřených na vývoj vědeckých koncových stanic (věnovaných např. VUV elipsometru).

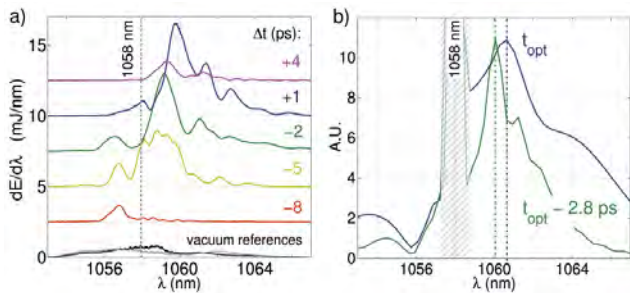
**Výzkumný program 5**

Plazmová amplifikace pomocí zpětného Brillouinova rozptylu je proces, který umožňuje zesilovat laserový puls na intenzity v běžných zesilovacích prostředích nedosažitelné. Naše nedávné experimenty s touto amplifikací nám umožnily detailní pochopení spektrálních charakteristik zesilovaného pulsu a procesů přenosu energie, což umožňuje jejich další optimalizaci [5], obr. 23.

V přípravě prvních experimentů plazmové fyziky na ELI se zaměřujeme na analýzu exotických rentgenových emisí z husté hmoty ozářené intenzivními laserovými pulsy. Také jsme demonstrovali další potenciál pokročilých spektroskopických diagnostik intenzivních emisních satelitů autoionizovaných atomových stavů při studiu vlastností hmoty pod vlivem silného radičního pole [15] a zabývali se využitím polohově rozlišené in-situ rentgenové (XUV) spektroskopie vysoce výkonných rentgenových zdrojů [14]. Velké úsilí bylo věnováno vývoji



■ Obr. 22 Zobrazení 3D modelu plánovaného systému pro transport svazku a chystaných koncových stanic v experimentální hale E1.



**Obr. 23** *Spektra laserového pulsu zesíleného Brillouinovým rozptylem v plazmatu naměřená v experimentu (a) a předpovědi odpovídajících teoretických simulací (b).*

technického zařízení potřebného pro podporu prvních experimentů, například pulsního zdroje silného magnetického pole, laserem buzeného betatronového zdroje energetických fotonů pro diagnostiku plazmatu nebo detektoru vysoce energetického gama záření.

### Výzkumný program 6

Tento program je zaměřený na teorii a simulace interakce plazmatu s laserem při extrémně vysokých intenzitách elektromagnetického pole, které jsou relevantní pro výzkum v laboratorní astrofyzice. V roce 2015 jsme se intenzivně věnovali těmto tématům: formace solitonových vln produkovaných vysoce intenzivními laserovými pulsy [8], magnetická rekonekce při použití petawatových laserových pulsů v relativistickém bezkolizním režimu [6, 7], generace pozitronů na základě Breit-Wheelerova procesu pomocí kolidujících laserových pulzů [9] nebo pomocí jednoho laserového pulzu a longitudinální injekce [11], studium potenciálních gravitačních vln produkovaných urychlováním relativistických částic pomocí výkonného laserového pulsu [10] a v rázových vlnách [12]. Další výzkum skupiny se zaměřuje na vývoj teorie nelokálního radiačně hydrodynamického kódu [13], umožňujícího simulaci absorpce a ablace materiálu při inerciální termonukleární fúzi, jež má možné důležité aplikace v energetice.

### Literatura

[1] A. Depresseux, E. Oliva, J. Gautier, F. Tissandier, J. Nejd, M. Kozlova, G. Maynard, J.P. Goddet, A. Tafzi, A. Lifschitz, H. T. Kim, S. Jacquemot, V. Malka, K. Ta Phuoc, C. Thaur, P. Rousseau, G. Iaquaniello, T. Lefrou, A. Flacco, B. Vodungbo, G. Lambert, A. Rousse, P. Zeitoun and S. Sebban, "Table-top femtosecond soft X-ray

laser by collisional ionization gating", *Nature Photonics* 9, p. 817 (2015).

[2] A. Le Marec, L. Meng, A. Klisnick, M. Kozlova, J. Nejd, F. Tissandier, O. Guilbaud, and A. Calisti, "Measurement of a subpicosecond coherence time in a quasi-steady-state XUV laser," *Phys. Rev. A* 92, 033852 (2015).

[3] A. Depresseux, E. Oliva, J. Gautier, F. Tissandier, G. Lambert, B. Vodungbo, J-P. Goddet, A. Tafzi, J. Nejd, M. Kozlova, G. Maynard, H. T. Kim, K. Ta Phuoc, A. Rousse, P. Zeitoun, and S. Sebban, "Demonstration of a Circularly Polarized Plasma-Based Soft-X-Ray Laser," *Phys. Rev. Lett.* 115, 083901 (2015).

[4] D. Margarone, I. J. Kim, J. Psikal, J. Kaufman, T. Mocek, I. W. Choi, L. Stolcova, J. Proska, A. Choukourov, I. Melnichuk, O. Klimo, J. Limpouch, J. H. Sung, S. K. Lee, G. Korn, and T. M. Jeong, "Laser-driven high-energy proton beam with homogeneous spatial profile from a nanosphere target", *Phys. Rev. ST Accel. Beams* 18, 071304, 2015

[5] L. Lancia, A. Giribono, L. Vassura, M. Chiamello, C. Riconda, S. Weber, A. Castan, A. Chatelain, A. Frank, T. Gangolf, M. Quinn, J. Fuchs, J.-R. Marques, Signatures of the Self-Similar Regime of Strongly Coupled Stimulated Brillouin Scattering for Efficient Short Laser Pulse Amplification, *Phys. Rev. Lett.* 116, 075001 (2016).

[6] Y.-J. Gu, O. Klimo, D. Kumar, Y. Liu, S. K. Singh, T. Zh. Esirkepov, S. V. Bulanov, S. Weber, G. Korn, Fast magnetic field annihilation in the relativistic collisionless regime driven by two ultra-short high-intensity pulses, *Phys. Rev. E* 93, 013203 (2016)

[7] Y.-J. Gu, O. Klimo, D. Kumar, S. V. Bulanov, T. Zh. Esirkepov, S. Weber, G. Korn, Fast magnetic reconnection driven by two ultra-short petawatt pulses interacting with a near-critical density plasma, *Phys. Plasmas* 22, 103113 (2015)

[8] Y. Liu, O. Klimo, T. Zh. Esirkepov, S. V. Bulanov, Y.-J. Gu, S. Weber, G. Korn, Evolution of laser induced electromagnetic postsolitons in multi-species plasma, *Phys. Plasmas* 22, 112302 (2015)

[9] M. Jirka, O. Klimo, S. V. Bulanov, T. Zh. Esirkepov, E. Gelfer, S. S. Bulanov, S. Weber, G. Korn, Electron dynamics,  $\gamma$  and  $e^-e^+$  production by colliding laser pulses, *Phys. Rev. E* 93, 023207 (2016)

[10] E. Gelfer, H. Kadlecova, O. Klimo, S. Weber, G. Korn, Gravitational waves generated by laser accelerated relativistic ions, *Phys. Rev X* (submitted 2016)

[11] Y.-J. Gu, O. Klimo, S. Weber, G. Korn, Radiation reaction trapping and positron production by ultra-short high intensity laser-plasma interaction, *Phys. Rev. X* (submitted 2016)

- [12] H. Kadlecova, O. Klimo, S. Weber, G. Korn, Gravitational wave generation by interaction of high power lasers with matter Part I: Shock wave model, *Phys. Rev. D* (submitted 2016)
- [13] M. Holec, J. Limpouch, R. Liska, S. Weber, On Nonlocal Transport Based Closure Relations for Radiation Hydrodynamics, *Int. J. Numer. Meth. Fluids* (submitted 2016)
- [14] D. Kumar, A. Englesbe, M. Parman, D. Stutman, M. Finkenthal, Charge state distribution and emission characteristics in a table top reflex discharge - Effect of ion confinement and electrons accelerated across the sheath, *Phys. Plasmas* 22, 113504 (2015)
- [15] F. B. Rosmej, R. Dachicourt, B. Deschaud, D. Khaghani, M. Dozières, M. Šmíd, O. Renner, Exotic x-ray emission from dense plasmas, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* 48, 224005 (2015)





# Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2015

## AIDA (V. Vrba)

Evropská infrastruktura pro vývoj nové generace technologií a detektorů pro příští experimenty ve fyzice částic

*Projekt je zaměřen na zajištění infrastruktury pro výzkum a vývoj detekčních systémů, infrastruktury pro testování prototypů, radiační zátěžové testy, atp. Projekt zahrnuje konsorcium 37 institucí a pokrývá většinu evropských výzkumných pracovišť v experimentální částicové fyzice. Umožňuje využívat špičkové evropské urychlovačové a ozařovací komplexy.*

## AIDA 2020 (J. Cvach)

Evropský projekt H2020

*Účastníme se projektu „Moderní evropské infrastruktury pro detektory na urychlovačích“, akronym AIDA-2020. Projekt byl zahájen v květnu 2015 a potrvá 4 roky. Projekt spojuje dohromady hlavní evropské infrastruktury pro vývoj detektorů s řadou akademických institucí. Celkem se projektu účastní 19 zemí a CERN. Projekt vychází z priorit Evropské strategie pro částicovou fyziku. Konkrétně pracujeme v balíčku WP14: Infrastruktura pro moderní kalorimetry a balíčku WP5: Sběr dat pro testy na svazcích. Specifické úkoly, které řešíme, zahrnují: Infrastruktura pro testy inovativních kalorimetrů s optickým vyčítáním spolu s Universitou v Bergenu, Vyčítací systém pro inovativní kalorimetry s DESY Hamburk a Vývoj monitorování kvality dat a slow control společně s britskými institucemi (pod vedením University College London a University Bristol) a DESY Hamburk.*

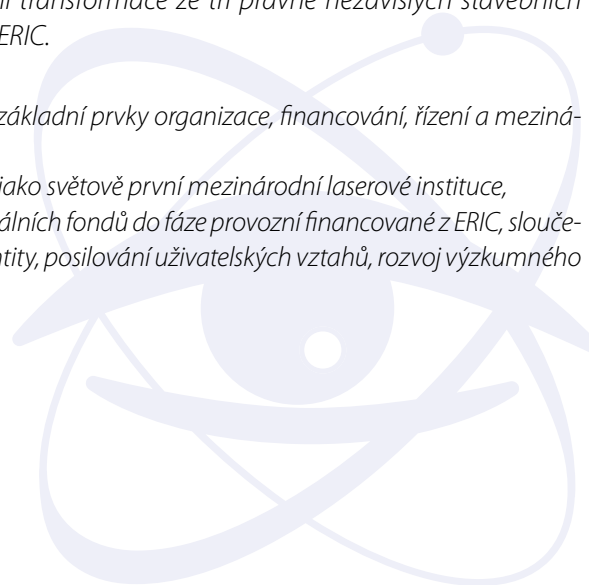
## ELITRANS (R. Hvězda)

Evropský projekt H2020

*Vzhledem k tomu, že realizace „Extreme Light Infrastructure“ ELI v České republice, Maďarsku a Rumunsku je téměř dokončena, je nutné vytvořit nezbytné podmínky pro budoucí provoz těchto center. Cílem projektu ELITRANS je doplnění závěrečné fáze implementace, přípravy a provedení transformace ze tří právně nezávislých stavebních projektů k provozu jako jedné mezinárodní právnické osoby, ELI-ERIC.*

Hlavními cíli jsou:

- konceptní návrh budoucího obchodního modelu ELI-ERIC: základní prvky organizace, financování, řízení a mezinárodní integrace,
- příprava obchodního plánu: příprava provozního konceptu jako světově první mezinárodní laserové instituce,
- řízení přechodu z fáze implementace financované ze strukturálních fondů do fáze provozní financované z ERIC, sloučení tří zařízení do jednotné vnitřní struktury, rozvoj firemní identity, posilování uživatelských vztahů, rozvoj výzkumného profilu.



## EUCALL (R. Hvězda)

Evropský projekt H2020

*Evropský klastr pokročilých laserových světelných zdrojů (zkr. EUCALL) je zájmová skupina předních uživatelských center pro využití záření laserů na volných elektronech (FEL), synchrotronů a optických laserů a také jejich uživatelů. V rámci EUCALL kooperují na společných výzkumných a technických metodách a výzkumných příležitostech, a vyvíjejí nástroje pro udržitelnou podporu této spolupráce v budoucnosti. EUCALL zahrnuje 11 partnerů z devíti zemí, jakož i skupiny Laserlab Europe a FELs of Europe.*

## EXMAG (J. Kuneš)

Evropský projekt pro pokročilá studia

*Magnetické materiály jsou základem mnoha dnešních technologií. Ve většině aplikací jsou magnety ovládány magnetickým polem, se kterým přirozeně interagují. V poslední době se ovšem mohutně rozvíjejí koncepty technologií založených na ovládaní magnetů elektrickým polem nebo elektrickým proudem a naopak. Projekt EXMAG se věnuje výzkumu tzv. excitonové kondenzace, která dává vzniknout několika typům magnetických stavů, které se kvalitativně liší od klasických magnetů. Přechody mezi takovými stavy mohou být vyvolány velmi malými změnami vnějších parametrů jako jsou teplota, elektrické pole nebo tlak. Koncept excitonové kondenzace v magnetických materiálech je nový. V současnosti máme především výsledky výpočtů pro zjednodušené modely, které ukazují na bohatou fyziku tohoto jevu a umožňují nám identifikovat hlavní materiálové parametry, které jsou pro tento jev podstatné. Cílem projektu je prozkoumat teoretické modely, které vedou k excitonové kondenzaci a najít materiály, ve kterých se tyto modely realizují.*

## Fast Track (M. Vaněček)

Evropský projekt výzkumné mezinárodní spolupráce

*Nanotechnologie pro tenkovrstvé křemíkové sluneční články s vysokou účinností*

*V rámci tohoto projektu, zahájeného v březnu 2012, proměříme optické a optoelektrické vlastnosti nových nanokompozitních a nanostrukturovaných materiálů připravených v předních evropských laboratořích. Současně používáme i naši nanotechnologii k přípravě uspořádaných nanosloupkových podložek ZnO pro nové třírozměrné tenkovrstvé křemíkové fotovoltaické články. Výstupem projektu má být realizace těchto nových koncepcí jako prototypu pro průmyslovou výrobu.*

## HiLASE CoE (T. Mocek)

Evropský projekt v rámci aktivity Teaming - Spreading Excellence and Widening Participation programu Evropské komise Horizon 2020

*Hlavní náplní projektu „HiLASE Centre of Excellence - Phase 1“ je příprava operačního plánu modernizace stávající výzkumné infrastruktury HiLASE a přeměna pracoviště na centrum excelence evropského významu. Centrum výrazně rozšíří nabídku špičkových laserových technologií a aplikací pro uživatele. Projekt je realizován formou strategického partnerství s renomovanou výzkumnou institucí Science and Technology Facilities Council (STFC) z Velké Británie. Přenos rozsáhlých znalostí a zkušeností z STFC do HiLASE významně přispěje k zajištění efektivního fungování budoucího centra excelence. Připravovaný inovační program je pak nezbytným předpokladem pro dlouhodobou udržitelnost centra a také pro rozvoj regionu.*

## HIPPOCAMP (Z. Hubička)

Evropský projekt výzkumné spolupráce zaměřený na nanomateriály

*Projekt HIPPOCAMP je zaměřen na rozvoj nového výrobního procesu sloužícího k vývoji nanokompozitů a k jejich použití jako vložených zpevňujících částí sloužících pro zlepšení funkčních vlastností produktů, které jsou vyráběny z kovových materiálů. Tyto materiály mohou být využity například jako strukturální prvky v automobilovém či leteckém průmyslu nebo pro větrné elektrárny.*

## Intelum (M. Nikl)

Evropský projekt H2020

*Projekt Intelum je čtyřletý evropský projekt v programovém období Horizon 2020 v podprogramu „Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange (RISE)“, podporující mezinárodní a intersektorovou mobilitu vědeckých pracovníků v širokém konsorciu projektu (16 partnerských organizací z Evropy USA a Japonska). Projekt je koordinován z CERNu a je zaměřen na vývoj rychlých scintilačních láken pro použití v budoucích kalorimetrických detektorech na urychlovačích ve fyzice vysokých energií. Tým FZÚ vede pracovní balíček WP1 zaměřený na přípravu monokrystalických vláken a jejich optimalizaci.*

## LASERLAB-EUROPE III (K. Jungwirth)

Integrovaná iniciativa evropských laserových infrastruktur

*Hlavními cíli projektu bylo udržet konkurenceschopnost a interdisciplinaritu evropských národních laboratoří, posilovat vedoucí postavení Evropy v laserovém výzkumu, otevírat jeho nové směry prostřednictvím Joint Research Activities (JRA), umožňovat Transnational Access (TA) a podporovat rozvoj laserových výzkumných infrastruktur. Náš příspěvek k TA se realizoval prostřednictvím laboratoře PALS a podíleli jsme se na dvou JRA – INnovative Radiation sources at the EXtremes (INREX) a CHARged Particle ACceleration with Intense lasers (CHARPAC).*

## LASERLAB-EUROPE IV (K. Jungwirth)

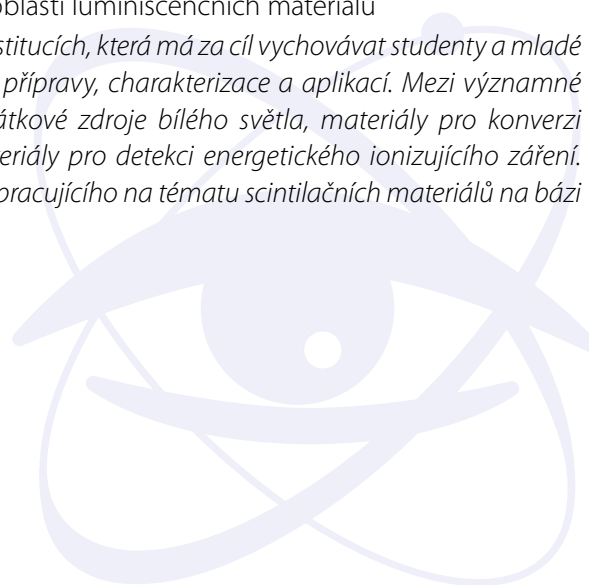
Integrovaná iniciativa evropských laserových výzkumných infrastruktur

*K hlavním cílům projektu přibylo posláním rozšiřovat evropskou základnu laserového výzkumu a aplikací vazbami na spřízněné vědecké komunity. To našlo svůj odraz i ve dvou startujících JRA – Inovative LASer Technologies (ILAT), kde je nově zapojeno HiLASE a Laser-driven High Energy Photon and Particle Sources towards Industrial and Societal Applications (LEPP), kde se zúročí již realizovaná modernizace infrastruktury PALS.*

## LUMINET (M. Nikl)

Evropský program pro podporu začínajících badatelů v oblasti luminiscenčních materiálů

*Sít evropských laboratoří v akademických a průmyslových institucích, která má za cíl vychovávat studenty a mladé vědecké pracovníky v oblasti luminiscenčních materiálů, jejich přípravy, charakterizace a aplikací. Mezi významné aplikace luminiscenčních materiálů patří fosfory pro pevnolátkové zdroje bílého světla, materiály pro konverzi energie v solárních článcích, markery pro biomedicínu a materiály pro detekci energetického ionizujícího záření. V posledně jmenované oblasti naše pracoviště vede doktoranda pracujícího na tématu scintilačních materiálů na bázi multikomponentních granátů.*



## MSNano (O. Šipr)

Projekt programu pro vědeckou výměnu mezi zeměmi EU a zeměmi mimo EU „International Research Staff Exchange Scheme“

*Cílem projektu je iniciovat prostřednictvím výměnných vědeckých pobytů vznik sítě dlouhodobě spolupracujících pracovišť, zabývajících se charakterizací materiálů spektroskopickými metodami. Experimentátoři tak získají vzájemně propojenou adaptabilní sadu programových balíčků vycházejících z formalismu mnohonásobného rozptylu, která umožní efektivnější využití spektroskopických technik v materiálovém výzkumu, zejména v oblasti nanostruktur.*

## MULTIFUN (J. Vejpravová)

Evropský projekt výzkumné mezinárodní spolupráce

*Cílem konsorcia MultiFun, které tvoří 16 partnerů ze 7 států EU, je vývoj a validace nových a minimálně invazivních nanotechnologických systémů pro detekci a léčbu rakoviny. Technologie je postavena na specificky modifikovaných magnetických nanočásticích, které slouží zároveň jako kontrastní látky, magnetické induktory tepla a nosiče antigenů a léčiv. Tyto multimodální nanočástice představují novou generaci terapeutik pro vysoce selektivní detekci a eliminaci rakovinných buněk již v raných stádiích onemocnění.*

## NOTEDEV (P. Kužel)

Evropský program pro podporu začínajících badatelů

*Jedná se o síť evropských laboratoří v akademických a průmyslových institucích, která má za cíl vychovávat studenty a mladé vědecké pracovníky v oblasti terahertzové spektroskopie a technologie. Terahertzová oblast se nachází v elektromagnetickém spektru na pomezí mimo dosah konvenční elektroniky a optiky a v současné době existuje řada myšlenek, jak tuto oblast překlenout. Program si klade za cíl vyvinout nové přístupy k optoelektronice v terahertzové spektrální oblasti založené na různých typech materiálů a struktur: polovodiče s malým zakázaným pásem, nanostrukturované polovodiče, kvantové jámy, karbonové nanotrubičky a grafén, a feroelektrické a multiferoické materiály.*

## OMSpin (T. Jungwirth)

Evropský projekt pro pokročilá studia

*Spintronika založená na relativistických jevech v systémech s nulovým magnetickým momentem*

*Současná spintronika je založena na feromagnetických materiálech. Pro eventuální aplikace z toho vyplývá několik principiálních problémů, jako např. omezená hustota integrace vinou rozptylového magnetického pole či nemožnost účinného elektrického řízení vodivosti kovových feromagnetů. Projekt OMSPIN navrhuje a zkoumá radikální alternativu, spočívající v úplné eliminaci feromagnetických komponent a jejich funkčním nahrazením materiály se silnou spin-orbitální vazbou a s nulovým magnetickým momentem. Teoreticky i experimentálně jsou studovány tři možné cesty: (i) využití bimetalických slitin typu 3d-5d s antiferomagnetickým uspořádáním, (ii) identifikace a příprava antiferomagnetických polovodičů typu I-Mn-V, (iii) využití jevů na bázi spin-orbitální interakce v nemagnetických polovodičích s externě injektovanými spinově polarizovanými elektrony.*

## Quantum L&P (T. Derrien)

Evropský projekt v rámci aktivity Marie Skłodowska-Curie programu Evropské komise Horizon 2020

*Projekt pod názvem "Kvantové efekty při mnohobarevném ultrarychlém laserovém zpracování materiálu: posouvání hranic klasických popisů" se zaměřuje na výzkum interakce ultrakrátkých laserových pulzů s polovodičovými materiály. Tento teoreticky zaměřený projekt je řešen v laserovém centru HiLASE a zahrnuje i 6měsíční výzkumnou stáž v Max-Planck-Institute for the Structure and Dynamics of Matter (Hamburk, Německo) věnovanou pokročilému kvantovému*

modelování. Výzkum poskytne kvalitativně nový teoretický základ pro fyzikální interpretaci interakčních experimentů zaměřených na zpracování materiálů pomocí nových laserů vyvíjených v centru HiLASE.

## SC2 (J. Wunderlich)

Evropský projekt pro pokročilá studia

*V projektu „Přeměna mezi spinem, nábojem a teplem na hybridních organicko-anorganických rozhraních“ jde o teoretický a experimentální výzkum, který má vést k propojení doposud nezávislých oborů organických polovodičů a spintroniky v anorganických materiálech. Organické polovodiče dnes hrají významnou roli v optoelektronice, např. při vývoji flexibilních obrazovek a solárních článků. Spintronika v anorganických materiálech se naopak uplatňuje v magnetických technologiích pro ukládání informace. Cílem projektu je najít synergie mezi fyzikou a chemií v těchto rozdílných oborech a otevřít cestu ke zcela novým typům optoelektronických, spintronických a termoelektrických součástek využívajících hybridní organicko-anorganická rozhraní.*

Projekty podpořené z evropských strukturálních fondů, ELI Beamlines a HiLASE, jsou podrobně popsány na jiných místech této výroční zprávy, konkrétně na str. 20–22, str. 72–77 a str. 84–95.





# Spolupráce s vysokými školami v roce 2015

## ■ Spolupráce s VŠ na uskutečňování bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů

### Forma vědeckého vzdělávání

#### ■ Doktorandi (studenti DSP) v prezenční formě studia

Počet doktorandů k 31. 12. 2015:	84
Počet absolventů v roce 2015:	16
Počet nově přijatých v roce 2015:	24

#### ■ Doktorandi (studenti DSP) v kombinované a distanční formě studia

Počet doktorandů k 31. 12. 2015:	40
Počet absolventů v roce 2015:	7
Počet nově přijatých v roce 2015:	2

#### ■ Celkový počet doktorandů

Počet doktorandů k 31. 12. 2015:	124
Počet absolventů v roce 2015:	23
Počet nově přijatých v roce 2015:	26

#### ■ Z toho zahraniční doktorandi

Počet doktorandů k 31. 12. 2015:	17
Počet absolventů v roce 2015:	8
Počet nově přijatých v roce 2015:	4

### Forma výchovy studentů pregraduálního studia

Celkový počet bakalářů:	35
Celkový počet diplomantů:	53
Počet pregraduálních studentů podílejících se na vědecké činnosti ústavu:	59

### Vědecké a vědecko-pedagogické hodnosti pracovníků ústavu

	vědecká hodnost nebo titul		vědecko-pedagog. hodnost	
	DrSc., DSc.	CSc., Ph.D.	profesor	docent
Počet k 31. 12. 2015	30	415	18	21
z toho uděleno v roce 2015	1	22	0	4

## ■ Pedagogická činnost pracovníků ústavu

Zaměstnanci FZÚ přednášejí na více než deseti fakultách vysokých škol v rámci bakalářských, magisterských i doktorských programů. Obzvláště intenzivní je pedagogická činnost v Praze na MFF UK, FJFI ČVUT, FBMI ČVUT, FEL ČVUT, různých fakultách VŠCHT a na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.

- Celkový počet odpřednášených hodin na VŠ v programech bakalářských/magisterských/doktorských
 

Letní semestr 2014/2015:	1076/828/200
Zimní semestr 2015/2016:	1455/1364/293
  
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v bakalářských programech
 

Letní semestr 2014/2015:	32/2/35
Zimní semestr 2015/2016:	32/4/27
  
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v magisterských programech
 

Letní semestr 2014/2015:	36/0/14
Zimní semestr 2015/2016:	49/2/34
  
- Počet pracovníků ústavu působících na VŠ v programech bakalářských/magisterských/doktorských
 

Letní semestr 2014/2015:	31/33/11
Zimní semestr 2015/2016:	34/49/12

## ■ Vzdělávání středoškolské mládeže

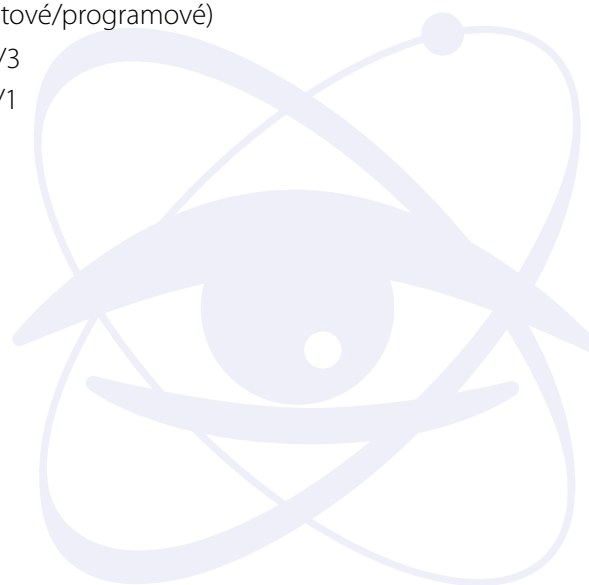
Vedení středoškolských studentů v rámci projektu Otevřená věda, účast při organizaci Mezinárodního turnaje mladých fyziků, vedení středoškolských maturitních prací na SPŠ sdělovací techniky, jednotlivé přednášky na gymnáziích v Praze aj.

- Počet odpřednášených hodin v roce 2014/2015 (2015/2016): 216 (72)
- Počet vedených prací (např. SOČ): 14 (3)
- Počet (spolu)organizovaných soutěží: 1 (0)

## ■ Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu

- Počet projektů řešených v r. 2015 společně s VŠ (grantové/programové)
 

Pracoviště AV příjemcem	20/3
Pracoviště AV spolupříjemcem	14/1



## ■ Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2015

### Doktorandi

Mgr. Petr Ashcheulov (FJFI ČVUT)

Studium a příprava nanostrukturních materiálů a kompozit  
školitel: doc. RNDr. I. Kratochvílová, CSc. (FZÚ)

Mgr. Fedir Borodavka (MFF UK)

Ramanova spektroskopie vybraných dielektrických materiálů  
školitel: Ing. Ivan Gregora, CSc. (FZÚ)

Ing. Laura Gemini (FJFI ČVUT)

Formation of surface structures by femtosecond laser pulses for applications  
školitel: prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc. (FJFI ČVUT)  
školitel specialista: Ing. Tomáš Mocek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Michal Chyla (FJFI ČVUT)

Regenerative thin-disk amplifier for high-power kW-class laser  
školitel: prof. Ing. Helena Jelínková, DrSc. (FJFI ČVUT)  
školitel specialista: Dr. Taisuke Miura (FZÚ), Ing. Tomáš Mocek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Dalibor Javůrek (PřF UP)

Nelineární optika v moderních fotonických strukturách – generace kvantově korelovaných fotonových párů  
školitel: doc. RNDr. Jan Peřina ml., Ph.D. (FZÚ)

Ing. Josef Kopal (FEL ZČU)

Trigovací systém experimentu TOTEM v CERN  
školitel: RNDr. Vojtěch Kundrát, DrSc. (FZÚ)

Ing. Miroslav Krůs (FJFI ČVUT)

Electron beam acceleration with femtosecond lasers for generation of secondary femtosecond X-ray sources  
školitel: prof. Jiří Limpouch (FJFI ČVUT)  
školitel specialista: Daniele Margarone, Ph.D. (FZÚ), Tadzio Levato, Ph.D. (FZÚ)

RNDr. Simona Kubíčková (MFF UK)

Nanoparticles based on 3d metal oxides - correlation of structure and magnetism  
školitel: doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D. (FZÚ)  
školitel specialista: RNDr. Daniel Nižňanský, Ph.D. (PřF UK)

Mgr. Vlastimil Kůs (MFF UK)

Studium difrakčních procesů v experimentu ATLAS  
školitel: Mgr. Marek Taševský, Ph.D. (FZÚ)

MSc. Chiara Liberatore (FJFI ČVUT)

Absorption of EUV radiation in matter and related processes

školitel: doc. Ing. Ladislav Pína, DrSc. (FJFI ČVUT)

školitel specialista: prof. Dr. Akira Endo, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Anna Lynnyk (FJFI ČVUT)

Ellipsometry-temperature dependent studies of crystals and thin films

školitel: prof. Ing. Zdeněk Bryknar, CSc. (FJFI ČVUT)

školitel specialista: Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Radek Machulka (PřF UP)

Generation of Non-Classical Light in Photonic Structures

školitel: doc. Mgr. Jan Soubusta, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Petr Nečesal (MFF UK)

Study of Interactions of Cosmic Rays at Ultra-High Energies

školitel: prof. Jan Řídký, DrSc. (FZÚ)

Ing. Mgr. Neda Neykova (FJFI ČVUT)

ZnO nanocolumns for thin film silicon solar cells with high efficiency

školitel: prof. Ing. Zdeněk Bryknar, CSc. (FJFI ČVUT)

školitel specialista: RNDr. Milan Vaněček, CSc. (FZÚ)

RNDr. Barbara Pacáková (MFF UK)

Structure and magnetic interactions in nanomaterials with application potential

školitel: doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D. (FZÚ)

školitel specialista: RNDr. Ing. Martin Kalbáč, Ph.D. (Ústav fyzikální chemie JH)

Mgr. Natalia Podoliak (MFF UK)

Polar liquid crystals: structures, phase transitions and properties

školitel: RNDr. Vladimíra Novotná, CSc. (FZÚ)

Mgr. Helena Reichlová (MFF UK)

Nanostruktury a materiály pro antiferomagnetickou spintroniku

školitel: Ing. Vít Novák, CSc. (FZÚ)

Ing. Magdalena Sawicka-Chyla (FJFI ČVUT)

Advanced pumping of diode pumped repetition rate lasers

školitel: doc. Ing. Ladislav Pína, DrSc. (FJFI ČVUT)

školitel specialista: Dr. Antonio Lucianetti (FZÚ)

Ing. Michal Svatoš (FJFI ČVUT)

Fyzika těžkých kvarků na experimentu ATLAS

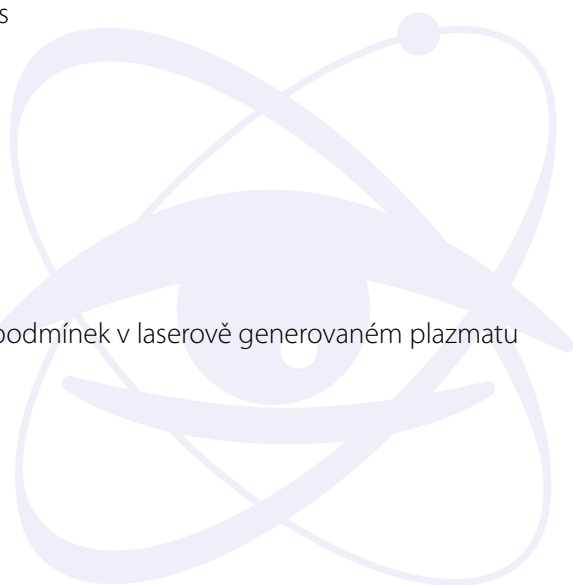
školitel: RNDr. Pavel Staroba, CSc. (FZÚ)

Ing. Michal Šmíd (FJFI ČVUT)

Rentgenové spektroskopické studium environmentálních podmínek v laserově generovaném plazmatu

školitel: Ing. Oldřich Renner, DrSc. (FZÚ)

školitel specialista: prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc. (FJFI ČVUT)



Ing. Zbyněk Šobáň (FEL ČVUT)

Struktury pro spintroniku připravené pomocí MBE

školitel: Doc. RNDr. Jan Voves, CSc. (FEL ČVUT)

školitel specialista: Ing. Vít Novák, CSc. (FZÚ)

Ing. Martina Toufarová (FJFI ČVUT)

Studium reaktivity celouhlíkových nanostruktur indukované ionizujícím a neionizujícím zářením

školitel: Ing. Libor Juha, CSc. (FZÚ)

školitel specialista: prof. Ing. Milan Pospíšil, DrSc. (FJFI ČVUT)

Mgr. Václav Valeš (MFF UK)

High-temperature X-ray Diffractometry of Thin Layers

školitel: prof. RNDr. Václav Holý, CSc. (MFF UK)

školitel specialista: doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D. (FZÚ)

## Diplomanti

Ing. Martin Albrecht (FJFI ČVUT)

Srážkově čerpané plazmové rentgenové lasery s pevnými terči

školitel: Ing. Jaroslav Nejdrl, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Jan Bartoš (FSv ČVUT)

Modifikace povrchu PET vláken za účelem zlepšení jejich soudržností s cementovou matricí

školitel: doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D. (FSv ČVUT)

školitel specialista: : Ing. Štěpán Potocký, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Blanka Jurková (PřF UK)

Testing of anti-microbial and anti-adhesive properties of nanodiamond materials

školitel: RNDr. Jana Beranová, Ph.D. (PřF UK)

školitel specialista: Mgr. Halyna Kozak, Ph.D. (FZÚ)

Masato Kawasaki (Utsunomiya University, Japonsko)

Study on optical parametric mid-IR laser

školitel: prof. Takeshi Higashiguchi (Utsunomiya University)

školitel specialista: Dr. Taisuke Miura (FZÚ)

Bc. Jakub Měsíček (FJFI ČVUT)

Frekvenčně stabilizovaný vláknový laserový oscilátor

školitel: Ing. Martin Smrž, Ph.D. (FZÚ)

školitel specialista: prof. Ing. Václav Kubeček, DrSc., (FJFI ČVUT), Dr. Taisuke Miura (FZÚ)

Bc. Jan Mlčoch (FSv ČVUT)

Makro mechanické vlastnosti nanotextilií PVA – vliv inkorporovaných nanočástic (Macro mechanical properties of PVA nanotextiles – influence of incorporated nanoparticles)

školitel: Ing. Pavel Tesárek, Ph.D. (FSv ČVUT)

školitel specialista: Ing. Alexander Kromka, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Jan Trejbal (FSv ČVUT)

Modifikace povrchu skleněných vláken a jejich aplikace do maltových směsí pro rekonstrukce historických budov

školitel: Doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D. (FSv ČVUT)

školitel specialista: Ing. Štěpán Potocký, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Jakub Vít (FJFI ČVUT)

Terahertzové excitace v multiferoikách

školitel: RNDr. Stanislav Kamba, CSc. (FZÚ)

Bc. Michal Vraštil

Určování parametrů temné energie a modifikované gravitace v rámci projektu LSST

školitel: RNDr. Michael Prouza, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Dominika Zákutná (PřF UK)

Preparation of magnetic nanostructures of chromites and their characterization

školitel: prof RNDr. Daniel Nižňanský, Ph.D. (PřF UK)

školitel specialista: doc. RNDr. Jana Vejpravová, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Martina Žáková (FJFI ČVUT)

Optimization of laser-accelerated ion beam divergence

školitel: Ing. Jan Pšikal, Ph.D. (FZÚ)

školitel specialista: Daniele Margarone, Ph.D. (FZÚ)

Ing. F. Křížek

Study of growth and properties of silicon nanowires

školitel: A. Fejfar

konzultant: I. Richter, M. Müller

## ■ Společná pracoviště ústavu s účastí VŠ

Fyzikální ústav velmi úzce spolupracuje s vysokými školami. Jednou z významných forem této spolupráce jsou společná pracoviště (laboratoře), které sdružují specialisty z různých institucí pro práci na společném výzkumném programu. FZÚ je členem těchto společných pracovišť:

### Společná laboratoř optiky

Je pracovištěm Univerzity Palackého v Olomouci a Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. v Praze (založena v roce 1984). Vědecké úsilí je soustředěno na kvantovou a nelineární optiku, kvantové zpracování informace, vlnovou optiku a laserové a optické technologie. V oblasti kvantové optiky je hlavní pozornost věnována statistickým vlastnostem optických polí na úrovni jednotlivých fotonů a elementárním stavebním prvkům pro kvantové zpracování informace, jako jsou kvantová hradla nebo kvantové klonery. Skupina vlnové optiky se zabývá vybranými problémy spekulové interferometrie, interferometrie v bílém světle a moiré topografie. V oblasti optických technologií je hlavní úsilí laboratoře soustředěno na optické a mechanické vlastnosti tenkých vrstev získaných napařováním ve vakuu nebo depozicí z plazmatu nebo na návrh a výrobu specializovaných optických komponent, které nacházejí uplatnění ve velkých mezinárodních vědeckých kolaboracích, jako je např. Observatoř Pierra Augera. Tyto oblasti jsou dále doplněny modelováním detekčních procesů v rámci experimentu CERN-ATLAS nebo výzkumem v oblasti průmyslových aplikací laserů.

Web: [jointlab.upol.cz](http://jointlab.upol.cz)

## Společná laboratoř nízkých teplot

Je pracovištěm Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i., Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy a Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Výzkum je zaměřen na Mössbauerovu spektroskopii systémů obsahujících nanočástice sloučenin a slitin železa, magnetické a transportní vlastnosti supravodičů, studované pomocí vysoce citlivých magnetometrů typu „RF-SQUID“ a na kryogenní dynamiku tekutin, zejména proudění supratekutého  $4\text{He}$  a kvantovou turbulenci.

Web: [www.fzu.cz/oddeleni/oddeleni-magnetismu-a-nizkych-teplot/laboratories/spolecna-laborator-nizkych-teplot](http://www.fzu.cz/oddeleni/oddeleni-magnetismu-a-nizkych-teplot/laboratories/spolecna-laborator-nizkych-teplot), [www.superfluid.cz](http://www.superfluid.cz)

## Společná laboratoř pro magnetická studia

Ve společné laboratoři Fyzikálního ústavu AV ČR a Matematicko-fyzikální fakulty UK je studováno široké spektrum materiálů se silně korelovanými d- a f- elektrony v kombinovaných extrémních podmínkách – v teplotním oboru 0,35–350 K, magnetických polích do 14 T a za hydrostatického tlaku do 2 GPa. Hlavním cílem je určit a vysvětlit korelace mezi elektronovou strukturou a fyzikálními vlastnostmi těchto látek, což umožní přípravu nových materiálů s požadovanými vlastnostmi.

Web: [kfl.cz/jlms](http://kfl.cz/jlms)

## Badatelské centrum PALS

Bylo vytvořeno ve spolupráci s Ústavem fyziky plazmatu AV ČR v roce 1998 jako uživatelská laboratoř založená na terawattovém Pražském Asterix Laserovém Systému (PALS), který byl původně vyvinut v MPQ v Garchingu ve SRN. Inovované zařízení reinstalované v nové laserové hale v Praze bylo zprovozněno v červnu 2000 a je využíváno ke studiu interakce laserového svazku s hmotou, zvláště pro generaci horkého a hustého plazmatu. Důležitou součástí zařízení PALS je moderní dvojitá terčíková komora vybavená diagnostikou na současné světové úrovni. Od samého počátku poskytuje Centrum PALS část svého experimentálního času evropským badatelům v rámci programu Evropské Unie „Access to Large Scale Facilities“.

Web: [www.pals.cas.cz](http://www.pals.cas.cz)

## Společná laboratoř optospintroniky

Společná laboratoř vznikla v roce 2011 jako výsledek spolupráce Oddělení spintroniky a nanoelektroniky FZÚ a Katedry chemické fyziky a optiky MFF UK v rámci předchozího Centra nanotechnologií a materiálů pro nanoelektroniku MŠMT. Výzkum je zaměřen na studium magnetooptických vlastností materiálů pro spintroniku a na studium spintronických nano-součástek s optickou generací a detekcí spinově-polarizovaných nosičů.

Společná laboratoř je podporována z Advanced Grant of European Research Council 0MSPIN.

Web: [physics.mff.cuni.cz/kchfo/ooe/laserove-laboratore/laborator-opto-spintroniky](http://physics.mff.cuni.cz/kchfo/ooe/laserove-laboratore/laborator-opto-spintroniky)

## Centrum studia kovových materiálů s mikro- a nanokrystalickou strukturou

Jedná se o společné pracoviště FZÚ, MFF UK, Praha a VŠCHT, Praha. Mikrokrystalické a nanokrystalické (mc/nc) materiály hrají klíčovou úlohu v budoucích technologiích, kde budou vystaveny zvýšenému působení napětí, teploty či tlaku. Základním předpokladem pro jejich úspěšné využití je inovativní a multidisciplinární výzkum zaměřený na vysvětlení chování těchto materiálů za extrémních podmínek. Smyslem centra je posunout hranice poznání mc/nc materiálů vývojem nových struktur na bázi kovových materiálů cílenou kontrolou v mikrostrukturním měřítku a jejich pokročilou charakterizací. Sdílením špičkových metod spolu s řadou klasických charakterizačních technik lze docílit průlomu potřebného pro budoucí aplikace. Centrum se zabývá intenzivní plastickou deformací obtížně tvařitelných slitin, práškovou metalurgií, uchováváním vodíku,

in situ nanomechanickým testováním malých vzorků (např. mikro-, nanopilarů), vlastnostmi biodegradabilních slitin a stabilizací hranic zrn in situ nanočásticemi.

Web: [ukmki.vscht.cz/centrum-excelence](http://ukmki.vscht.cz/centrum-excelence)

## Společná laboratoř technologie polymerních nanovláken FZÚ AV ČR a FS ČVUT v Praze

Laboratoř byla založena v lednu 2013. Společný výzkum je zaměřen na využívání a rozvoj metod technologie polymerních vláken, které umožňují jejich povrchovou modifikaci nebo cílenou materiálovou transformaci (např. použitím plazmatických technik), studium mechanických, chemických a strukturních vlastností materiálů, které jsou zajímavé z hlediska fyziky, elektroniky a senzoriky, biotechnologií (antibakteriálnost), s vysokým aplikačním potenciálem ve stavitelství a architektuře.

Web: [www.fzu.cz/spolecna-pracoviste](http://www.fzu.cz/spolecna-pracoviste)

## Akreditované programy

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., je významným školícím pracovištěm pro celou řadu fyzikálních oborů. V rámci akreditovaných studijních programů ve spolupráci s vysokými školami jsou na pracovištích Fyzikálního ústavu školeni studenti doktorského (Ph.D.) a magisterského studia. V následující tabulce je uveden seznam akreditovaných oborů.

### Akreditované studijní programy ve FZÚ

<i>Dohoda s VŠ</i>	<i>Název programu</i>	<i>Název oboru</i>	<i>Platnost akreditace</i>
FCHT VŠCHT Praha	Chemie a technologie materiálů	Metalurgie	1. 3. 2017
FCHT VŠCHT Praha	Chemie a technologie materiálů	Materiálové inženýrství	1. 3. 2017
MFF UK Praha	Fyzika	Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika (A)	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika povrchů a rozhraní	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Kvantová optika a optoelektronika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Subjaderná fyzika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika nanostruktur (A)	31. 8. 2019
FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Elektronika	31. 12. 2019
FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Elektrotechnologie a materiály	31. 12. 2019

FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Fyzika plazmatu	31. 12. 2019
FJFI ČVUT Praha	Aplikace přírodních věd	Fyzikální inženýrství	31. 7. 2023
FPř UP Olomouc	Fyzika	NMgr. Aplikovaná fyzika	1. 11. 2023
FPř UP Olomouc	Fyzika	NMgr. Biofyzika	1. 11. 2023
FPř UP Olomouc	Fyzika	NMgr. Obecná fyzika a matematická fyzika	31. 5. 2018
FPř UP Olomouc	Fyzika	NMgr. Optika a optoelektronika	31. 12. 2020
FPř UP Olomouc	Fyzika	NMgr. Nanotechnologie	31. 12. 2020
FPř UP Olomouc	Fyzika	Ph.D. Aplikovaná fyzika	31. 12. 2020
FPř UP Olomouc	Fyzika	Ph.D. Biofyzika	31. 12. 2020
FPř UP Olomouc	Fyzika	Ph.D. Obecná fyzika a matematická fyzika	31. 12. 2020
FPř UP Olomouc	Fyzika	Ph.D. Optika a optoelektronika	31. 12. 2020

Kromě doktorských a magisterských (nebo diplomových) prací je možné ve FZÚ vypracovat i práce *bakalářské*. Fyzikální ústav také spolupracuje se středními školami. Je možné dohodnout přednášky pro jejich studenty i učitele a je také možné vypracovat ve FZÚ *středoškolské práce*.





# Popularizace, konference, hosté, dohody

## ■ Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště

### ■ Československý časopis pro fyziku

Fyzikální ústav zajišťuje práci redakce (vedoucí redaktor, grafik i sekretariát redakce fungují v rámci FZÚ), časté jsou též příspěvky autorů z FZÚ v jednotlivých číslech. Časopis přináší původní i přeložené referativní články, aktuality, zprávy a recenze knih. Uveřejňuje diskuse o filozofických aspektech fyziky a články z historie fyziky (6 čísel ročně).

### ■ Jemná mechanika a optika

Fyzikální ústav zajišťuje práci redakce, četné jsou též příspěvky autorů v jednotlivých číslech, časopis je určen pro informování široké obce zájemců o současných problémech z oborů optiky a jemné mechaniky, včetně interdisciplinárních témat (12 čísel ročně).

### ■ ELI Beamlines Newsletter

Newsletter projektu ELI Beamlines informuje o postupu projektu ELI Beamlines, přináší články o významných hostech, kteří ELI a HiLASE v Dolních Břežanech navštívili, rozhovory s českými i zahraničními vědci, novinky z vědeckého týmu a řadu dalších informací o dění v projektech ELI Beamlines a HiLASE.

### ■ Dny otevřených dveří (5. – 7. 11. 2015) a Týden vědy a techniky

Tradičně proběhly přednášky a exkurze v budovách FZÚ, v sídle AV ČR na Národní třídě i jinde. Během Dnů otevřených dveří si laboratoře FZÚ prohlédlo 733 návštěvníků, z toho 389 studentů, další zájemci si prohlédli laboratoř PALS, společné pracoviště s ÚFP. V rámci Dnů otevřených dveří bylo v roce 2015 zpřístupněno celkem 20 pracovišť, např. laboratoře kapalných krystalů, supravodičů, růstu krystalů či tunelovací mikroskopie. Proběhlo rovněž několik přednášek o aktuálních fyzikálních problémech, např. o částicové fyzice, kosmickém záření a na pracovišti v Dolních Břežanech u Prahy proběhlo představení projektů HiLASE a ELI Beamlines. Akce proběhly ve spolupráci s Akademií věd ČR a Univerzitou Palackého v Olomouci.

### ■ Rozhovory pro rozhlasové a televizní vysílání

Pracovníci FZÚ poskytli několik desítek rozhovorů a zúčastnili se vystoupení v pořadech veřejnoprávních i komerčních rozhlasových a televizních stanic. Např. „Hyde Park“ (ČT 24), „Fokus Václava Moravce“ (ČT 24), „Studio 6“ (ČT), „Hlubinami vesmíru“ (TV Noe), nebo několik pořadů Leonardo a Meteor (ČRo) s vědeckými pracovníky FZÚ.

### ■ Popularizační články v denním tisku, časopisech a na internetových zpravodajských portálech

Pracovníci FZÚ publikovali či poskytli podklady pro několik desítek příspěvků, např. „U Prahy roste laserové centrum. Se superlaserem o výkonu jako pět milionů Temelínů“ (Hospodářské noviny), „Kdo ovládá magnet? Světlo!“ (21. století), „Čeští vědci mají v Evropě úspěch“ (Techmagazín), „Za týden startuje česká simulace expedice k asteroidu. A má nové letadlo“ (Technet.cz), „Hledá se jméno pro superlasery, vědci chtějí tipy od lidí“ (iDnes.cz) nebo „Nové lasery na pomoc českému výzkumu“ (Automa).

- **Exkurze studentů středních a vysokých škol**  
probíhaly ve FZÚ na základě individuální dohody v průběhu celého roku 2015, tímto způsobem FZÚ navštívilo celkem několik stovek studentů.
- **Příležitostné popularizační přednášky a besedy**  
V průběhu roku 2015 proběhlo několik besed a popularizačních seminářů o projektech ELI Beamlines a HiLASE, četné přednášky na hvězdárnách a školách o astronomických jevech, o aktuálních tématech z fyziky a o aktuálních problémech, řešených na FZÚ, vystoupení na tuzemských i zahraničních vysokých školách s prezentací evropských projektů ELI, HiLASE, o účasti FZÚ v mnoha mezinárodních projektech a spolupracích (CERN, Fermilab, Observatoř Pierra Augera, CTA, a další).
- **Další akce**  
Badatelé z FZÚ se podíleli též na prezentaci FZÚ na několika tematických akcích a veletrzích. Pracovníci ústavu se zúčastnili kampaně „Osobnosti“ ke 125. výročí AV ČR, podíleli se na přípravě výstavy „Světlo je život“ v rámci Roku světla či Noci vědců. FZÚ byl představen například na Veletrhu vědy a výzkumu PŘF UP, Česko-německé konferenci k výzkumným infrastrukturám, či v rámci veletrhu „Amper 2015“ v Brně.

## Akce s mezinárodní účastí, které pracoviště organizovalo nebo v nich vystupovalo jako spoluorganizátor

- Slavnostní otevření mezinárodního laserového centra ELI Beamlines („ELI Beamlines Grand opening ceremony“), pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 318 účastníků, z toho 127 zahraničních.
- Hranice kvantové a mezoskopické termodynamiky („Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics“ – FQMT'15), pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, Výbor pro vzdělávání a vědu, kulturu, lidská práva a petice Senátu Parlamentu České republiky, 232 účastníků, z toho 223 zahraničních.
- 15. Mezinárodní konference o feroelektrických kapalných krystalech („15th International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals“), pořadatelé: Jednota českých matematiků a fyziků, Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Vysoká škola chemicko-technologická, 141 účastníků, z toho 119 zahraničních.
- Aperiodic2015, pořadatelé: Krystalografická společnost a Fyzikální ústav AV ČR, 130 účastníků, z toho 120 zahraničních.
- ELI Beamlines a Hilase letní škola 2015 („ELI Beamlines and HiLASE summer school 2015“), pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 118 účastníků, z toho 48 zahraničních.
- ELI Scientific Challenges 2015, pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 88 účastníků, z toho 24 zahraničních.
- Symposium P v rámci konference E-MRS podzim 2015, název sympozia „Elektronická a optická podstata křemíkových nanostruktur: dopování, vliv rozhraní a napětí“ (Symposium P of the E-MRS conference Fall Meeting 2015, symposium entitled „Electronic & optical nature of silicon nanostructures: doping, interface effects & strain“), pořadatelé: Universität Freiburg, Fyzikální institut AV ČR, University of New South Wales, Sydney, Australia, 80 účastníků, z toho 78 zahraničních.
- 9. ročník workshopu HEC-DPSSL („The 9<sup>th</sup> International Workshop of High Energy Class Diode Pumped Solid State Lasers“), pořádalo Centrum HiLASE, Fyzikální ústav AV ČR, 80 účastníků, z toho 63 zahraničních.
- 3. škola strukturní analýzy z difrakčních dat: aplikace na krystaly ve formě prášku („3<sup>rd</sup> school on structure analysis from diffraction data: application on crystal in powder form“), pořadatelé: University of Tunis El Manar, Fyzikální ústav AV ČR, 70 účastníků, z toho 70 zahraničních
- Workshop práškových difrakčních metod v MPI-CPFS („Workshop on powder diffraction methods at MPI-CPFS“), pořadatelé: Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids, Německo, Fyzikální ústav AV ČR, 50 účastníků, z toho 50 zahraničních.

- 6. šanghajský workshop o RTG krystalografii („6<sup>th</sup> Shanghai Workshop on X-Ray Crystallography“), pořadatelé: College of Materials Science and Engineering, Shanghai University, Fyzikální ústav AV ČR, 50 účastníků, z toho 50 zahraničních.
- Ad-hoc workshopy Jana2006, pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 49 účastníků, z toho 41 zahraničních.
- Workshop o senzorech fotonů s pikosekundovým rozlišením pro fyzikální a lékařské aplikace („Workshop on picosecond photon sensors for physics and medical applications“), pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 45 účastníků, z toho 32 zahraničních.
- Společná mezinárodní fyzikální letní škola – optika („Joint International Physics Summer School – Optics“), pořadatelé: Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, University of Insubria, Como, Itálie, 30 účastníků, z toho 20 zahraničních.
- 8. workshop o strukturní analýze aperiodických krystalů („8<sup>th</sup> workshop on structural analysis of aperiodic crystals“), pořadatelé: Bayreuth University, Německo, Fyzikální ústav AV ČR, 25 účastníků, z toho 25 zahraničních.
- Workshop s tématikou měření minimum bias a underlying event („Minimum bias and underlying event workshop“), pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 15 účastníků, z toho 1 zahraniční.
- Studentský workshop Fyzika jetů („Workshop for students – Jet physics“), pořádal Fyzikální ústav AV ČR, 25 účastníků, z toho 2 zahraničních.

## Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště

- Prof. Gerard 't Hooft, Universiteit Utrecht, Nizozemí, zabývá se fundamentálními problémy kvantové mechaniky, nositel Nobelovy ceny za fyziku
- Prof. Gerard Mourou, École Polytechnique, Francie, přední odborník v oboru laserové fyziky, duchovní otec projektu ELI
- Prof. Dr. Alexander Lichtenstein, Universität Hamburg, SRN, přední odborník na elektronovou strukturu silně korelovaných elektronových systémů, nositel Machovy medaile AV ČR
- Prof. Petr Hořava, Director of the Berkeley Center for Theoretical Physics, UC Berkeley, USA, přední světový odborník teorie strun, v roce 2015 obdržel cenu Neuron
- Prof. Tomasz Bulik, Varšavská Univerzita, Polsko, přední světový odborník na výběr a charakterizaci lokalit astronomických observatoří a významný astrofyzik
- Prof. Ted Janssen, Univerzita v Nijmegenu, Nizozemí, špičkový odborník v krystalografii, spoluautor teorie superprostorové symetrie, nositel Aminoffovy a Ewaldovy ceny za krystalografii
- Prof. Juan Manuel Perez-Mato, Univerzita v Bilbao, Španělsko, špičkový odborník v krystalografii, specialista na řešení a symetrii magnetických struktur
- Prof. Gervais Chapuis, Univerzita v Lausanne, Švýcarsko, špičkový odborník v krystalografii, specialista na řešení a symetrii modulovaných struktur
- Dr. Beata Lesiak-Orlowska, Ústav fyzikální chemie, Polská akademie věd, Polsko, přední polská odbornice ve fotoelektronové spektroskopii
- Prof. Tania Paskova, North Carolina State University, National Science Foundation, USA. Prof. Tania Paskova se zabývá růstem krystalů III-V skupiny polovodičů metodami HVPE a MOCVD. Je autorkou více než 220 vědeckých článků a editorkou dvou odborných knih o GaN. Od roku 2015 je zaměstnaná na částečný úvazek v National Science Foundation.
- Prof. John Collier, Central Laser Facility, RAL, STFC, Velká Británie, přední odborník v oboru laserové fyziky

- Dr. Leonid Glebov, CREOL, University of Central Florida, USA, průkopník ve vývoji prostorových Braggovských mřížek
- Dr. Gediminas Račiukaitis, Center for Physical Sciences and Technology, Litva, přední odborník v oboru laserových aplikací
- Prof. Seetha Ramaiah Mannava, University of Cincinnati, USA, jeden ze zakladatelů a průkopníků technologie laser shock peening
- Prof. Franz X. Kärtner, MIT, USA, přední odborník v oboru laserové fyziky

## Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2015

- Pierre Auger Observatory, Mendoza, Argentina, studium vysokoenergetického kosmického záření
- CNRS, Paris a GANIL, Caen, Francie, vytvoření European Associated Laboratory „Nuclear Astrophysics and Grid“
- Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA) at ENSTA-ParisTech, Palaiseau, Francie, využívání výkonných diodově čerpaných laserů pro studium laserem vyvolaných poškození
- ELTEK S.p.A., Casale Monferrato, Itálie, příprava nanokompozitů a jejich charakterizace
- Laboratori Nazionali del Sud (LNS) of INFN, public research institution, Catania, Itálie, vědecká a technologická spolupráce na lékařských aplikacích na ELI Beamlines
- Italian National Research Council, Institute of Photonics and Nanotechnology (CNR-IFN) Padova, Itálie, spolupráce na vývoji technologie adaptivní optiky pro velmi výkonné diodově čerpané pevnolátkové lasery
- SISSA, Terst, Itálie, vědecká a kulturní výměna, výchova mladých vědeckých pracovníků
- Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, Japonsko, spolupráce v oblasti využití výkonných diodově čerpaných laserů pro studie v oblasti měkkého rentgenového záření
- Faculty of Engineering, Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, Japonsko, aplikace laserem vytvořeného plazmatu pro studium zdrojů rentgenového záření
- Advanced Photonics Research Institute (APRI-GIST), Gwangju, Korea, interakce ultra intenzivního laserového záření s hmotou na ELI Beamlines
- Advanced Photonic Research Institute of GIST, Gwangju, Korea, vývoj X-laserů a jejich využití
- Institute of Optics and Quantum Electronics (IOQ), Jena, Německo, využití výkonných diodově čerpaných laserů ve vědě a technologii
- Institute of Automation and Control Processes of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Rusko, růst a vlastnosti polovodičových nanoheterostruktur a nanomateriálů
- Brookhaven Science Associates, LLC, New York, USA, účast na projektech Brookhaven National Laboratory
- Board of the Large Synoptic Survey Telescope Inc., Tucson, USA, využívání unikátního teleskopu
- The University of Nottingham of University Park, Nottingham, Velká Británie, výzkum v oblasti tvarových pamětí
- HITACHI EUROPE LIMITED, Berkshire, Velká Británie, výzkum v oblasti nanospintroniky
- The Queen's University of Belfast (Queen's), University Road, Belfast, Velká Británie, experimenty na ELI Beamlines
- Research and Development Center Saigon Hi-Tech Park of the Ho Chi Minh City, Vietnam, vývoj alternativních PECVD technologií přípravy hydrogenovaných tenkých křemíkových filmů pro solární cely

- Korea Institute of Materials Science, Korea, Scientific and Technological Collaboration in materials science and technology
- Laser-Laboratorium Göttingen e.V. (LLG), Německo, Collaborative Program on EUV light source and applications
- Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut fuer Hoechstfrequenztechnik (FBH), Berlin, Německo, Collaborative Program on Laser-Diode Technology for High Average Power, Diode-Pumped Solid State Lasers
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V. (HZDR), Dresden, Německo, collaboration towards „Plasma and High Energy Density Physics“ experiments at ELI Beamlines
- Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Polsko, research field of optical, optoelectronic, luminescence and scintillation materials
- Innsbruck Medical University and University of Innsbruck, Rakousko, project to the Land Tirol Sachgebiet Wirtschaftsförderung – Translational Research i-scaff
- Moskevská státní univerzita M. V. Lomonosova, Moskva, Rusko, příprava a výzkum organických spontánně se uspořádávajících materiálů s kapalně krystalickými vlastnostmi
- National Research Nuclear University, Moscow, Rusko, collaboration towards „ultra-intense laser matter interaction“
- Institute of Thermophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ITP) Novosibirsk, Rusko, Collaborative Program on Material Processing with High Average Power, Diode-Pumped Solid State and Fiber Lasers
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Švýcarsko, cooperation for the CLIC Detector and Physics Study
- Sumy State University, Ukrajina, In vivo monitoring of delivery of magnetically labeled stem cells and magnetic carriers
- UT-BATTELLE, LLC, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA, experimenty neutronové difrakce v ORNL
- CERN (Crystal Clear Collaboration, RD-18), Švýcarsko, vývoj nových scintilačních materiálů pro aplikace především ve fyzice vysokých energií, medicíně a bezpečnostních technikách
- Pierre et Marie Curie University, Paris, Francie, agreement on cooperation – educational and research programs (ELI Beamlines project)
- The European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francie, memorandum of understanding for TANGO Collaboration (ELI Beamlines project)
- University of Parma, Information Engineering Department (DII), Itálie, memorandum of understanding (MoU) on collaborative program on a fiber development for high average power, diode-pumped solid state and fiber lasers
- Section of Radiological Sciences of the Department of Biomedical Sciences and of Morphologic and Functional Imaging of the University of Messina, Itálie, memorandum of understanding for a scientific and technological collaboration for „Monte Carlo characterization of radiation fields“ at ELI Beamlines
- Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japonsko, general arrangement for cooperation in research, development and applications of high power laser systems
- Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Japonsko, joint research agreement (HiLASE)
- Cherenkov Telescope Array Observatory gemeinnützige GmbH, Heidelberg, Německo, smlouva o vstupu FZÚ do „CTAO gGmbH“

- Institute of Physics and Technology of the University of Bergen, Norsko, research and development work for detectors for high energy, high luminosity linear electron-positron collider
- Ural Federal University, Ekaterinburg, Rusko, memorandum of understanding for collaboration on the „Modeling of innovative materials on the basis of first-principles electronic structure calculations“
- Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid (CLUPM), Madrid, Španělsko, memorandum of understanding (MoU) on collaborative program on a development of laser shock processing
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Geneva, Švýcarsko, memorandum of understanding for the collaboration in the field of technology transfer
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Geneva, Švýcarsko, License agreement KN2436/KT/PH/217/L – licence řešení TCP/IP jádra na EPGA hradlových polích
- Donetsk National Medical University of Maxim Gorky, Donetsk, Ukrajina, memorandum of understanding for research collaboration „Medical nonthermal plasma (MNP)“
- Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O. Galkin, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukrajina, memorandum of understanding for research collaboration „The electron paramagnetic resonance study of functional oxide-based materials“
- Stanford University SLAC National Accelerator Laboratory, Stanford, USA, využívání unikátního zařízení Laboratoře SLAC
- Strathclyde Intense Laser Interaction Studies group of Strathclyde University (SILIS-STRATH), Glasgow, Velká Británie, memorandum of understanding for a scientific collaboration on „Experiment, theory and simulation of plasma amplification, laser-driven particle acceleration, light sources and diagnostics“
- Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Physik, Garching, Německo, mutual nondisclosure agreement for exchange of information with Ludwig-Maximilians-Universität
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Ilfov, Rumunsko, agreement of joint scientific research and technical assistance in the field of „Al and Ni doped ZnO synthesized by PLD for high temperature thermoelectric applications“
- Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea, memorandum of understanding on collaborative program for high power pulsed laser technology development
- Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Quebec, Kanada, memorandum of understanding for a scientific collaboration on „Warm dense matter physics induced by laser-matter interaction“
- Universität Hamburg, Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences (MIN), Německo, memorandum of understanding – ELI project- cooperation in research and development in areas of common interest
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, agreement on the terms and conditions of mutual cooperation – cooperation in research and development in areas of common interest
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, agreement of the terms and conditions of mutual cooperation – memorandum of understanding
- Centro De Laseres Pulsados (CLPU), Salamanca, Španělsko, memorandum of understanding for a scientific and technological collaboration for „Experiments and simulations in the field of high power lasers and secondary sources“
- CEA – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Paris, Francie, letter of intent for a joint experimental campaign on „Laser driven proton acceleration from a H2 cryogenic target“
- Física i Cristallografia de Materials (FiCMA), Universitat Rovira I Virgili (URV), Tarragona, Španělsko, collaborative program on diode pumped microchip solid state lasers

- Fermi Research Alliance, LLC, USA, Non-Proprietary User Agreement (NUA FRA-2015-0092), Contract no. DE-AC02-07CH11359
- Ho Chi Minh City Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam, Letter of intent on scientific collaboration – development and application of measured methods for spectral changes of solar radiation with aim to realize optimal structures of the solar cells based on hydrogenated silicon thin films
- V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Rusko, collaborative program on modification of materials by lasers
- Institute of Thermophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ITP), Novosibirsk, Rusko, memorandum of understanding on collaborative program on material processing with high average power, diode – pumped solid state and fiber lasers
- Faculty of Engineering and Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Japonsko, Agreement on academic exchange in various areas of education and research
- DESY Hamburg, Německo, cooperation agreement – HERA experiments
- Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, China, memorandum of understanding for research collaboration – the research and PhD training in the field of smart engineering materials
- Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A. (Elettra), Itálie, memorandum of understanding for a scientific and technological collaboration
- Institute of Applied Materials Science of the Vietnam Academy of Science and Technology in Ho Chi Minh City, Vietnam, Letter of intent on scientific collaboration – development of hydrogenated silicon thin films for solar cells and alternative applications

## ■ Statistika zahraničních styků

### Statistika zahraničních cest v roce 2015 – FZÚ

	Výjezdy – počet		Výjezdy – počet dnů	
	<i>celkem</i>	<i>dlouhodobé<sup>1</sup></i>	<i>celkem</i>	<i>dlouhodobé<sup>1</sup></i>
Sekce fyziky elementárních částic	332	27	3 874	1 526
Sekce fyziky kondenzovaných látek	287	4	1 878	312
Sekce fyziky pevných látek	394	10	2 834	653
Sekce optiky	128	4	1 083	236
Sekce výkonových systémů	171	6	1 336	296
Sekce ELI Beamlines	383	5	2 282	278
ostatní	35	4	354	208
<i>celkem</i>	<i>1 730</i>	<i>60</i>	<i>13 641</i>	<i>3 509</i>

<sup>1</sup>dlouhodobý pobyt = delší než 30 dnů

Země	Výjezdy – počet	Země	Výjezdy – počet	Země	Výjezdy – počet
Německo	367	Korejská republika	14	Brazílie	3
Švýcarsko	182	Rumunsko	13	Thajsko	3
Francie	163	Litva	12	Jihoafrická rep.	3
Itálie	135	Chorvatsko	11	Černá Hora	3
Spoj. st. americké	124	Turecko	11	Malta	2
Velká Británie	82	Finsko	10	Izrael	2
ČR	65	Ukrajina	10	Srbsko	2
Španělsko	65	Austrálie Oceánie	10	Konžská dem. rep.	1
Slovensko	58	Argentina	9	Chile	1
Belgie	54	Slovinsko	8	Tunisko	1
Polsko	52	Dánsko	8	Hongkong	1
Portugalsko Azory	43	Indie	5	Spojené ar. emiráty	1
Japonsko	36	Tchajwan	5	Bulharsko	1
Rusko	33	Kanada	5	Guadeloupe	1
Rakousko	27	Estonsko	5	Mexiko	1
Maďarsko	21	Vietnam	4	Arménie	1
Nizozemsko	15	Maroko	4	Singapur	1
Čína	15	Řecko	4		
Švédsko	14	Irsko	4	<b>Celkem</b>	<b>1730</b>

Pracovníci FZÚ vyjeli v roce 2015 celkem do 55 zemí, celkové náklady ze strany FZÚ na jejich cesty činily 50,31 milionu Kč.

### Hosté FZÚ v roce 2015 – přehled

	Počet – přijetí			Přijetí – počet dnů		
	interní	akademické	celkem	interní	akademické	celkem
Sekce fyziky elementárních částic	27	4	31	123	22	145
Sekce fyziky kondenzovaných látek	48	7	55	559	54	613
Sekce fyziky pevných látek	106	9	115	820	58	878
Sekce optiky	16	3	19	162	15	177
Sekce výkonových systémů	11	0	11	274	0	274
Sekce ELI Beamlines	106	0	106	398	0	398
<i>celkem</i>	314	23	337	2 336	149	2 485

<i>Země</i>	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>	<i>Země</i>	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>
Německo	60	0	60	Čína	3	0	3
VB	52	0	52	Indie	3	0	3
Francie	28	0	28	JAR	1	2	3
USA	26	0	26	Nizozemí	3	0	3
Slovensko	17	3	20	Estonsko	0	3	3
Japonsko	17	0	17	Tchaj-wan	0	3	3
Polsko	12	4	16	Dánsko	2	0	2
Španělsko	14	0	14	Litva	2	0	2
Švýcarsko	12	0	12	Thajsko	2	0	2
Itálie	10	0	10	Kanada	2	0	2
Rusko	10	0	10	Belgie	1	1	2
Rakousko	7	0	7	Brazílie	1	0	1
Portugalsko	6	0	6	Finsko	1	0	1
Švédsko	6	0	6	Izrael	1	0	1
Ukrajina	6	0	6	Lotyšsko	1	0	1
Maďarsko	2	3	5	Maroko	1	0	1
Korea	4	0	4	Turecko	0	1	1
Rumunsko	1	3	4	<b>Celkem</b>	<b>314</b>	<b>23</b>	<b>337</b>

V roce 2015 navštívili FZÚ hosté z 35 zemí.





# Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2015

## ■ Přehled

	Sekce fyziky vysokých energií	Sekce fyziky kondenzovaných látek	Sekce fyziky pevných látek	Sekce optiky	Sekce výkonnových systémů	Sekce realizace projektu ELI Beamlines	celkem
Kniha, monografie	0	1	0	0	0	0	1
Kapitola v knize	0	3	5	2	0	0	10
Publikace v impaktovaném periodiku	118,99	129,04	233,19	62,92	32,39	15,46	592
Publikace v neimpaktovaném periodiku	1	16,57	33,2	6,23	0,17	3,83	61
Publikace v konferenčním sborníku	0	7,42	2,39	2,36	1,83	0	14
Patenty	0	3,67	2,46	2,88	2	0	11
Užité a průmyslové vzory	0	0	1,12	3,88	0	0	5

*(Poznámka: Pokud má jeden vědecký výstup autory z různých sekcí Fyzikálního ústavu, jsou v tabulce výše započteny těmto sekcím jen poměrné části takového výstupu. Například pro publikaci s 10 autory z FZÚ, z toho 9 ze Sekce 2 a 1 ze Sekce 3, se započte 0,9 pro Sekci 2 a 0,1 pro Sekci 3.)*

## Členění publikací v impaktovaném periodiku dle oborů

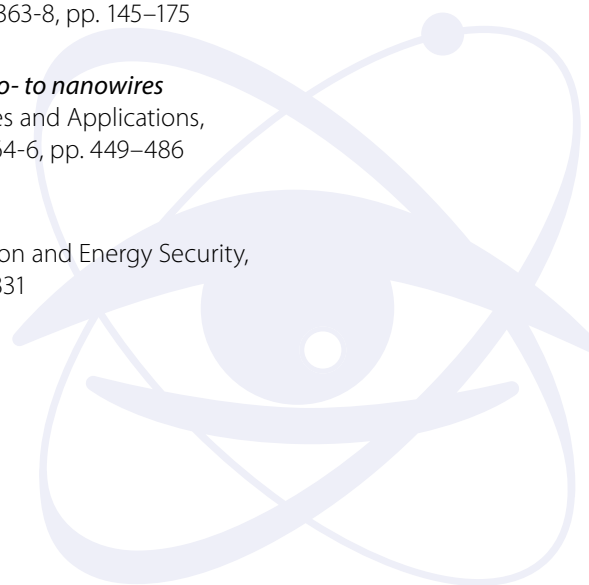
Nové technologie a materiály	155
Elektronová a geometrická struktura pevných látek	92
Magnetické a dielektrické vlastnosti	112
Optika	26
Fyzika vysokých energií	131
Fyzika interakce laserového záření s hmotou	47
Ostatní	29
<b>Celkem</b>	<b>592</b>

## Knihy, monografie

1. **A. Bubnov, M. Glogarová** (editoři)  
*FLC-15: Challenges in polar self-assembling systems*  
Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i, Praha, rok vydání: 2015, ISBN: 978-80-905962-2-1, 180 stran.

## Kapitoly v knihách

1. **V. Janiš**  
*Introduction to Mean-Field Theory of Spin Glass Models*  
Many-Body Physics: From Kondo to Hubbard, Modeling and Simulation, Vol. 5, Jülich, rok vydání: 2015, pp. 8.1–8.28
2. **I. Kratochvílová**  
*DNA and RNA Electronic Properties for Molecular Modifications and Environmental State Diagnostics*  
RNA and DNA Diagnostics, Springer, rok vydání: 2015, ISBN 978-3-319-17304-7, pp. 225–239
3. **P. Lejčák, S. Hofmann**  
*Anisotropy and quantitative prediction of grain boundary segregation*  
Grain Boundary Segregation, Anisotropy and Prediction, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, rok vydání: 2016 (online: 2015), ISBN: 978-0-08-043152-9, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, pp. 1–7
4. **P. Hapala, M. Ondráček, O. Stetsovych, M. Švec, P. Jelínek**  
*Simultaneous nc-AFM/STM Measurements with Atomic Resolution*  
Noncontact Atomic Force Microscopy Vol. 3, Springer, rok vydání: 2015, ISBN 978-3-319-15587-6, pp. 29–49
5. **P. Jelínek**  
*Theoretical challenges of simultaneous nc-AFM/STM experiments*  
Imaging and Manipulation of Adsorbates Using Dynamic Force Microscopy, Springer, rok vydání: 2015, ISBN 978-3-319-17400-6, pp. 81–92
6. **T. Jungwirth**  
*III–V Based Magnetic Semiconductors*  
Handbook of Spintronics, Springer, rok vydání: 2015, ISBN 978-94-007-7604-3, pp. 1–49
7. **P. Novák**  
*Transition Metal Oxides: Magnetism*  
Encyclopedia of Materials: Science and Technology, rok vydání: 2016 (online: 2015), ISBN: 978-0-08-043152-9, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, pp. 9397–9402
8. **F. Trojánek, P. Malý, I. Pelant**  
*Excited-State Relaxation in Group IV Nanocrystals Investigated Using Optical Methods*  
Nanotechnology and Photovoltaic Devices: Light Energy Harvesting with Group IV Nanostructures, Pan Stanford Publishing, rok vydání: 2015, ISBN 978-98-144-6363-8, pp. 145–175
9. **L. Kraus**  
*15 – Ferromagnetic resonance in individual wires: From micro- to nanowires*  
Magnetic Nano- and Microwires: Design, Synthesis, Properties and Applications, Woodhead Publishing, rok vydání: 2015, ISBN 978-0-08-100164-6, pp. 449–486
10. **R. Zeipl, M. Jelínek, M. Vlček, T. Kocourek, J. Vaniš, J. Remsa**  
*Physical Properties of Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> Nanolayers*  
Nanoscience Advances in CBRN Agents Detection, Information and Energy Security, Springer, rok vydání: 2015, ISBN 978-94-017-9696-5, pp. 325–331



## ■ Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2015

1

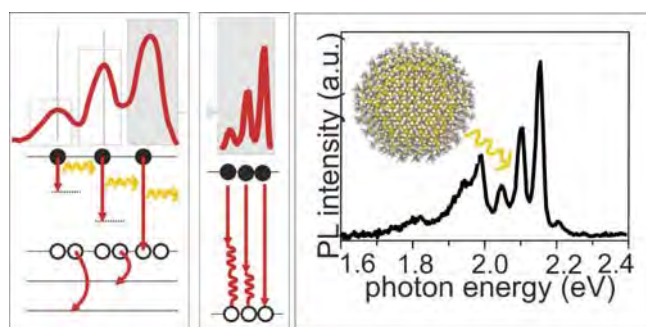
Významný výsledek vědecké činnosti v roce 2015

Light: Science & Applications **4** (2015),  
e336, doi: 10.1038/lisa.2015.109

### Světelná emise trionu v křemíkových nanokrystalech s přímým zakázaným pásem potvrzená pomocí nízkoteplotní spektroskopie jednotlivých nanokrystalů

K. Kůsová, I. Pelant, J. Valenta

Experimentálně i teoreticky jsme prokázali, že u křemíkových nanokrystalů lze pomocí tahové deformace krystalického jádra způsobené vhodnou povrchovou pasivační vrstvou dosáhnout přímého zakázaného pásu. Následně jsme tento nový materiál zkoumali pomocí fotoluminiscenční spektroskopie jednotlivých nanokrystalů, a to v širokém rozmezí teplot (9–300 K). Ukázalo se, že výsledná spektra jsou značně variabilní. Tuto variabilitu je ovšem možné vysvětlit spektrální difuzí (posunem spektra během doby měření), což jsme potvrdili numerickým modelováním, a následně jsme byli schopni identifikovat základní spektrální motiv, odpovídající tvaru v pravém panelu na obrázku. Pozorovaný tvar lze vysvětlit zářivou rekombinací trionu, kvazičástice skládající se ze dvou děr a jednoho elektronu, což celosvětově řadí studované nanokrystaly mezi jedny z několika málo materiálů, na nichž byla světelná emise trionu (dříve považována za nemožnou) prokázána.



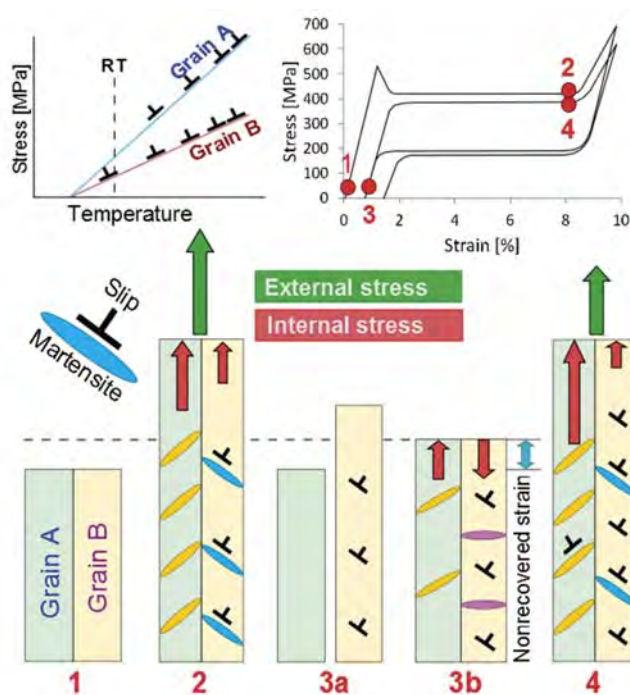
Křemíkové nanokrystaly s přímým zakázaným pásem pokryté metylovými skupinami  $-CH_3$ : Schéma vzniku trionové emisní čáry zářivou rekombinací elektronu s jednou ze dvou děr obsazujících hladinu v blízkosti vrcholku valenčního pásu (levý panel), část rekombinační energie je předána druhé díře. Schéma vzniku fononových replik každé čáry předáním části energie elektron–děrového páru kmitům krystalové mřížky nanokrystalu (prostřední panel) a experimentálně získané spektrum (pravý panel).



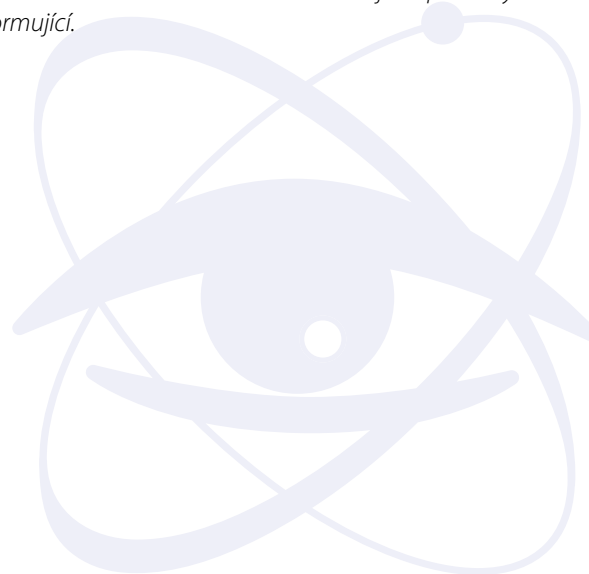
## Objasnění mechanismu nestability cyklické superelastické deformace materiálů NiTi pomocí in-situ rentgenové difrakce

P. Sedmák, P. Šittner, J. Pilch, C. Curfs

Mechanická a termomechanická únava kovových vláken ze slitiny s tvarovou pamětí NiTi je v současnosti v centru pozornosti v oboru. My jsme v roce 2015 analyzovali a publikovali výsledky unikátního in-situ experimentu, v němž jsme pomocí difrakce synchrotronového záření pozorovali vývoj mikrostruktury a vnitřního napětí v superelastickém vlákně NiTi během cyklické tahové deformace. Ukázalo se, že vnitřní napětí v různě orientovaných zrnech cyklovaného drátu se s počtem deformačních cyklů významně mění a v zrnech postupně narůstá objem martenzitické fáze, která se po odlehčení nevrátí do původní austenitické struktury. Zjistili jsme, že nestabilita cyklické deformační odezvy je důsledkem současné martenzitické deformace a plastické deformace skluzem dislokací v prostředí polykrystalu. Mechanismus degradace cyklické deformační odezvy jsme vysvětlili pomocí schematického bikrystalického modelu na přiloženém obrázku. Model vysvětluje mechanismus vývoje mikrostruktury při cyklické tahové deformaci drátu NiTi současně martenziticky transformující a plasticky se deformující.



Bikrystalický model vývoje mikrostruktury během cyklické tahové deformace drátu NiTi. Schematický model vysvětluje mechanismus vývoje mikrostruktury při cyklické tahové deformaci drátu NiTi současně transformující a plasticky se deformující.



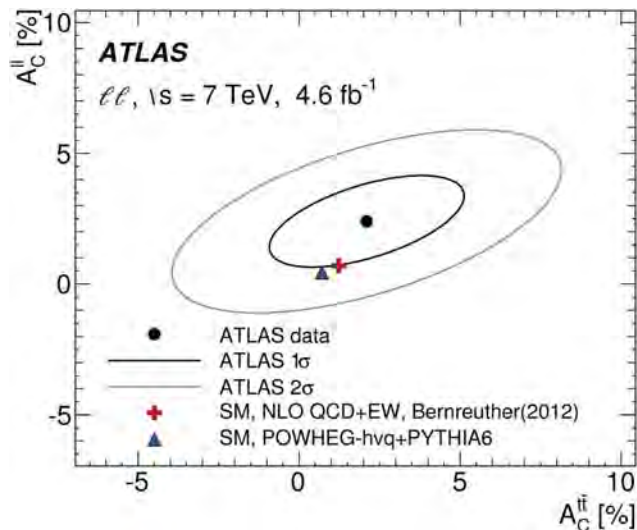
## Měření nábojové asymetrie v dvou-leptonových rozpadech párové produkce top kvarků v proton-protonových srážkách při $\sqrt{s} = 7$ TeV v detektoru ATLAS

G. Aad et al. (ATLAS Collaboration, z FZÚ: J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajčěk, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba)

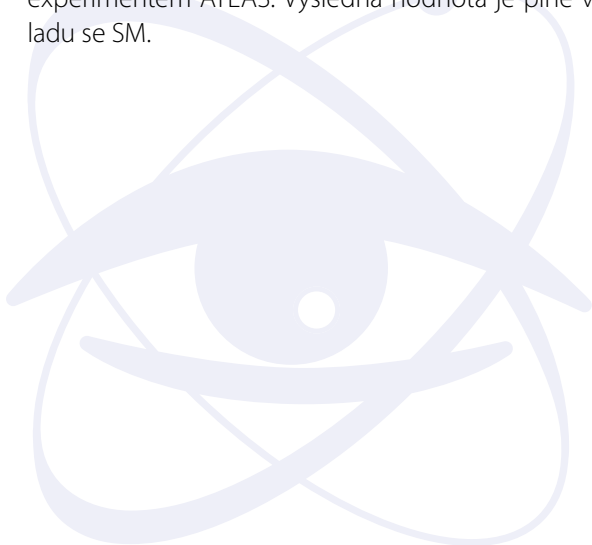
Top kvark, nejtěžší známá elementární částice, je díky své extrémní hmotnosti vhodným kandidátem pro hledání signálů za rámcem standardního modelu (SM) částicové fyziky. Fyzika top kvarku patří tradičně k hlavním oblastem výzkumu, na který se pracovníci našeho ústavu zaměřují a kteří také patřili k hlavním autorům práce.

Měření nábojové asymetrie v párové produkci top kvarku v proton-protonových srážkách na urychlovači LHC v CERN představuje důležitý test SM částicové fyziky. Platí to především ve vztahu k předchozím měřením z urychlovače Tevatron, kde pozorovaná předozadní asymetrie byla větší než předpovědi SM.

Obě asymetrie v párové produkci top kvarku jsou způsobeny narušením parity a nábojové symetrie, tzv. CP symetrie. Toto narušení je ve SM malé, jakákoliv pozorovaná anomálie by znamenala objev nové neznámé fyziky, která by mohla pomoci vysvětlit převahu hmoty nad antihmotou v našem vesmíru. Publikovaná práce prezentuje výsledky měření nábojové asymetrie v proton-protonových srážkách při těžišťové energii 7 TeV zaznamenaných experimentem ATLAS. Výsledná hodnota je plně v souladu se SM.



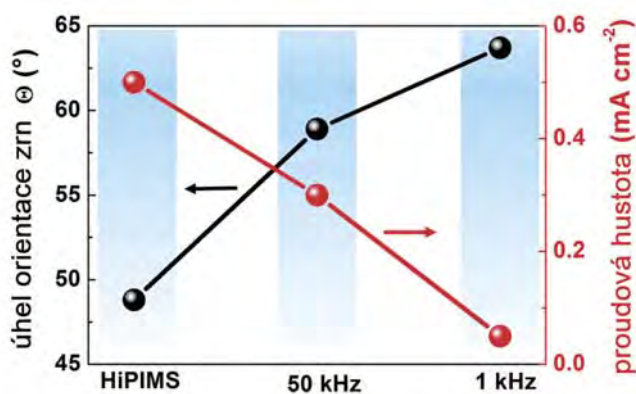
Porovnání naměřených hodnot nábojové asymetrie  $A_C^{ll}$  a  $A_C^{tt}$  s teoretickými předpověďmi SM. Elipsy odpovídají  $1\sigma$  a  $2\sigma$  chybovým konturám.



## Hematitové fotoanody s plně kontrolovatelnou texturou vhodné pro zvýšení efektivity solárního rozkladu vody

Š.Kment, P. Schmuki, Z. Hubička, L. Machala, R. Kirchgeorg, N. Liu, L. Wang, K. Lee, J. Olejnicek, M. Čada, I. Gregora, R. Zbořil

Vrstvy hematitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  jsou perspektivní pro aplikace tenkovrstvých fotoanod pro solární rozklad vody. Elektrická vodivost je pro tento materiál anizotropní s největší vodivostí ve směru kolmém na rovinu (110). Byla vyvinuta metoda pro kontrolu orientace krystalických zrn při depozici hematitových vrstev pulzním reaktivním naprašováním ze železného terče ve směsi plynů argonu a kyslíku. Byly použity různé frekvence a režim pulzování reaktivního magnetronového naprašovacího systému pracující s vysokým výkonem v pulzu HIPIMS. Ukázalo se, že texturu hematitových  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  vrstev lze spolehlivě a reprodukovatelně regulovat frekvencí pulzování výboje a velikostí výkonu v pulzu. Vlastnosti těchto vrstev byly měřeny pomocí rentgenové difrakce, Mössbauerovy spektroskopie, elektronové mikroskopie, fotoelektronové spektroskopie a fotoelektrochemického měření. Přesná kontrola depozičních podmínek umožnila vytvořit vrstvy hematitové fotoanody mající texturu podél rovin (110) a (104) s odlišnými fotoproudy 0,65 a 0,02  $\text{mA cm}^{-2}$ .



Vztah mezi texturou vyjádřenou úhlem  $Q$  a fotoelektrochemickou aktivitou vrstev vyjádřenou velikostí fotoproudu.

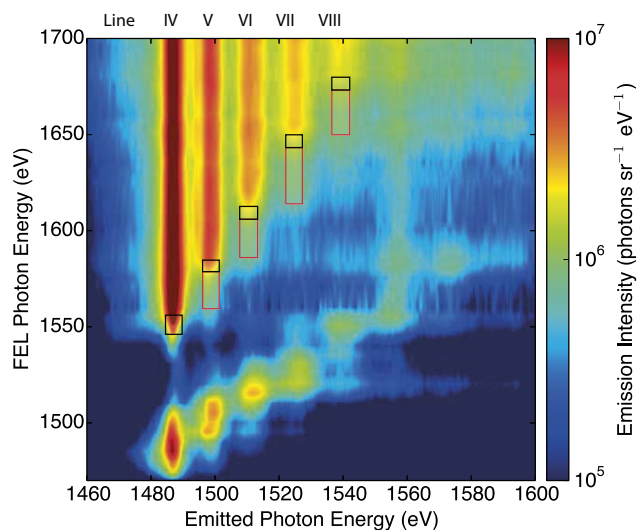


Nature Communications 6 (2015) 6397,  
doi: 10.1038/ncomms7397

## Sledování srážkových ionizačních frekvencí v hustém hliníkovém plazmatu na femtosekundových časových škálách

S. M. Vinko, O. Ciricosta, T. R. Preston, D. S. Rackstraw, C. R. D. Brown, T. Burian, J. Chalupsky, B. I. Cho, H. K. Chung, K. Engelhorn, R. W. Falcone, R. Fiokovini, V. Hajkova, P. A. Heimann, L. Juha, H. J. Lee, R. W. Lee, M. Messerschmidt, B. Nagler, W. Schlotter, J. J. Turner, L. Vysin, U. Zastra, J. S. Wark

Prohřáté husté plazma (WDM – warm dense matter) představuje unikátní stav hmoty běžně se vyskytující ve vesmíru, na Zemi však jen vzácně. V laboratorních podmínkách jej lze na krátkou dobu vytvořit pomocí velmi krátkých pulzů záření rentgenových laserů s volnými elektrony. Je nám tak umožněno studovat vlastnosti tohoto exotického stavu hmoty, v tomto případě srážkové ionizační frekvence silně vázaného plazmatu. Práce pojednává o prvních měřeních těchto vlastností na zařízení Linac Coherent Light Source (LCLS at SLAC, Menlo Park, CA, USA), která nepochybně ovlivní další výzkum v oblastech astrofyziky, planetologie a fyziky plazmatu a pevných látek. Na obrázku vidíme závislost  $K_{\alpha}$  spekter emitovaného záření (vodorovná osa) na energii fotonů laseru na volných elektronech (svislá osa). Spektrální čáry odpovídají jednotlivým nábojovým stavům ( $Al^{4+}$  až  $Al^{8+}$ ). Černé obdélníky označují experimentálně změřené polohy K-hran, zatímco červené obdélníky označují oblasti s výrazným vlivem srážkové ionizace.



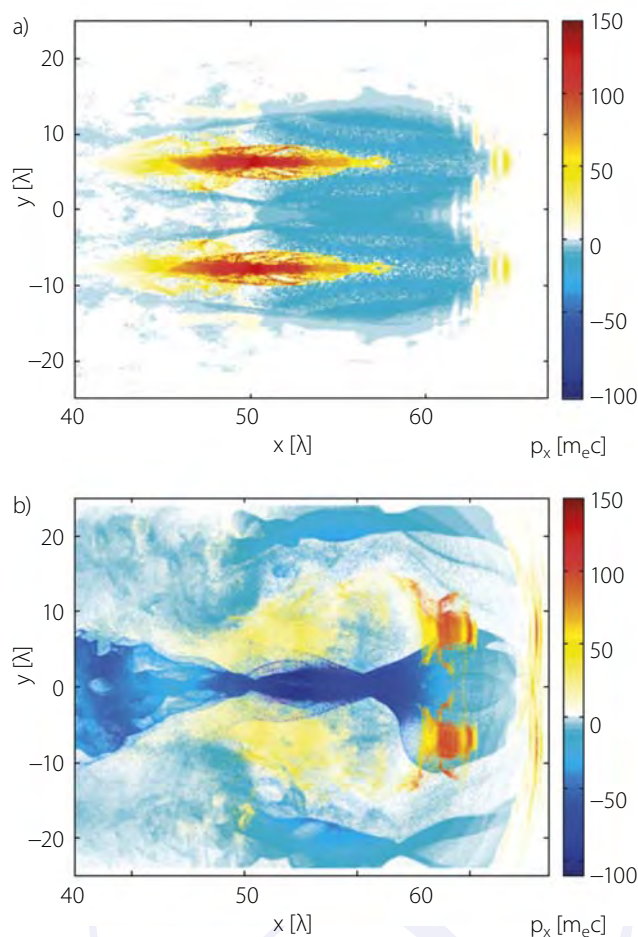
Experimentálně stanovené emisní spektrum hustého hliníkového plazmatu vytvořeného fokusovaným svazkem rentgenového laseru s volnými elektrony.



## Rychlá anihilace v magnetickém poli v režimu bez relativistických srážek buzená dvěma ultra krátkými laserovými pulzy

Y. J. Gu, O. Klimo, D. Kumar, Y. Liu, S. K. Singh, T. Zh. Esirkepov, S. V. Bulanov, S. Weber, G. Korn

Formace magnetických kvadrupólových struktur během interakce dvou ultra krátkých vysokoenergetických laserových pulzů s bezsrážkovou plazmou je demonstrována pomocí 2,5 dimenzionální simulace částic v buňce. Následný rozvoj kvadrupólu je doprovázen anihilací magnetického pole v ultra relativistickém režimu, kdy magnetické pole nemůže být zachováno pomocí pouze plazmových proudů. Toto způsobuje dominantní příspěvek posuvného proudu, který rovněž vyvolává velmi silné elektrické pole. Toto elektrické pole vede ke konverzi magnetické energie do kinetické pro zrychlené elektrony uvnitř tenkého proudového stínění.



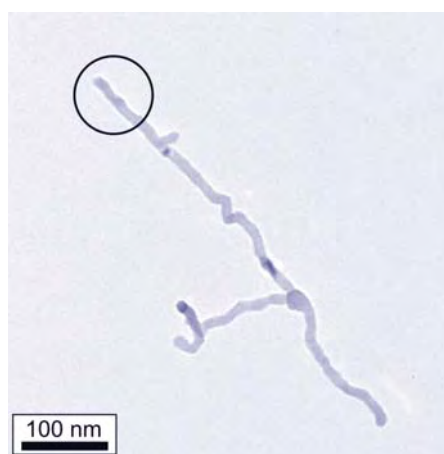
Simulovaný podélný moment elektronů  $p_x$  při  $69T_0$  (a) a  $138T_0$  (b). Obrázky jsou získány pomocí elektronů s maximální energií v každé z buněk simulované počítačové sítě.

Acta Crystallographica A 71 (2015) 235–244,  
doi: 10.1107/S2053273315001266

## Přesné určení struktury mikrokystalů pomocí precesní elektronové difrakční tomografie a dynamické difrakce

L. Palatinus, V. Petricek, C. A. Correa

Znalost přesné atomární struktury krystalických látek patří k základním podmínkám detailního výzkumu jejich vlastností i praktického využití. Řada látek ovšem tvoří pouze mikroskopické krystaly s rozměry často jen ve stovkách nanometrů, které je možné analyzovat pouze pomocí studia rozptylu elektronů v transmisním elektronovém mikroskopu. Tato analýza měla doposud velmi omezenou přesnost a spolehlivost. Nová metoda zpracování dat z elektronové difrakce vyvinutá na Fyzikálním ústavu AV ČR využívá výpočetně náročnou, ale přesnější tzv. dynamickou teorii difrakce elektronů a díky tomu umožňuje dosáhnout několikrát větší přesnosti při určování atomových pozic v mikro- a nanokrystalech, než bylo doposud možné a zároveň umožňuje mnohem detailnější analýzu strukturních jevů jako je např. zastupování atomů různých prvků na stejných strukturních pozicích (chemická neuspořádanost). Již krátce po své publikaci byla nová metoda použita v řadě prací především z oblasti anorganické chemie a geověd.



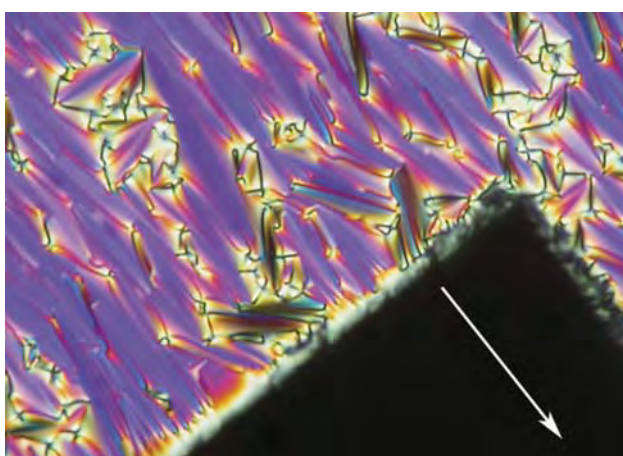
Obrázek nanodrátu sloučeniny  $\text{Ni}_2\text{Si}$  z transmisního elektronového mikroskopu s vyznačenou částí, která byla použita pro analýzu. Atomové pozice v základní buňce struktury tohoto nanodrátu byly novou metodou určeny s přesností lepší než 1 pm ( $10^{-12}$  m), tedy asi 0,5% meziatomové vzdálenosti. Průměr nanodrátu je 15 nm.



## Unikátní efekt při aplikaci elektrického pole na nové kapalně krystalické deriváty kyseliny mléčné

V. Novotná, M. Glogarová, M. Kašpar, V. Hamplová, L. Lejček, D. Pocięcha

Bylo pozorováno a vysvětleno unikátní chování nového kapalně krystalického materiálu s chirálními molekulami, u kterého se vyskytuje tzv. TGBA fáze. V elektrickém poli se transformuje planární TGBA textura, ve které jsou molekuly uspořádány rovnoběžně s povrchem, do homeotropní, kde jsou molekuly kolmo k povrchu a tudíž se jeví ve zkřížených polarizátorech homogenně tmavá. Za určitých teplotních podmínek je proces vratný při vypnutí pole. Transformace planární textury v homeotropní je analogií tzv. Frederiksova jevu, který byl dosud popsán a prostudován jen pro nematika. Za jev je zodpovědná pozitivní dielektrická anizotropie a jak jsme prokázali pro náš materiál, rovněž velká stlačitelnost smektických vrstev, která je důsledkem specifického uspořádání molekul ve smektických vrstvách. Pozorovaný elektrooptický jev je využitelný pro specifické aplikace. Kromě toho pro frekvence nad 10 kHz byla zjištěna změna dielektrické anizotropie na negativní, což je vlastnost perspektivní pro aplikace v adaptivní nebo difrakční optice.



Planární textura studovaného kapalného krystalu ve smektické A fázi po aplikaci elektrického pole. Tmavá oblast pod elektrodou svědčí o transformaci planární textury v homeotropní. Bílá šipka naznačuje směr uspořádání molekul na povrchu vzorku díky kotvení. Šířka fotky odpovídá rozměru vzorku asi 300  $\mu\text{m}$ .

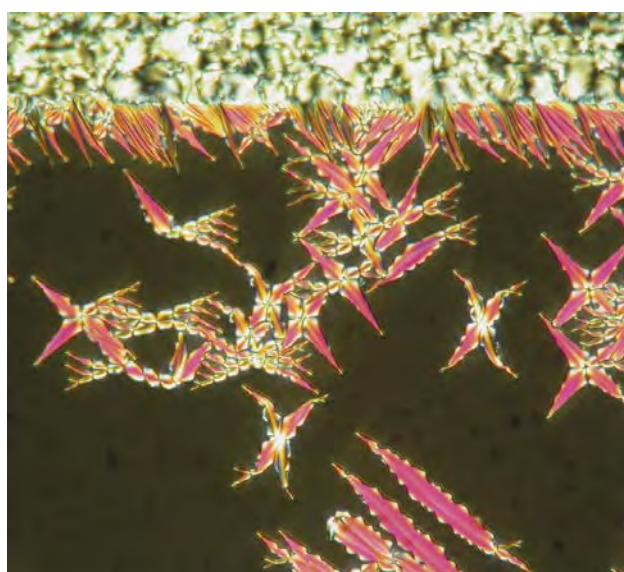


Physical Review E 92 (2015) 032505(1)–032505(10),  
doi: 10.1103/PhysRevE.92.032505

## Vznik filamentů v kapalně krystalické smektické-A fázi obsahující twistované hranice zrn

L. Lejček, V. Novotná, M. Glogarová

Byl navržen model růstu filamentů v textuře smektické-A fáze tvořené chirálními molekulami s periodickým rozložením hranic zrn obsahujících šroubové dislokace (TGBA fáze). Model je založen na představě konečných bloků paralelních smektických vrstev, které vytvářejí helikoidální strukturu. Vycházíme z pozorování v polarizovaném světle optického mikroskopu a z analýzy mechanismu vzniku filamentů TGBA fáze z homogenní smektické-A struktury, které může být vyvoláno například přiloženým elektrickým polem. Model lze použít i na popis formování filamentů, k němuž dochází typicky při fázovém přechodu ze smektické-A do TGBA fáze. Proces je vyvolán působením chirálních sil v kombinaci s planárním zakotvením molekul na povrchu vzorku. Filamenty jsou ohraničeny dislokačními smyčkami, které mají šroubové i hranové složky. Předkládaný model umožňuje rovněž vysvětlit specifickou orientaci filamentů vzhledem ke směru zakotvení molekul na povrchu vzorku a odhadnout kompresní modul materiálu.



*Růst filamentů kapalného krystalu v textuře smektické-A fáze tvořené chirálními molekulami, s periodickým rozložením hranic zrn obsahujících šroubové dislokace (TGBA fáze). Tmavá oblast odpovídá homeotropní textuře, která byla indukována elektrickým polem. Šířka fotky odpovídá 250  $\mu\text{m}$ .*

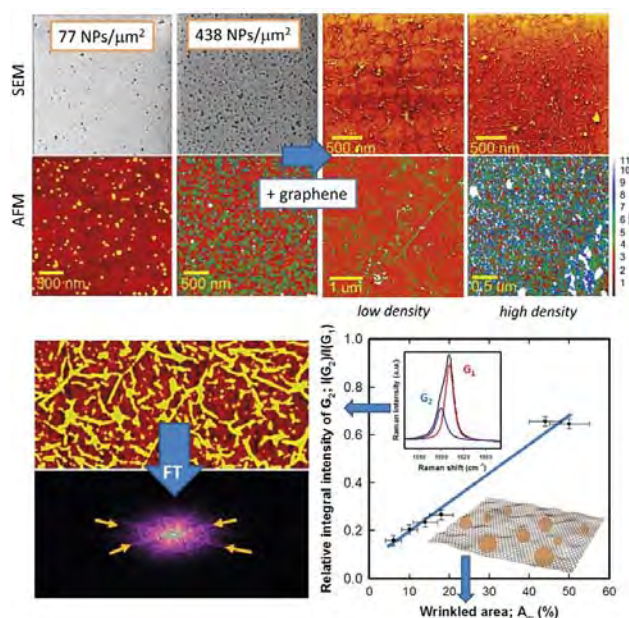


Scientific Reports 5 (2015) 15061(1)–15061(9),  
 doi: 10.1038/srep15061  
 Carbon 95 (2015) 573–579,  
 doi: 10.1016/j.carbon.2015.08.043

## Řízení topografie a elektronové struktury grafenu s využitím monodisperzních nanočástic

*J. Vejpravova, B. Pacakova, J. Endres, A. Mantlikova, T. Verhagen, V. Vales, O. Frank, M. Kalbac, A. Repko*

V reálných vzorcích grafenu je elektronová struktura závislá na lokální mechanické deformaci a interakci s okolím (např. substrátem), je tedy přímo definována topografií monovrstvy. V naší práci jsme navrhli originální přístup pro cílenou modifikaci topografie grafenu, který využívá tvarování grafenu na substrátu, který je dekorován monodisperzními magnetickými nanočásticemi. Pomocí pokročilé analýzy dat mikroskopie atomárních sil (AFM) jsme demonstrovali, že poměrné zvrásnění monovrstvy grafenu roste lineárně s hustotou nanočástic na substrátu a že zvrásněný grafen vykazuje v Ramanských spektrech typický 'otisk prstu', který lze využít ke kvantifikaci zvrásnění. Dále jsme pozorovali, že pro specifické geometrie nanočástic pod grafenem lze generovat napětí o trojčetné symetrii, které je nutnou podmínkou vzniku gigantických magnetických pseudopolí v řádu stovek Tesla. Výsledky jsou tedy zásadní v mnoha oblastech výzkumu grafenu a příbuzných nízkodimenzionálních systémů, např. pro cílenou chemickou funkcionalizaci, lokalizaci plasmonů, simulaci chování Diracových fermionů v extrémních režimech a vývoj extrémně citlivých senzorů plynů či biomolekul.

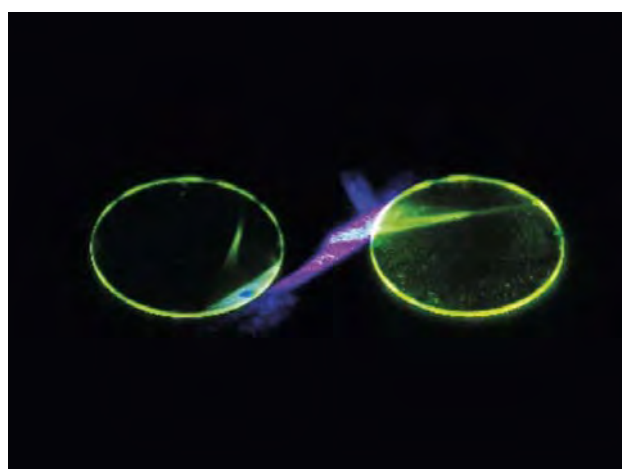


Nahoře: Topografie substrátu dekorovaného nanočásticemi (NPs) a monovrstvy grafenu transferované na substrát SiO<sub>2</sub>/Si; zobrazeno mikroskopií atomárních sil (AFM) a skenovací elektronovou mikroskopií (SEM). Vlevo dole: detail topografie monovrstvy grafenu transferované na substrát dekorovaný nanočásticemi, zobrazeno AFM a příslušný Fourierovský obraz, který znázorňuje preferenční orientaci vrásek. Vpravo dole: Obecná korelace mezi zvrásněnou frakcí grafenu (A<sub>w</sub>) a relativní intenzitou stěžejního Ramanský aktivního módu grafenu příslušejícího zvrásněné vrstvě. V detailu je znázorněn rozklad spektra G módu na zvrásněnou (G<sub>2</sub>) a hladkou (G<sub>1</sub>) frakci.

## Optimalizace složení epitaxních vrstevnatých scintilátorů z Ce-dopovaných multikomponentních granátů

*P. Průša, M. Kučera, J. A. Mareš, Z. Onderišinová, M. Hanuš, V. Babin, A. Beitlerová, M. Nikl*

Objemové monokrystaly multikomponentních granátů  $\text{Lu}_{3-x}\text{Gd}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{5-y}\text{O}_{12}:\text{Ce}$  pěstované z vysokoteplotní taveniny vykazují oproti základnímu složení  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  významná zlepšení několika scintilačních parametrů, konkrétně dosahují násobně vyššího světelného výtěžku, jsou potlačeny velmi pomalé komponenty ve scintilačním dosvitu a zlepšuje se i energetické rozlišení. V této práci jsme ukázali, že takového zlepšení lze dosáhnout i na tenkovrstvých scintilátorech obdobného složení připravených metodou kapalně epitaxe, kde se nám podařilo ve spolupráci s MFF UK z roztoku na bázi  $\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{BaF}_2$  připravit vrstvy s bezkonkurenčně nejlepšími scintilačními parametry v dosud publikované literatuře. V práci jsme vhodně upravenými experimentálními postupy získali i absolutní hodnoty speciálně světelných výtěžků vrstev, které doposud takto nebyly publikovány. Získané charakteristiky ukazují potenciál těchto tenkovrstvých scintilátorů pro zobrazování v ploše s vysokým rozlišením řádově do jednoho mikrometru; tyto scintilační senzory jsou také vhodné pro rychlou diagnostiku svazků urychlených částic nebo fotonů v oblasti EUV a měkkého rentgenového záření (viz obrázek).



*Světelné efekty vznikající při osvětlení monokrystalických kruhových desek s vypěstovanými vrstvami cerem dopovaného multikomponentního granátu fialovou LED 405 nm. Vlivem světlovodného efektu ve vrstvě se generovaná luminescence vyvádí především boční hranou optického elementu.*



Physical Review Letters 114, 153602 (2015),  
doi: 10.1103/PhysRevLett.114.153602

## Zvýšení účinnosti kvantových informačních obvodů pomocí hradla pro kontrolovanou změnu fáze

K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černocho, M. Dušek, J. Soubusta

V našem článku představujeme postup, který výrazně snižuje složitost některých kvantových výpočetních obvodů. Podstata této metody spočívá v nahrazení dvou hradel pro kontrolovanou negaci (CNOT) jedním obecnějším hradlem pro kontrolovanou změnu fáze (c-phase). Ukázali jsme, že tento přístup řádově zvyšuje účinnost kvantových výpočetních obvodů založených na lineární optice a jednotlivých fotonech. Naši ideu jsme doplnili o experimentální realizaci, kdy jsme sestavili jeden konkrétní kvantově-výpočetní obvod s použitím výše uvedeného hradla pro kontrolovanou změnu fáze. Jako nosiče kvantové informace byly použity jednotlivé fotony a výpočetní obvod samotný tvořily různé optické komponenty (děliče svazku, polarizační destičky apod.). Na tomto obvodu jsme měřili účinnost a přesnost, s jakou je kvantová informace zpracována. Dosažené výsledky byly v dobré shodě s teoretickou předpovědí. Zatímco účinnost této operace by bez použití naší metody byla přibližně 1,2 %, my jsme pozorovali průměrnou účinnost kolem 14 %. V našem článku zároveň poskytujeme návod, jak naši techniku zobecnit i na složitější kvantově-výpočetní obvody, u kterých také vede na řádově zvýšení účinnosti.

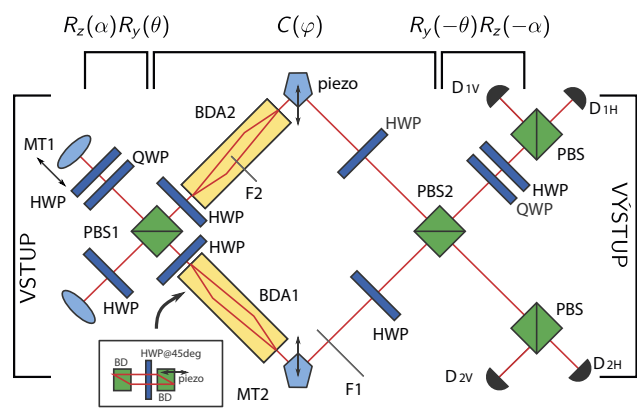


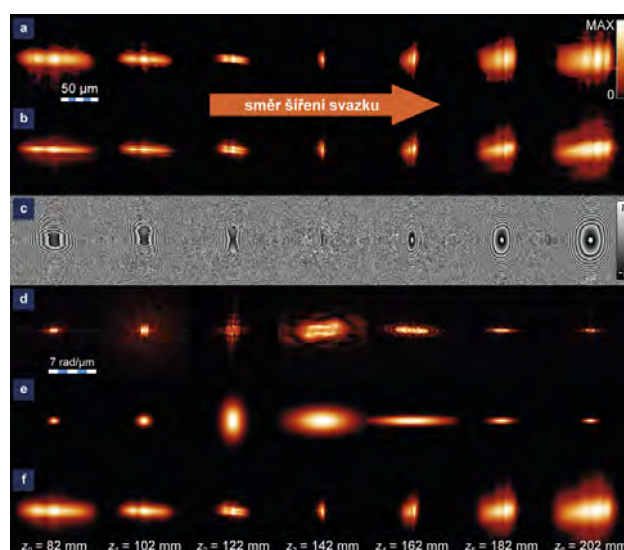
Schéma experimentálního uspořádání. Obvod implementuje několik jednofotonových transformací ( $R_y$  a  $R_z$ ) a jednu dvoufotonovou transformaci ( $C$ ). Jednotlivé optické komponenty jsou označeny symboly: MT – motorizovaný posuv, HWP a QWP – půl a čtvrtvlnné destičky, PBS – polarizační dělič svazku, BDA – polarizační interferometr, BD – dvojlomný hranol, F – šedý filtr, D – detektor.

Physical Review Applied 4 (2015) 014004,  
doi: 10.1103/PhysRevApplied.4.014004

## Ohniska rentgenových svazků pod drobnohledem

J. Chalupsky, P. Bohacek, T. Burian, V. Hajkova, S. P. Hau-Riege, P. A. Heimann, L. Juha, M. Messerschmidt, S. P. Moeller, B. Nagler, M. Rowen, W. F. Schlotter, M. L. Swiggers, J. J. Turner, J. Krzywinski

Značný technologický pokrok na poli rentgenových laserů a rentgenové optiky přináší stále se zvyšující nároky na metody, které by byly schopny rentgenové laserové svazky spolehlivě popsat. Prostorová charakterizace fokusovaných svazků rentgenových laserů je velmi obtížná, a to zejména v důsledku enormních intenzit ( $>10^{17}$  W/cm<sup>2</sup>). Přímé měření takového svazku standardními metodami by totiž vyžadovalo „nezničitelný“ detektor s velmi vysokým prostorovým rozlišením a téměř nereálným dynamickým rozsahem. Proto jsme již dříve vyvinuli metodu ablačních otisků, která je na laserem indukovaném poškození povrchu založena. Pokročilé metody desorpčních otisků v poly(methyl methakrylátu) pak umožňují úplnou prostorovou charakterizaci fokusovaných rentgenových svazků. V práci publikované ve *Physical Review Applied* jsme podali popis nového počítačového algoritmu, který je schopen z tvaru otisků, a tedy profilu intenzity, rekonstruovat i tvar vlnoplochy a koherenční vlastnosti svazku. Metoda byla poprvé testována na zařízení LCLS (Linac Coherent Light Source) v USA a pomohla odhalit nejasnosti okolo koherenčních vlastností monochromatizovaných svazků laserů na volných elektronech.



Výstup fázově-rekonstrukčního kódu PhaRe (Phase Recovery). (a) Amplituda elektrického pole změřená metodou desorpčních otisků; (b), (c) amplituda a fáze rekonstruovaného zcela koherentního pole; (d), (e) rekonstruovaná amplituda komplexního stupně koherence a fit astigmatického Gaussovského Schellova modelu; (f) amplituda elektrického pole optimalizovaného na částečnou koherenci.



## Observatoř Pierra Augera a kosmické záření extrémních energií

A. Aab et al. (*The Pierre Auger Collaboration*, z FZÚ: M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Grygar, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha)

Observatoř Pierra Augera, která je největším detektorem kosmického záření na světě a byla vystavěna a je provozována za významné účasti pracovníků Fyzikálního ústavu, přichází v roce 2015 se souborným článkem dokumentujícím jednotlivé komponenty experimentálního uspořádání, jejich podrobné technické vlastnosti, jakožto i ostatní části infrastruktury. Observatoř se skládá z pole 1660 vodních čerenkovských pozemních detektorů a 24 fluorescenčních teleskopů. Zařízení je umístěno v argentinské pampě v nadmořských výškách, jejichž nejmenší hodnoty odpovídají naší Lysé hoře v Beskydech a nejvyšší pak Sněžce. Dohromady zařízení zabírá obrovskou plochu 3000 km<sup>2</sup>, tj. rozlohu srovnatelnou s velikostí Středočeského kraje. Důvodem takto obrovské plochy je velmi malá hustota četnosti událostí extrémně energetického kosmického záření o energiích větších než 10<sup>17</sup> eV, jejichž detekce je hlavním fyzikálním programem observatoře. Nejen tajemství původu těchto částic, ale také pochopení jejich interakcí v zemské atmosféře na energiích daleko přesahujících možnosti urychlovačů, přitahuje na observatoř vědce z více než 16 zemí světa.



Hlavní pole observatoře Pierra Augera. Každá tečka odpovídá jedné z 1660 stanic povrchového detektoru. Čtyři fluorescenční detektory jsou umístěny na okrajích. Obrázek zahrnuje zhruba uprostřed pole také umístění dvou laserových stanic CLF a XLF.



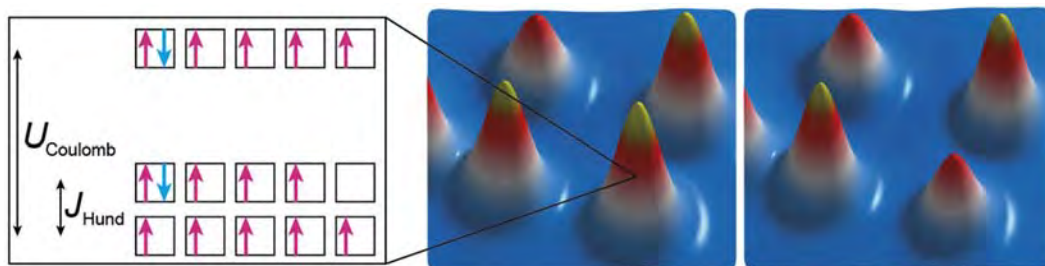
Nature Nanotechnology 10 (2015) 958–964,  
doi: 10.1038/nnano.2015.193

## Realizace základního stavebního kamene Hundova kovu

A. Khajetoorians, M. Valentyuk, M. Steinbrecher, T. Schlenk, A. Shick,  
J. Kolorenč, A. Lichtenstein, T. O. Wehling, R. Wiesendanger, J. Wiebe

Kovy, v nichž je pohyb elektronů významně ovlivněn Hundovým pravidlem, jsou označovány jako Hundovy kovy. Důležitými reprezentanty těchto kovů jsou vysokoteplotní supravodiče založené na sloučeninách železa. V dnes známých materiálech se supravodivost objevuje pouze při velmi nízkých teplotách, což komplikuje a prodražuje průmyslové aplikace. Proto se hledají nové materiály, které by vykazovaly supravodivost i při pokojové teplotě. Detailní pochopení Hundových kovů a jejich dílčích složek by toto hledání zefektivnilo.

Ve spolupráci s několika zahraničními pracovišti jsme se podíleli na realizaci a následném rozboru chování takové dílčí komponenty Hundova kovu, nazvané Hundova příměs, která vznikla nanosením atomů železa a vodíku na povrch platiny. V blízké budoucnosti bude možné umístit více takových příměsí do těsné blízkosti a tudíž kontrolovaně sestavit Hundův kov z jeho základních stavebních kamenů. Studium takových objektů je jednou z cest k cílenému vývoji nových supravodičů.



Levý panel: Zaplňování elektronových orbitalů v atomu (čtverce) pěti nebo šesti elektrony se spinem směřujícím nahoru (červené šipky) nebo dolů (modré šipky) podle Hundových pravidel. Pro přidání šestého elektronu je nutné dodat energii  $U_{\text{Coulomb}}$ , aby bylo překonáno elektrostatické odpuzování elektronů. Pro otočení spinu jednoho z pěti elektronů je také třeba dodat energii ( $J_{\text{Hund}}$ ), která je typicky menší než  $U_{\text{Coulomb}}$ .

Střední panel: Obrázek z řádkovacího tunelovacího mikroskopu ukazující atom železa (kužel s červenou špičkou) a tři molekuly sestávající z atomu železa a vodíku (kužely se žlutou špičkou).

Pravý panel: Vodíkový atom byl z molekuly vpravo dole odstraněn hrotem řádkovacího tunelovacího mikroskopu.



## Publikace v impaktovaných časopisech

### Nové technologie a materiály

1. **A. Artemenko, H. Kozak, H. Biederman, A. Choukourov, A. Kromka**  
*Amination of NCD Films for Possible Application in Biosensing*  
Plasma Process. Polym. 12 (2015) 336–346.
2. **P. Ashcheulov, R. Škoda, J. Škarohlíd, A. Taylor, L. Fekete, F. Fendrych, R. Vega, L. Shao, L. Kalvoda, S. Vratislav, V. Cháb, K. Horáková, K. Kůsová, L. Klimša, J. Kopeček, P. Sajdl, J. Macák, S. Johnson, I. Kratochvílová**  
*Thin polycrystalline diamond films protecting Zirconium alloys surfaces: from technology to layer analysis and application in nuclear facilities*  
Appl. Surf. Sci. 359 (2015) 621–628.
3. **D. V. Azamat, J. Debus, D. R. Yakovlev, V. Yu. Ivanov, M. Godlewski, M. Fanciulli, M. Bayer**  
*Ground and excited states of iron centers in ZnO: Pulse-EPR and magneto-optical spectroscopy*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 195202(1)–195202(9).
4. **O. Babchenko, S. Potocký, T. Ižák, K. Hruška, Z. Brykнар, A. Kromka**  
*Influence of surface wave plasma deposition conditions on diamond growth regime*  
Surf. Coat. Tech. 271 (2015) 74–79.
5. **V. Babin, K. Chernenko, L. Lipińska, E. Mihóková, M. Nikl, L. S. Schulman, T. Shalapska, A. Suchocki, S. Zazubovich, Ya. Zhyhdachevskii**  
*Luminescence and excited state dynamics of Bi<sup>3+</sup> centers in Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*  
J. Lumin. 167 (2015) 268–277.
6. **V. Babin, L. Lipinska, E. Mihóková, M. Nikl, T. Shalapska, A. Suchocki, S. Zazubovich, Ya. Zhyhdachevskii**  
*Time-resolved spectroscopy of Bi<sup>3+</sup> centers in Y<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>9</sub>*  
Opt. Mater. 46 (2015) 104–108.
7. **M. Bačáková, F. Lopot, D. Hadraba, M. Varga, M. Záloudková, D. Stránska, T. Suchý, L. Bačáková**  
*Effects of fiber density and plasma modification of nanofibrous membranes on the adhesion and growth of HaCaT keratinocytes*  
J. Biomater. Appl. 29 (2015) 837–853.
8. **N. T. Bagraev, E. Yu. Danilovskii, D. S. Gets, E. N. Kalabukhova, L. E. Klyachkin, A. A. Koudryavtsev, A. M. Malyarenko, V. A. Mashkov, D. V. Savchenko, B. D. Shanina**  
*Silicon Vacancy-Related Centers in Non-Irradiated 6H-SiC Nanostructure*  
Semiconductors 49 (2015) 649–657.
9. **K. Bartosiewicz, V. Babin, K. Kamada, A. Y. Yoshikawa, M. Nikl**  
*Energy migration processes in undoped and Ce-doped multicomponent garnet single crystals scintillators*  
J. Lumin. 166 (2015) 117–122.
10. **B. Barwe, F. Riedel, O. E. Cibulka, I. Pelant, J. Benedikt**  
*Silicon nanoparticle formation depending on the discharge conditions of an atmospheric radio-frequency driven microplasma with argon/silane/hydrogen gases*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 48 (2015) 314001(1)–314001(11).
11. **B. Barwe, A. Stein, O. Cibulka, I. Pelant, J. Ghanbaja, T. Belmonte, J. Benedikt**  
*Generation of Silicon Nanostructures by Atmospheric Microplasma Jet: The Role of Hydrogen Admixture*  
Plasma Process. Polym. 12 (2015) 132–140.
12. **B. Barwe, A. Stein, O. Cibulka, I. Pelant, J. Ghanbaja, T. Belmonte, J. Benedikt**  
*Generation of Silicon Nanostructures by Atmospheric Microplasma Jet: The Role of Hydrogen Admixture*  
Plasma Process. Polym. 12 (2015) 132–140.
13. **A. Bobrovsky, V. Shibaev, V. Hamplová, V. Novotná, M. Kašpar**  
*Photochromic and fluorescent LC gels based on a bent-shaped azobenzene-containing gelator*  
RSC Adv. 5 (2015) 56891(1)–56895(5).

14. J. Bočan, J. Maňák, **A. Jäger**  
*Nanomechanical analysis of AZ31 magnesium alloy and pure magnesium correlated with crystallographic orientation*  
Mat. Sci. Eng. A-Struct. 644 (2015) 121–128.
15. E. Borello, M. Cifelli, C. Duce, G. Galli, M. R. Tine, **V. Hamplová**, G. Ambrozic, V. Domenici  
*Chemical-Physical Characterization of a Binary Mixture Made of a Photosensitive Azobenzene Derivative and a Smectogen*  
Mol. Cryst. Liq. Cryst. 614 (2015) 54–61.
16. **E. Buixaderas**, E. M. Anghel, I. Atkinson, P. Simon, V. Bratan, S. Petrescu  
*Combustion synthesis and structural characterization of the  $TiB_2-(Na_2O \cdot 2B_2O_3 - Al_2O_3)$  composites*  
Ceram. Int. 41 (2015) 2680–2698.
17. **M. Buryi**, V. V. Laguta, **E. Mihóková**, P. Novák, M. Nikl  
*Electron paramagnetic resonance study of the  $Ce^{3+}$  pair centers in  $YAlO_3:Ce$  scintillator crystals*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 224105(1)–224105(10).
18. M. Butta, P. Ripka, **L. Kraus**  
*Effect of stress-induced anisotropy on the noise of ring-core fluxgate*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 4001104(1)–4001104(4).
19. **J. Čapek**, D. Vojtěch, A. Oborná  
*Microstructural and mechanical properties of biodegradable iron foam prepared by powder metallurgy*  
Mater. Des. 83 (2015) 468–482.
20. I. Carrasco, **K. Bartosiewicz**, M. Nikl, F. Piccinelli, M. Bettinelli  
*Energy transfer processes in  $Ca_3Tb_{2-x}Eu_xSi_3O_{12}$  ( $x = 0-2$ )*  
Opt. Mater. 48 (2015) 252–257.
21. **E. Chernova**, O. Pacheroova, D. Chvostova, A. Dejneka, T. Kocourek, M. Jelínek, M. Tyunina  
*Strain-controlled optical absorption in epitaxial ferroelectric  $BaTiO_3$  films*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 192903(1)–192903(4).
22. D. Ciccarelli, M. El Mehtedi, **A. Jäger**, S. Spigarelli  
*Analysis of flow stress and deformation mechanism under hot working of ZK60 magnesium alloy by a new strain-dependent constitutive equation*  
J. Phys. Chem. Solids 87 (2015) 183–195.
23. J. Čížek, J. Valenta, P. Hruška, O. Melikhova, I. Procházka, **M. Novotný**, J. Bulíř  
*Origin of green luminescence in hydrothermally grown ZnO single crystals*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 251902(1)–251902(4).
24. V. Dřínek, **M. Klementová**, R. Fajgar, P. Dytrych  
*Silicon nanowires grown on metal substrates via self-catalyst mechanism*  
Mater. Lett. 16 (2015) 109–112.
25. V. Dřínek, T. Křenek, **M. Klementová**, R. Fajgar, M. Pola, J. Savková, R. Medlín, F. Novotný  
*Formation of  $Cu_{1-x}Ge_x$  Nanoplatelets Using LPCVD of  $Ge_2Me_6$  or  $Ge_2Me_6/Et_4Pb$  Mixture*  
Nano 10 (2015) 1550061(1)–1550061(10).
26. **A. Fejfar**, M. Hývl, A. Vetushka, P. Pikna, Z. Hájková, M. Ledinský, J. Kočka, P. Klapetek, A. Marek, A. Mašková, J. Vyskočil, J. Merkel, C. Becker, T. Itoh, S. Misra, M. Foldyna, L. Yu, P. Roca i Cabarrocas  
*Correlative microscopy of radial junction nanowire solar cells using nanoindent position markers*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 135 (2015) 106–112.
27. M. Franke, F. Marchini, L. Zhang, Q. Tariq, N. Tsud, M. Vorokhta, **M. Vondráček**, K. Prince, M. Röckert, F. J. Williams, H.-P. Steinrück, O. Lytken  
*Temperature-Dependent Reactions of Phthalic Acid on Ag(100)*  
J. Phys. Chem. C 119 (2015) 23580–23585.
28. M. Frost, P. Sedlák, L. Kadeřávek, L. Heller, P. Šittner  
*Modeling of mechanical response of NiTi shape memory alloy subjected to combined thermal and non-proportional mechanical loading: a case study on helical spring actuator*  
J. Intell. Mater. Syst. Struct. 2015 (2015) 1–11.

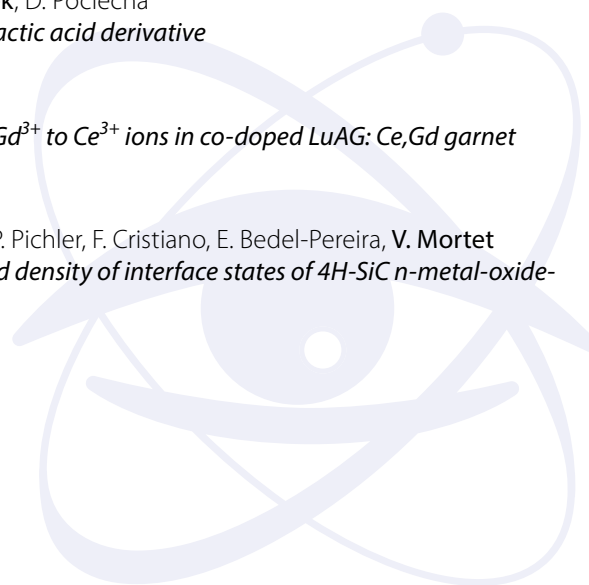
29. **M. Golan, S. Sedláková, J. Micova, J. Šebera, I. Kratochvílová, J. Richter, D. Řeha, M. Falk, I. Falková, A. Bačíková, E. Pagáčová, K. Varga**  
*Freezing processes in cryoprotective solutions of Me<sub>2</sub>SO, trehalose and antifreeze protein ApAFP752 and their impact on chromatin condition of cryopreserved cells*  
Cryobiology 71 (2015) 561–561.
30. **L. Havlák, V. Jarý, M. Rejman, E. Mihóková, J. Bárta, M. Nikl**  
*Luminescence characteristics of doubly doped KLuS<sub>2</sub>:Eu, RE (RE = Pr, Sm, Ce)*  
Opt. Mater. 41 (2015) 94–97.
31. **K. Hishinuma, K. Kamada, S. Kurosawa, A. Yamaji, J. Pejchal, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yoshikawa**  
*LiF/CaF<sub>2</sub>/LiBaF<sub>3</sub> ternary fluoride eutectic scintillator*  
Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 04DH04(1)–04DH04(4).
32. **J. Holovský, S. De Wolf, P. Jiříček, Ch. Ballif**  
*Attenuated total reflectance Fourier-transform infrared spectroscopic investigation of silicon heterojunction solar cells*  
Rev. Sci. Instrum. 86 (2015) 073108-1–073108-6.
33. **Asif Islam Khan, Xavier Marti, Claudy Serrao, Ramamoorthy Ramesh, Sayeef Salahuddin**  
*Voltage-Controlled Ferroelastic Switching in Pb(Zr<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.8</sub>)O<sub>3</sub> Thin Films*  
Nano Lett. 15(4) (2015) 2229–2234.
34. **A. Iwan, B. Boharewicz, I. Tazbir, V. Hamplová, A. Bubnov**  
*Effect of chiral photosensitive liquid crystalline dopants on the performance of organic solar cells*  
Solid State Electron. 104 (2015) 53–60.
35. **A. Iwan, A. Sikora, V. Hamplová, A. Bubnov**  
*AFM study of advanced composite materials for organic photovoltaic cells with active layer based on P3HT:PCBM and chiral photosensitive liquid crystalline dopants*  
Liq. Cryst. 42 (2015) 964–972.
36. **K. Iwata, Sh. Yamazaki, P. Mutombo, P. Hapala, M. Ondráček, P. Jelínek, Y. Sugimoto**  
*Chemical structure imaging of a single molecule by atomic force microscopy at room temperature*  
Nat. Commun. 6 (2015) 7766(1)–7766(6).
37. **T. Izak, M. Domonkos, O. Babchenko, M. Varga, B. Rezek, V. Jurka, K. Hruška, A. Kromka**  
*Technological aspects in fabrication of micro- and nano-sized carbon based features: nanorods, periodical arrays and self-standing membranes*  
J. Electr. Eng. 66 (2015) 282–286.
38. **T. Izak, M. Krátká, A. Kromka, B. Rezek**  
*Osteoblastic cells trigger gate currents on nanocrystalline diamond transistor*  
Colloid Surf. B-Biointerfaces 129 (2015) 95–99.
39. **T. Izak, T. Sakata, Y. Miyazawa, T. Kajisa, A. Kromka, B. Rezek**  
*Diamond-coated field-effect sensor for DNA recognition – influence of material and morphology*  
Diam. Relat. Mater. 60 (2015) 87–93.
40. **T. Ižák, G. Vanko, O. Babchenko, Š. Potocký, M. Marton, M. Vojs, P. Choleva, A. Kromka**  
*Diamond-coated three-dimensional GaN micromembranes: Effect of nucleation and deposition techniques*  
phys. status solidi b 252 (2015) 2585–2590.
41. **V. Jarý, L. Havlák, J. Bárta, M. Buryi, E. Mihóková, M. Rejman, V. Laguta, M. Nikl**  
*Optical, Structural and Paramagnetic Properties of Eu-Doped Ternary Sulfides ALnS<sub>2</sub> (A = Na, K, Rb; Ln = La, Gd, Lu, Y)*  
Materials 8 (2015) 6978–6998.
42. **V. Jarý, A. Krasnikov, M. Nikl, S. Zazubovich**  
*Origin of slow low-temperature luminescence in undoped and Ce-doped Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> and Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> single crystals*  
phys. status solidi b 252 (2015) 274–281.
43. **A. Jäger, V. Gärtnerová, K. Tesař**  
*Microstructure and anisotropy of the mechanical properties in commercially pure titanium after equal channel angular pressing with back pressure at room temperature*  
Mat. Sci. Eng. A-Struct. 644 (2015) 114–120.

44. **M. Jelínek, T. Kocourek, J. Zemek, J. Mikšovský, Š. Kubinová, J. Remsa, J. Kopeček, K. Jurek**  
*Chromium-doped DLC for implants prepared by laser-magnetron deposition*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 46 (2015) 381–386.
45. C.-L. Jiaa, L. Jina, D. Wang, S.-B. Mi, M. Alexe, D. Hesse, **H. Reichlová, X. Martí, L. Bellaiche, K. W. Urban**  
*Nanodomains and nanometer-scale disorder in multiferroic bismuth ferrite single crystals*  
Acta Mater. 82 (2015) 356–368.
46. **V. Jirásek, T. Ižák, M. Varga, O. Babchenko, A. Kromka**  
*Investigation of Residual Stress in Structured Diamond Films Grown on Silicon*  
Thin Solid Films 589 (2015) 857–863.
47. **M. Kačenka, O. Kaman, S. Kikerlová, B. Pavlů, Z. Jiráček, D. Jiráček, V. Herynek, J. Černý, F. Chaput, S. Laurent, I. Lukeš**  
*Fluorescent magnetic nanoparticles for cell labeling: Flux synthesis of manganite particles and novel functionalization of silica shell*  
J. Colloid. Interf. Sci. 447 (2015) 97–106.
48. **V. Kafka, D. Vokoun**  
*A Three-Scale Model of Basic Mechanical Properties of Nafion*  
Mech. Mater. 30 (2015) 763–776.
49. K. Kamada, K. Hishinuma, S. Kurosawa, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Directionally solidified Eu doped CaF<sub>2</sub>/Li<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> eutectic scintillator for neutron detection*  
Opt. Mater. 50 (2015) 71–75.
50. K. Kamada, K. Hishinuma, S. Kurosawa, A. Yamaji, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yoshikawa  
*Growth and scintillation properties of Eu doped BaCl<sub>2</sub>/LiF eutectic scintillator*  
Opt. Mater. 50 (2015) 76–80.
51. K. Kamada, S. Kurosawa, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Luminescence and scintillation properties of Ce doped SrHfO<sub>3</sub> based eutectics*  
Opt. Mater. 41 (2015) 41–44.
52. K. Kamada, S. Kurosawa, A. Yamaji, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Growth of Nd doped (Lu, Gd)<sub>3</sub>(Ga, Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> single crystal by the micro pulling down method and their scintillation properties*  
Opt. Mater. 41 (2015) 32–35.
53. K. Kamada, **M. Nikl**, S. Kurosawa, **A. Beitlerová**, A. Nagura, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Alkali earth co-doping effects on luminescence and scintillation properties of Ce doped Gd<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub> scintillator*  
Opt. Mater. 41 (2015) 63–66.
54. K. Kamada, **M. Nikl**, S. Kurosawa, **A. Beitlerová**, A. Nagura, Y. Shoji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Co-doping effects on luminescence and scintillation properties of Ce doped Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillator*  
Nucl. Instrum. Meth. A 782 (2015) 9–12.
55. K. Kamada, A. Yoshikawa, T. Endo, K. Tsutsumi, Y. Shoji, S. Kurosawa, Y. Yokota, **P. Prusa, M. Nikl**  
*Growth of 2-inch size Ce:doped Lu<sub>2</sub>Gd<sub>1</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub> single crystal by the Czochralski method and their scintillation properties*  
J. Cryst. Growth 410 (2015) 14–17.
56. L. Kavan, Z. Vlčkova-Živcová, V. Petrák, O. Frank, P. Janda, H. Tarabková, M. Nesládek, **V. Mortet**  
*Boron-doped Diamond Electrodes: Electrochemical, Atomic Force Microscopy and Raman Study towards Corrosion-modifications at Nanoscale*  
Electrochim. Acta 179 (2015) 626–636.
57. D. Y. Kim, E. Guijt, F. T. Si, R. Santbergen, **J. Holovský**, O. Isabella, R. van Swaaij, M. Zeman  
*Fabrication of double- and triple-junction solar cells with hydrogenated amorphous silicon oxide (a-SiO<sub>x</sub>:H) top cell*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 141 (2015) 148–153.
58. **M. Klinger, A. Jäger**  
*Crystallographic tool box (CrySTBox): automated tools for transmission electron microscopists and crystallographers*  
J. Appl. Crystallogr. 48 (2015) 1–7.

59. **M. Klinger**, M. Němec, L. Polívka, **V. Gärtnerová**, **A. Jäger**  
*Automated CBED processing: Sample thickness estimation based on analysis of zone-axis CBED pattern*  
Ultramicroscopy 150 (2015) 88–95.
60. **Š. Kment**, **Z. Hubička**, J. Krysa, D. Sekora, M. Zlámal, **J. Olejníček**, **M. Čada**, **P. Kšírová**, **Z. Remeš**, **P. Schmuki**,  
E. Schubert, R. Zbořil  
*On the improvement of PEC activity of hematite thin films deposited by high-power pulsed magnetron sputtering method*  
Appl. Catal. B Environ. 165 (2015) 344–350.
61. **Š. Kment**, **P. Schmuki**, **Z. Hubička**, L. Machala, R. Kirchgeorg, N. Liu, L. Wang, K. Lee, **J. Olejníček**, **M. Čada**,  
**I. Gregora**, R. Zbořil  
*Photoanodes with Fully Controllable Texture: The Enhanced Water Splitting Efficiency of Thin Hematite Films Exhibiting Solely (110) Crystal Orientation*  
ACS Nano 9 (2015) 7113–7123.
62. **P. Turánek Knotigová**, D. Zyka, J. Mašek, A. Kovalová, M. Křupka, E. Bartheldyová, P. Kulich, **Š. Koudelka**, R. Lukáč,  
Z. Kauerová, A. Vacek, M. Stuchlová Horynová, A. Kozubík, A. D. Miller, **L. Fekete**, **I. Kratochvílová**, J. Ježek, M.  
Ledvina, M. Raška, J. Turánek  
*Molecular adjuvants based on nonpyrogenic lipophilic derivatives of norAbuMDP/GMDP formulated in nanoliposomes: Stimulation of innate and adaptive immunity*  
Pharm. Res. 32 (2015) 1186–1199.
63. **T. Kocourek**, S. Inkinen, **O. Pacherova**, **E. Chernova**, **Z. Potucek**, L. D. Yao, **M. Jelinek**, **A. Dejneka**, S. van Dijken,  
**M. Tyunina**  
*Effects of doping and epitaxy on optical behavior of NaNbO<sub>3</sub> films*  
Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 172906-1–172906-4.
64. **O. Kondrat**, R. Holomb, N. Popovich, V. Mitsa, M. Veres, A. Csik, A. Feher, N. Tsud, **M. Vondráček**, V. Matolín, K. C.  
Prince  
*In situ investigations of laser and thermally modified As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanolayers: Synchrotron radiation photoelectron spectroscopy and density functional theory calculations*  
J. Appl. Phys. 118 (2015) 225307(1)–225307(7).
65. **V. Kopecký**, **O. Perevertov**, L. Straka, M. Ševčík, **O. Heczko**  
*Equivalence of mechanical and magnetic force in magnetic shape memory effect*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 754–757.
66. **A. Kovalenko**, **P. Ashcheulov**, A. Guerrero, P. Heinrichová, **L. Fekete**, M. Vala, M. Weiter, **I. Kratochvílová**,  
G. G. Belmonte  
*Diamond-based electrodes for organic photovoltaic devices*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 134 (2015) 73–79.
67. **A. Kovalenko**, D. Stoyanova, J. Pospisil, I. Zhivkov, **L. Fekete**, D. Karashanova, **I. Kratochvílová**, M. Vala, M. Weiter  
*Morphology versus Vertical Phase Segregation in Solvent Annealed Small Molecule Bulk Heterojunction Organic Solar Cells*  
Int. J. Photoenergy 2015 (2015) 1–9.
68. **A. Kovalenko**, S. Záliš, **P. Ashcheulov**, I. Kraus, J. Pavluch, **I. Kratochvílová**  
*Theoretical Study of Chromium and Nickel-Related Luminescence Centers in Molecular-Sized Nanodiamonds*  
Diam. Relat. Mater. 58 (2015) 122–128.
69. **N. N. Kovaleva**, **D. Chvostova**, A. V. Bagdinov, M. G. Petrova, E. I. Demikhov, F. A. Pudonin, **A. Dejneka**  
*Interplay of electron correlations and localization in disordered β-tantalum films: Evidence from dc transport and spectroscopic ellipsometry study*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 051907(1)–051907(5).
70. **R. Král**, **K. Nitsch**  
*In-situ temperature field measurements and direct observation of crystal/melt at vertical Bridgman growth of lead chloride under stationary and dynamic arrangement*  
J. Cryst. Growth 427 (2015) 7–15.
71. **Luděk Kraus**  
*Bolometric Detection of Ferromagnetic Resonance in Amorphous Microwires*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 6100104(1)–6100104(4).

72. **L. Kraus**, G. Ababei  
*Nonlinear Ferromagnetic Resonance in Micron and Sub-Micron Amorphous Wires*  
Acta Phys. Polon. A 127 (2015) 359–361.
73. **A. Kromka**, J. Čech, **H. Kozak**, **A. Artemenko**, **T. Izak**, **J. Čermák**, **B. Rezek**, **M. Černák**  
*Low-temperature hydrogenation of diamond nanoparticles using diffuse coplanar surface barrier discharge at atmospheric pressure*  
phys. status solidi b 252 (2015) 2602–2607.
74. **H. Krysova**, **Z. Vlckova-Zivcova**, **J. Barton**, **V. Petrak**, **M. Nesladek**, **P. Cigler**, **L. Kavan**  
*Visible-light sensitization of boron-doped nanocrystalline diamond through non-covalent surface modification*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 17 (2015) 1165–1172.
75. **S. Kurosawa**, **T. Shishido**, **T. Sugawara**, **A. Nomura**, **K. Yubuta**, **A. Suzuki**, **J. Pejchal**, **Y. Yokota**, **K. Kamada**, **A. Yoshikawa**  
*Scintillation properties of Ce:(La,Gd)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> at high temperatures*  
Nucl. Instrum. Meth. A 772 (2015) 72–75.
76. **S. Kurosawa**, **T. Shishido**, **T. Sugawara**, **A. Nomura**, **K. Yubuta**, **J. Pejchal**, **R. Murakami**, **Y. Yokota**, **Y. Shoji**, **Y. Ohashi**, **K. Kamada**, **A. Yoshikawa**  
*Luminescence study on Eu or Tb doped lanthanum–gadolinium pyrosilicate crystal*  
Opt. Mater. 41 (2015) 80–83.
77. **S. Kurosawa**, **T. Shishido**, **A. Suzuki**, **T. Sugawara**, **A. Nomura**, **K. Yubuta**, **Y. Shoji**, **Y. Yokota**, **J. Pejchal**, **Y. Ohashi**, **K. Kamada**, **A. Yoshikawa**  
*Scintillation properties of a La,Lu-admix gadolinium pyrosilicate crystal*  
Nucl. Instrum. Meth. A 784 (2015) 115–118.
78. **K. Kůsová**, **I. Pelant**, **J. Valenta**  
*Bright trions in direct-bandgap silicon nanocrystals revealed by low-temperature single-nanocrystal spectroscopy*  
Light Sci. Appl. 4 (2015) e336(1)–e336(8).
79. **M. Ledinský**, **P. Löper**, **B. Niesen**, **J. Holovský**, **S.-J. Moon**, **J. Yum**, **S. De Wolf**, **A. Fejfar**, **C. Ballif**  
*Raman Spectroscopy of Organic-Inorganic Halide Perovskites*  
J. Phys. Chem. Lett. 6 (2015) 401–406.
80. **P. Lejček**, **S. Hofmann**  
*Comment on „Mitigating grain growth in binary nanocrystalline alloys through solute selection based on thermodynamic stability maps“*  
Comput Mater Sci 107 (2015) 235–237.
81. **J. Lišková**, **O. Babchenko**, **M. Varga**, **A. Kromka**, **D. Hadraba**, **Z. Švindrych**, **Z. Burdíková**, **L. Bačáková**  
*Osteogenic cell differentiation on H-terminated and O-terminated nanocrystalline diamond films*  
Int. J. Nanomed. 10 (2015) 869–884.
82. **S. Liu**, **X. Feng**, **M. Nikl**, **L. Wu**, **Z. Zhou**, **J. Li**, **H. Kou**, **Y. Zeng**, **Y. Shi**, **Y. Pan**  
*Fabrication and Scintillation Performance of Non-stoichiometric LuAG:Ce Ceramics*  
J. Am. Ceram. Soc. 98 (2015) 510–514.
83. **P. Löper**, **S.-J. Moon**, **S. Martín de Nicolas**, **B. Niesen**, **M. Ledinský**, **S. Nicolay**, **J. Bailat**, **J.-H. Yum**, **S. De Wolf**, **C. Ballif**  
*Organic-inorganic halide perovskite / crystalline silicon four-terminal tandem solar cells*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 17 (2015) 1619–1629.
84. **P. A. Losio**, **O. Caglar**, **J. S. Cashmore**, **J. E. Hötzel**, **S. Ristau**, **J. Holovský**, **Z. Remeš**, **I. Sinicco**  
*Light management in large area thin-film silicon solar modules*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 143 (2015) 375–385.
85. **L. Marques**, **Y. Skorokhod**, **R. Soares**  
*A new fullerene network phase obtained from C<sub>70</sub> at high-pressure and high-temperature*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 9 (2015) 535–538.
86. **M. Marton**, **M. Mikolášek**, **J. Bruncko**, **I. Novotný**, **T. Ižák**, **M. Vojs**, **H. Kozak**, **M. Varga**, **A. Artemenko**, **A. Kromka**  
*Fabrication and characterization of n-type zinc oxide/p-type boron doped diamond heterojunction*  
J. Electr. Eng. 66 (2015) 277–281.
87. **E. Mihóková**, **V. Babin**, **K. Bartosiewicz**, **L. S. Schulman**, **V. Čuba**, **M. Kučera**, **M. Nikl**  
*Low temperature delayed recombination decay in scintillating garnets*  
Opt. Mater. 40 (2015) 127–131.

88. **E. Mihóková** and **M. Nikl**  
*Luminescent materials: probing the excited state of emission centers by spectroscopic methods (topical review)*  
Meas. Sci. Technol. 26 (2015) 012001(1)–012001(17).
89. **D. Mikolášková**, **K. Rubešová**, **T. Hlásek**, **V. Jakeš**, **J. Oswald**, **J. Remsa**  
*Influence of preparation conditions on the microstructure and optical properties of LiNbO<sub>3</sub> thin films*  
Ceram.-Silik. 59 (2015) 164–168.
90. **M. Morales-Masis**, **M. S. De Nicolas**, **J. Holovský**, **S. De Wolf**, **C. Ballif**,  
*Low-Temperature High-Mobility Amorphous IZO for Silicon Heterojunction Solar Cells*  
IEEE J. Photovoltaics 5 (2015) 1340–1347.
91. **V. Mortet**, **J. Pernot**, **F. Jomarde**, **A. Soltani**, **Z. Remeš**, **J. Barjon**, **J. D'Haeng**, **K. Haenen**  
*Properties of boron-doped epitaxial diamond layers grown on (110) oriented single crystal substrates*  
Diam. Relat. Mater. 53 (2015) 29–34.
92. **M. Müller**, **M. Hývl**, **M. Kratzer**, **C. Teichert**, **S. Misra**, **M. Foldyna**, **L. Yu**, **P. Roca i Cabarrocas**, **T. Itoh**, **Z. Hájková**,  
**A. Vetushka**, **M. Ledinský**, **J. Kočka**, **A. Fejfar**  
*Investigating inhomogeneous electronic properties of radial junction solar cells using correlative microscopy*  
Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 08KA08-1–08KA08-5.
93. **R. Murakami**, **S. Kurosawa**, **T. Shishido**, **T. Sugawara**, **A. Nomura**, **K. Yubuta**, **A. Suzuki**, **Y. Shoji**, **Y. Ohashi**, **J. Pejchal**,  
**K. Kamada**, **Y. Yokota**, **A. Yoshikawa**  
*Luminescence properties of Pr-doped (La,Gd)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> grown by the floating zone method*  
Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 052401(1)–052401(4).
94. **A. Nagura**, **K. Kamada**, **M. Nikl**, **S. Kurosawa**, **J. Pejchal**, **Y. Yokota**, **Y. Ohashi**, **A. Yoshikawa**  
*Improvement of scintillation properties on Ce doped Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillator by divalent cations co-doping*  
Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 04DH17(1)–04DH17(4).
95. **M. Němec**, **V. Gärtnerová**, **M. Klementová**, **A. Jäger**  
*Analysis of intermetallic particles in Mg-12 wt.%Zn binary alloy using transmission electron microscopy*  
Mater. Char. 106 (2015) 428–436.
96. **N. Neykova**, **E. Moulin**, **A. Campa**, **K. Hruška**, **A. Poruba**, **M. Stuckelberger**, **F.-J. Haug**, **M. Topic**, **C. Ballif**, **M. Vaněček**  
*Three-dimensional amorphous silicon solar cells on periodically ordered ZnO nanocolumns*  
phys. status solidi a 212 (2015) 1823–1829.
97. **M. Nikl**, **A. Yoshikawa**  
*Recent R&D trends in inorganic single crystal scintillator materials for radiation detection*  
Adv. Opt. Mater. 3 (2015) 463–481.
98. **P. Novák**, **A. Michalcová**, **A. Školáková**, **F. Průša**, **J. Kříž**, **I. Marek**, **T. F. Kubatík**, **M. Karlík**, **P. Haušild**, **J. Kopeček**  
*Effect of Heating Rate on the Formation of Intermetallics During SHS Process*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 561–563.
99. **P. Novák**, **H. Moravec**, **P. Salvetr**, **F. Průša**, **J. Drahokoupil**, **J. Kopeček**, **M. Karlík**, **T. F. Kubatík**  
*Preparation of nitinol by non-conventional powder metallurgy techniques*  
Mater. Sci. Technol. 31 (2015) 1886–1893.
100. **V. Novotná**, **M. Glogarová**, **M. Kašpar**, **V. Hamplová**, **L. Lejček**, **D. Pocięcha**  
*Unique effect of the electric field on a new liquid crystalline lactic acid derivative*  
Soft Matter 11 (2015) 4649–4657.
101. **Z. Onderisinova**, **M. Kucera**, **M. Hanus**, **M. Nikl**  
*Temperature-dependent nonradiative energy transfer from Gd<sup>3+</sup> to Ce<sup>3+</sup> ions in co-doped LuAG: Ce,Gd garnet scintillators*  
J. Lumin. 167 (2015) 106–113.
102. **G. Ortiz**, **C. Strenger**, **V. Uhnevionak**, **A. Burenkov**, **A. J. Bauer**, **P. Pichler**, **F. Cristiano**, **E. Bedel-Pereira**, **V. Mortet**  
*Impact of acceptor concentration on electrical properties and density of interface states of 4H-SiC n-metal-oxide-semiconductor field effect transistors studied by Hall effect*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 062104 (1)–062104 (5).



103. B. Özkale, N. Shamsudhin, G. Chatzipirpiridis, M. Hoop, F. Gramm, X. Chen, **X. Martí**, J. Sort, E. Pellicer, S. Pané  
*Multisegmented FeCo/Cu Nanowires: Electrosynthesis, Characterization, and Magnetic Control of Biomolecule Desorption*  
ACS Applied Materials and Interfaces 7(13) (2015) 7389–7396.
104. **V. Paidar**  
*Iron aluminides and Petr Kratochvíl*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 467–469.
105. **V. Paidar**, M. Čák, M. Šob, H. Inui  
*Planar defects and dislocations in transition-metal disilicides*  
Intermetallics 58 (2015) 43–49.
106. **V. Paidar**, M. Čák, M. Šob, H. Inui  
*What types of stacking faults and dislocation dissociations can be found in transition-metal disilicides*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 589–591.
107. **V. Paidar**, H. Inui  
*Why the slip of  $1/2 \langle 3\ 3\ 1 \rangle$  dislocations on  $\{0\ 1\ 3\}$  in  $C11_b$  behaves differently at low and high temperatures?*  
J. Alloy. Compd. 632 (2015) 44–47.
108. **J. Pejchal**, K. Fukuda, S. Kurosawa, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Luminescence and scintillation properties of rare-earth-doped  $\text{LuF}_3$  scintillation crystals*  
Opt. Mater. 41 (2015) 58–62.
109. R. J. Pelaez, C. N. Afonso, M. Skeren, **J. Bulíř**  
*Period dependence of laser induced patterns in metal films*  
Nanotechnology 26 (2015) 015302(1)–015302(11).
110. R. J. Peláez, C. N. Afonso, M. Škereň, **J. Bulíř**  
*Density patterns in metal films produced by laser interference*  
Nanotechnology 26 (2015) 255301(1)–255301(9).
111. V. Petrakova, I. Rehor, J. Stursa, M. Ledvina, M. Nesladek, P. Cigler  
*Charge-sensitive fluorescent nanosensors created from nanodiamonds*  
Nanoscale 7 (2015) 12307–12311.
112. **P. Pikna**, **V. Skoromets**, C. Becker, **A. Fejfar**, **P. Kužel**  
*Thin film polycrystalline Si solar cells studied in transient regime by optical pump-terahertz probe spectroscopy*  
Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 233901(1)–233901(5).
113. P. B. Pillai, M. DeSouza, R. Narula, S. Reich, L. Y. Wong, T. Batten, **J. Pokorný**  
*Decoupling of epitaxial graphene via gold intercalation probed by dispersive Raman spectroscopy*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 183103-1–183103-8.
114. **N. Podoliak**, **V. Novotná**, **M. Kašpar**, **V. Hamplová**, **O. Pacherová**  
*Chiral smectogens with four-phenyl-ring molecular core, laterally substituted by iodine atom*  
Liq. Cryst. 42 (2015) 404–411.
115. **P. Pokorný**, **J. Musil**, **P. Fitl**, **M. Novotný**, **J. Lančok**, **J. Bulíř**  
*Contamination of magnetron sputtered metallic films by oxygen from residual atmosphere in deposition chamber*  
Plasma Process. Polym. 12 (2015) 416–421.
116. **Y. Polyak**, **Z. Bastl**  
*XPS and factor analysis study of initial stages of cerium oxide growth on polycrystalline tungsten*  
Surf. Interface Anal. 47 (2015) 663–671.
117. **Y. Polyak**, **V. Drchal**, **J. Kudrnovský**, **O. Heczko**, **J. Honolka**, **V. Cháb**, **J. Kopeček**, **J. Lančok**  
*Band mapping of the weakly off-stoichiometric Heusler alloy  $\text{Ni}_{49.7}\text{Mn}_{29.1}\text{Ga}_{21.2}$  in the austenitic phase*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 165115(1)–165115(11).
118. **O. Pop-Georgievski**, **D. Kubies**, **J. Zemek**, **N. Neykova**, **R. Demianchuk**, **E. Mázl Chánová**, **M. Šlouf**, **M. Houska**, **F. Rypáček**  
*Self-assembled anchor layers/polysaccharidecoatings on titanium surfaces: a study of functionalization and stability*  
Beilstein J. Nanotechnol. 6 (2015) 617–631.

119. Š. Potocký, T. Ižák, M. Varga, A. Kromka  
*Influence of gas chemistry on Si-V color centers in diamond films*  
phys. status solidi b 252 (2015) 2580–2584.
120. A. Pramanik, B. Das, M. K. Das, V. Hamplová, M. Kašpar, A. Bubnov  
*Self-assembling properties of lactic acid derivative with several ester linkages in the molecular core*  
Phase Transit. 88 (2015) 745–757.
121. L. Procházková, T. Gbur, V. Čuba, V. Jarý, M. Nikl  
*Fabrication of highly efficient ZnO nanoscintillators*  
Opt. Mater. 47 (2015) 67–71.
122. A. A. Prokhorov, A. D. Prokhorov, L. F. Chernush, V. P. Dyakonov, H. Szymczak, A. Dejneka  
*EPR study of the ground state of Mn<sup>2+</sup> impurity ions in alumoborates MAI<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (M=Y, Eu, Tm)*  
Phys. Scr. 90 (2015) 065804(1)–065804(6).
123. P. Průša, M. Kučera, J. A. Mareš, Z. Onderišinová, M. Hanuš, V. Babin, A. Beitlerová, M. Nikl  
*Composition tailoring in the Ce-doped multicomponent garnet epitaxial film scintillators*  
Cryst. Growth Des. 15 (2015) 3715–3723.
124. A. Quindeau, I. Fina, X. Martí, G. Apachitei, P. Ferrer, C. Nicklin, E. Pippel, D. Hesse, M. Alexe  
*Four-state ferroelectric spin-valve*  
Sci. Rep. 5 (2015) 9749/1–9749/7.
125. Z. Remeš, J. Mičová, P. Krist, D. Chvátil, R. Effenberg, M. Nesládek  
*N-V related fluorescence of the monoenergetic high energy electron irradiated diamond nanoparticles*  
phys. status solidi a 212 (2015) 2519–2524.
126. K. Richterová, J. Drahekoupil, V. Kopecký, K. Dragounová, M. Landa, O. Heczko  
*Effect of compressive load on magnetic shape memory effect in Ni-Mn-Ga single crystal*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 704–708.
127. D. Savchenko, E. Kalabukhova, B. Shanina, A. Pöpl, V. Yukhymchuk, J. Lančok, E. Ubyivovk, E. Mokhov  
*EPR, ESE, and pulsed ENDOR study of the nitrogen donors in 15R SiC grown under carbon-rich conditions*  
phys. status solidi b 252 (2015) 566–572.
128. I. Schindler, E. Hadasik, J. Kopeček, P. Kawulok, R. Fabík, P. Opěla, S. Ruzs, R. Kawulok, M. Jabłońska  
*Optimization of Laboratory Hot Rolling of Brittle Fe-40at.%Al-Zr-B Aluminide*  
Arch. Metall. Mater. 60 (2015) 1693–1701.
129. P. Sedmáka, P. Šittner, J. Pilch, C. Curfs  
*Instability of cyclic superelastic deformation of NiTi investigated by synchrotron X-ray diffraction*  
Acta Mater. 94 (2015) 257–270.
130. V. Skoromets, H. Němec, J. Kopeček, P. Kužel, K. Peters, D. Fattakhova-Rohlfing, A. Vetushka, M. Müller, K. Ganzerová, A. Fejfar  
*Conductivity Mechanisms in Sb-Doped SnO<sub>2</sub> Nanoparticle Assemblies: DC and Terahertz Regime*  
J. Phys. Chem. C 119 (2015) 19485–19495.
131. Š. Stehlik, M. Varga, M. Ledinský, V. Jirásek, A. Artemenko, H. Kozak, L. Ondič, V. Skákalová, G. Argentero, T. Pennycook, J. C. Meyer, A. Fejfar, A. Kromka, B. Rezek  
*Size and Purity Control of HPHT Nanodiamonds down to 1 nm*  
J. Phys. Chem. C 119 (2015) 27708–27720.
132. C. Strobel, B. Leszczynska, U. Merkel, J. Kuske, D. D. Fischer, M. Albert, J. Holovský, S. Michard, J. W. Bartha  
*High efficiency high rate microcrystalline silicon thin-film solar cells deposited at plasma excitation frequencies larger than 100 MHz*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 143 (2015) 347–353.
133. A. Talbi, A. Soltani, A. Rumeau, A. Taylor, L. Drbohlavová, L. Klimša, J. Kopeček, L. Fekete, M. Jakl Krečmarová, V. Mortet  
*Simulations, fabrication and characterization of diamond coated Love wave-type SAW sensors*  
phys. status solidi a 212 (2015) 2606–2610.
134. Y. Tanaka, J. Kondo, V. Sychrovský, J. Šebera, T. Dairaku, H. Saneyoshi, H. Urata, H. Torigoe, A. Ono  
*Structures, physicochemical properties, and applications of T-HgII-T, C-AgI-C, and other metallo-base-pairs*  
Chem. Commun. 51 (2015) 17343–17360.

135. **A. Taylor, P. Ashcheulov, M. Čada, L. Fekete, P. Hubík, L. Klimša, J. Olejníček, Z. Remeš, I. Jirka, P. Janíček, E. Bedel-Pereira, J. Kopeček, J. Mistrík, V. Mortet**  
*Effect of plasma composition on nanocrystalline diamond layers deposited by a microwave linear antenna plasma-enhanced chemical vapour deposition system*  
 phys. status solidi a 212 (2015) 2418–2423.
136. **Mykola Telychko, Jan Berger, Zsolt Majzik, Pavel Jelínek, Martin Švec**  
*Graphene on SiC (0001) inspected by dynamic atomic force microscopy at room temperature*  
 Beilstein J. Nanotechnol. 6 (2015) 901–906.
137. **I. Tomáš, O. Kovářik, J. Kadlecová, G. Vértesy**  
*Optimization of fatigue damage indication in ferromagnetic low carbon steel*  
 Meas. Sci. Technol. 26 (2015) 095603 (1)–095603 (8).
138. **J. Toušek, J. Toušková, Z. Remeš, R. Chomutová, J. Čermák, M. Helgesen, J. E. Carlé, F. C. Krebs**  
*Electrical characterization of fluorinated benzothiadiazole based conjugated copolymer – a promising material for high-performance solar cells*  
 AIP Adv. 5 (2015) 127240(1)–127240(8).
139. **H. Turčičová, S. Přeučil, J. Vacík, J. Červená**  
*Li Depth Profile Anomaly after Radio-Frequency Hydrogen Plasma Processing of Single Crystal LiNbO<sub>3</sub>*  
 Ferroelectrics 239 (2015) 313–320.
140. **M. Tyunina, D. Chvostova, L. D. Yao, A. Dejneka, T. Kocourek, M. Jelinek, S. van Dijken**  
*Interband transitions in epitaxial ferroelectric films of NaNbO<sub>3</sub>*  
 Phys. Rev. B 92 (2015) 104101(1)–104101(6).
141. **M. Tyunina, L. Yao, D. Chvostova, A. Dejneka, T. Kocourek, M. Jelinek, V. Trepakov, S. van Dijken**  
*Concurrent bandgap narrowing and polarization enhancement in epitaxial ferroelectric nanofilms*  
 Sci. Tech. Adv. Mater. 16 (2015) 026002(1)–026002(9).
142. **M. Tyunina, L. D. Yao, D. Chvostova, T. Kocourek, M. Jelinek, A. Dejneka, S. van Dijken**  
*Effect of epitaxy on interband transitions in ferroelectric KNbO<sub>3</sub>*  
 New J. Phys. 17 (2015) 043048(1)–043048(8).
143. **V. Uhnevionak, A. Burenkov, C. Strenger, G. Ortiz, E. Bedel-Pereira, V. Mortet, F. Cristiano, A. J. Bauer, P. Pichler**  
*Comprehensive Study of the Electron Scattering Mechanisms in 4H-SiC MOSFETs*  
 IEEE Trans. Electron Devices 62 (2015) 2562–2570.
144. **E. Ukraintsev, A. Broz, M. Hubalek Kalbacova, A. Kromka, B. Rezek**  
*Stochastic model explains formation of cell arrays on H/O-diamond patterns*  
 Biointerphases 10 (2015) 041006(1)–041006(9).
145. **D. V. Savchenko**  
*The electron spin resonance study of heavily nitrogen doped 6H SiC crystals*  
 J. Appl. Phys. 117 (2015) 045708-1–045708-6.
146. **M. Varga, A. Laposá, P. Kulha, J. Kroutil, M. Husák, A. Kromka**  
*Quartz crystal microbalance gas sensor with nanocrystalline diamond sensitive layer*  
 phys. status solidi b 252 (2015) 2591–2597.
147. **P. Vlčák, F. Černý, J. Drahokoupil, J. Sepitka, Z. Tolde**  
*The microstructure and surface hardness of Ti6Al4V alloy implanted with nitrogen ions at an elevated temperature*  
 J. Alloy. Compd. 620 (2015) 48–54.
148. **T. Vojtylová, I. Niezgodá, Z. Galewski, V. Hamplová, D. Sýkora**  
*A new approach to the chiral separation of novel diazenes*  
 J. Sep. Sci. 38 (2015) 4211–4215.
149. **D. Vokoun, Q. He, L. Heller, M. Yu, Z. Dai**  
*Modeling of IPMC Cantilever's Displacements and Blocking Forces*  
 J. Bionic Eng. 12 (2015) 142–151.
150. **A. Vondrášková, A. Beitlerová, J. Bárta, V. Čuba, E. Mihóková, M. Nikl**  
*Nanocrystalline Eu-doped Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> phosphor prepared by radiation method*  
 Opt. Mater. 40 (2015) 102–106.

151. S. K. Yadav, B. P. Uberuaga, **M. Nikl**, C. Jiang, C. R. Stanek  
*Band-gap and Band-edge Engineering of Multicomponent Garnet Scintillators: A First-principles Study*  
Phys. Rev. Appl. 4 (2015) 054012(1)–054012(9).
152. Sh. Yamazaki, K. Maeda, Y. Sugimoto, M. Abe, **V. Zobač**, P. Pou, L. Rodrigo, **P. Mutombo**, R. Perez, **P. Jelínek**, S. Morita  
*Interplay between Switching Driven by the Tunneling Current and Atomic Force of a Bistable Four-Atom Si Quantum Dot*  
Nano Lett. 15 (2015) 4356–4363.
153. **R. Zeipl**, **M. Jelínek**, M. Vlček, T. Kocourek, J. Remsa, J. Vaniš  
*Characterization of laser prepared Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> nano-layers*  
Laser Phys. 25 (2015) 015903(1)–015903(5).
154. L. Zheng, **P. Lejček**, S. Song, G. Schmitz, Y. Meng  
*Thermodynamic effect of elastic stress on grain boundary segregation of phosphorus in a low alloy steel*  
J. Alloy. Compd. 647 (2015) 172–178.
155. Yu. Zorenko, V. Gorbenko, Ja. Vasylykiv, A. Zelenyj, A. Fedorov, R. Kučerková, **J. A. Mareš**, **M. Nikl**, P. Bilski, A. Twardak  
*Growth and luminescent properties of scintillators based on the single crystalline films of Lu<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce garnet*  
Mater. Res. Bull. 64 (2015) 355–363.

## Elektronová a geometrická struktura pevných látek

1. K.-H. Ahn, K.-W. Lee, **J. Kuneš**  
*Doping-dependent bandwidth renormalization and spin-orbit coupling in (Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)<sub>2</sub>RhO<sub>4</sub>*  
J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 085602(1)–085602(6).
2. A. H. Alamdar, M. Pourayoubi, A. Saneei, **M. Dušek**, M. Kučeráková, M. S. Henriques  
*Hirschfeld surface analysis of two new phosphorothioic triamides structures*  
Acta Crystallogr. C 71 (2015) 824–833.
3. F. Albrecht, J. Repp, M. Fleischmann, M. Scheer, **M. Ondráček**, **P. Jelínek**  
*Probing Charges on the Atomic Scale by Means of Atomic Force Microscopy*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 076101-1–076101-5.
4. A. Alizadeh, S. Y. Hosseini, H. Sedighian, F. Bayat, Z. Zhu, **M. Dušek**  
*Synthesis of 5,6-dihydroquinolines and succinates via the reaction of  $\alpha,\alpha$ -dicyanoolefins and acetylenic esters in a ratio of 2:1*  
Tetrahedron 71 (2015) 7885–7891.
5. M. Asadi, Z. Asadi, N. Savaripoor, **M. Dušek**, **V. Eigner**, M. R. Shorkaei, M. Sedaghat  
*Structural investigation of oxovanadium(IV) Schiff base complexes: X-ray crystallography, electrochemistry and kinetic of thermal decomposition*  
Spectrochim. Acta Mol. Biomol. Spectros. 136 (2015) 625–634.
6. **J. Berger**, E. J. Spadafora, **P. Mutombo**, **P. Jelínek**, **M. Švec**  
*Force-Driven Single-Atom Manipulation on a Low-Reactive Si Surface for Tip Sharpening*  
Small 11 (2015) 3686–3693.
7. J. Birkenstock, **V. Petříček**, B. Pedersen, H. Schneider, R. X. Fischer  
*The modulated average structure of mullite*  
Acta Crystallogr. B 71 (2015) 358–368.
8. **P. Brázda**, L. Palatinus, M. Klementová, J. Buršík, K. Knížek  
*Mapping of reciprocal space of La<sub>0.30</sub>CoO<sub>2</sub> in 3D: Analysis of superstructure diffractions and intergrowths with Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>*  
J. Solid State Chem. 227 (2015) 30–34.
9. **J. Červenka**, A. Budi, N. Dontschuk, A. Stacey, A. Tadich, K. J. Rietwyk, A. Schenk, M. T. Edmonds, Y. Yin, N. Medhekar, M. Kalbáč, C. I. Pakes  
*Graphene field effect transistor as a probe of electronic structure and charge transfer at organic molecule-graphene interfaces*  
Nanoscale 7 (2015) 1471–1478.

10. C. Ciccarelli, K. M. D. Hals, A. Irvine, **V. Novák**, Y. Tserkovnyak, H. Kurebayashi, A. Brataas, A. Ferguson  
*Magnonic charge pumping via spin-orbit coupling*  
Nature Nanotech. 10 (2015) 50–54.
11. C. A. Correa, **M. Klementová**, **L. Palatinus**  
*Electron Diffraction Tomography and Dynamical Refinement for Crystal-Structure Characterization of Nanocrystalline Materials*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 651–653.
12. M. Corso, **M. Ondráček**, Ch. Lotze, **P. Hapala**, K. J. Franke, **P. Jelinek**, J. I. Pascual  
*Charge Redistribution and Transport in Molecular Contacts*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 136101(1)–136101(5).
13. T. Dairaku, K. Furuita, H. Sato, **J. Šebera**, D. Yamanaka, H. Otaki, S. Kikkawa, Y. Kondo, R. Katahira, F. Matthias Bickelhaupt, C. Fonseca Guerra, A. Ono, V. Sychrovský, Ch. Kojima, Y. Tanaka  
*Direct detection of the mercury-nitrogen bond in the thymine–Hg<sup>II</sup>–thymine base-pair with <sup>199</sup>Hg NMR spectroscopy*  
Chem. Commun. 51 (2015) 8488–8491.
14. S. Y. Ebrahimipour, I. Sheikhshoae, J. Castro, **M. Dušek**, Z. Tohidian, **V. Eigner**, M. Khaleghi  
*Synthesis, spectral characterization, structural studies, molecular docking and antimicrobial evaluation of new dioxidouranium(VI) complexes incorporating tetradentate N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Schiff base ligands*  
RSC Adv. 5 (2015) 95104–95117.
15. C. Exare, J.-M. Kiatb, N. Guiblin, F. Porcher, **V. Petříček**  
*Structural evolution of ZTA composites during synthesis and processing*  
J. Eur. Ceram. Soc. 35 (2015) 1273–1283.
16. Y. Ge, N. Zarubová, **O. Heczko** and S-P. Hannula  
*Stress-induced transition from modulated 14M to non-modulated martensite in Ni–Mn–Ga alloy*  
Acta Mater. 90 (2015) 151–160.
17. H. Goudarziafshar, M. Rezaeivala, F. Khosravi, Y. Abbasityula, S. Yousefi, N. Özbek, **V. Eigner**, **M. Dušek**  
*Synthesis, characterization and crystal structures of new Zinc(II) and Nickel(II) complexes containing morpholine moiety and their antibacterial studies*  
J. Iran Chem. Soc. 12 (2015) 113–119.
18. G. Grivania, **V. Eigner**, **M. Dušek**, B. Sadeghi, A. D. Khalaji  
*New  $\mu$ OAC Bridged Dinuclear Copper(II) Complex with Tridentate Schiff Base Ligand: Synthesis, Characterization, Crystal Structure, and CuO NanoParticles Formation*  
Russ. J. Coord. Chem. 47 (2015) 456–461.
19. G. Grivani, S. H. Baghan, M. Vakili, A. D. Khalaji, V. Tahmasebi, **V. Eigner**, **M. Dušek**  
*A new copper(II) Schiff base complex containing asymmetrical tetradentate N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Schiff base ligand: Synthesis, characterization, crystal structure and DFT study*  
J. Mol. Struct. 1082 (2015) 91–96.
20. G. Grivani, A. Ghavami, **V. Eigner**, **M. Dušek**, A. D. Khalaji  
*A new oxidovanadium(IV) Schiff base complex containing asymmetric tetradentate ONN'O' Schiff base ligand: Synthesis, characterization, crystal structure determination, thermal study and catalytic activity*  
Chin. Chem. Lett. 26 (2015) 779–784.
21. **L. Havlák**, **J. Fábry**, **M. S. Henriques**, **M. Dušek**  
*Structure determination of KScS<sub>2</sub>, RbScS<sub>2</sub> and KLnS<sub>2</sub> (Ln = Nd, Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tm and Yb) and crystal-chemical discussion*  
Acta Crystallogr. C 71 (2015) 623–630.
22. **M. S. Henriques**, A. C. Ferreira, A. Cruz, L. M. Ferreira, J. B. Branco, **P. Brázda**, **K. Jurek**, T. Stora, A. P. Gonçalves  
*Preparation of Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> submicron- and nano-materials via electrospinning*  
Ceram. Int. 41 (2015) 10795–10802.
23. V. Yu. Ivanov, M. Godlewski, **A. Dejneka**  
*Photoionization of cobalt impurities in zinc oxide*  
phys. status solidi b 252 (2015) 1988–1992.

24. S. V. Jayanti, J. H. Park, **A. Dejneka**, **D. Chvostova**, K. M. McPeak, X. Chen, S. H. Oh, D. J. Norris  
*Low-temperature enhancement of plasmonic performance in silver films*  
Opt. Mater. Express 5 (2015) 1147–1155.
25. A. R. Kampf, **J. Plášil**, A. V. Kasatkin, J. Marty  
*Bobcookite, NaAl(VO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>•18H<sub>2</sub>O and wetherillite, Na<sub>2</sub>Mg(VO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>•18H<sub>2</sub>O, two new uranyl sulfate minerals from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 79 (2015) 695–714.
26. A. R. Kampf, **J. Plášil**, A. V. Kasatkin, J. Marty, J. Čejka  
*Fermiite, Na<sub>4</sub>(VO<sub>2</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>•3H<sub>2</sub>O and oppenheimerite, Na<sub>2</sub>(VO<sub>2</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>•3H<sub>2</sub>O, two new uranyl sulfate minerals from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 79 (2015) 1123–1142.
27. K. Karami, Z. M. Lighvan, S. A. Barzani, A. Y. Faal, M. Poshteh-Shirani, T. Khayamian, **V. Eigner**, **M. Dušek**  
*Design and synthesis of a novel trinuclear palladium(II) complex containing an oxime chelate ligand: determining the interaction mechanism with the DNA groove and BSA site I by spectroscopic and molecular dynamics simulation approaches*  
New J. Chem. 39 (2015) 8708–8719.
28. K. Karami, N. H. Naeini, **V. Eigner**, **M. Dušek**, J. Lipkowski, P. Hervés, H. Tavakol  
*Palladium complexes with 3-phenylpropylamine ligands: synthesis, structures, theoretical studies and application in the aerobic oxidation of alcohols as heterogeneous catalysts*  
RSC Adv. 5 (2015) 102424–102435.
29. A. V. Kasatkin, **J. Plášil**, I. V. Pekov, D. I. Belakovskiy, F. Nestola, J. Čejka, M. F. Vigasina, F. Zorzi, B. Thorne  
*Karpenkoite, Co<sub>3</sub>(V<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(OH)<sub>2</sub>•2H<sub>2</sub>O, a cobalt analogue of martyite from the Little Eva mine, Grand County, Utah, USA*  
Journal of Geosciences 60 (2015) 251–257.
30. A. A. Khajetoorians, M. Valentyuk, M. Steinbrecher, T. Schlenk, A. Shick, **J. Kolorenč**, A. I. Lichtenstein, T. O. Wehling, R. Wiesendanger, J. Wiebe  
*Tuning emergent magnetism in a Hund's impurity*  
Nature Nanotech. (2015) 193(1)–193(8).
31. A. D. Khalaji, **K. Fejfarová**, **M. Dušek**  
*Crystal structures of novel bis-NO-acyclic Schiff base compounds*  
J. Struct. Chem. 56 (2015) 1405–1409.
32. A. D. Khalaji, M. Gholinejad, S. M. Rad, G. Grivani, **K. Fejfarová**, **M. Dušek**  
*Synthesis, characterization, crystal structure and theoretical studies of new chiral Schiff base (E)-4-hydroxy[(1-phenylethyl)iminomethyl]benzoyne*  
Res. Chem. Intermed. 41 (2015) 1635–1645.
33. A. D. Khalaji, S. Hafez Ghoran, **M. Pojarová**, **M. Dušek**  
*Characterization and crystal structures of new Schiff base macrocyclic compounds*  
J. Struct. Chem. 56 (2015) 1410–1414.
34. A. D. Khalaji, S. H. Ghoran, **J. Rohlíček**, **M. Dušek**  
*Characterization and crystal structure of a 17-membered macrocyclic Schiff base compound MeO-sal-pn-bn*  
J. Struct. Chem. 56 (2015) 259–265.
35. A. D. Khalaji, K. Jafari, **K. Fejfarová**, **M. Dušek**  
*Crystal structure of the Copper(I) complex Cu(py-Clan)(PPh<sub>3</sub>)I*  
J. Struct. Chem. 56 (2015) 175–178.
36. A. D. Khalaji, E. Maddhadi, **M. Dušek**, **K. Fejfarová**, T. J. Chow  
*Organic Compounds Containing Methoxy and Cyanoacrylic Acid: Synthesis, Characterization, Crystal Structures, and Theoretical Studies*  
Crystallogr. Rep. 60 (2015) 1019–1026.
37. A. D. Khalaji, M. Mogheiseh, **V. Eigner**, **M. Dušek**, T. J. Chow, E. Maddahi  
*Synthesis, characterization and crystal structures of new organic compounds containing cyanoacrylic acid*  
J. Mol. Struct. 1098 (2015) 318–323.

38. K. Kikoin, S. L. Drechsler, K. Koepernik, **J. Málek**, J. van den Brink  
*Magnetic moment formation due to arsenic vacancies in LaFeAsO-derived superconductors*  
Sci. Rep. 5 (2015) 11280(1)–11280(11).
39. P. Kocán, **O. Krejčí**, H. Tochihara  
*Anomalous structural evolution and  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  reconstruction of a clean Si(111) surface observed after thermal desorption of thallium*  
J. Vac. Sci. Technol. A 33 (2015) 021408-1–021408-8.
40. **J. Kolorenč**, **A. B. Shick**, A. I. Lichtenstein  
*Electronic structure and core-level spectra of light actinide dioxides in the dynamical mean-field theory*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 085125(1)–085125(10).
41. M. Kratochvílová, J. Prokleška, K. Uhlířová, V. Tkáč, **M. Dušek**, V. Sechovský, J. Custers  
*Coexistence of Antiferromagnetism and Superconductivity in Heavy Fermion Cerium Compound  $Ce_3PdIn_{11}$*   
Sci. Rep. 5 (2015) 15904(1)–15904(11).
42. H. Li, H. Gao, **L. P. Zarbo**, K. Výborný, X. Wang, I. Garate, F. Dogan, **A. Čejchan**, **J. Sinova**, T. Jungwirth, A. Manchon  
*Intraband and interband spin-orbit torques in non-centrosymmetric ferromagnets*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 134402-1–134402-9.
43. Y. Liu, S. K. Bose, **J. Kudrnovský**  
*Half-metallicity, magnetism and electrical resistivity of  $Sn_{1-x}Mn_xTe$*   
J. Magn. Magn. Mater. 375 (2015) 15–25.
44. P. Merino, **M. Švec**, J. I. Martinez, **P. Mutombo**, **C. González**, J. Á. Martin-Gago, P. L. de Andrés Rodríguez, **P. Jelínek**  
*Ortho and Para Hydrogen Dimers on G/SiC (0001): combined STM and DFT study*  
Langmuir 31 (1) (2015) 233–239.
45. M. Montazerzohori, A. Nazaripour, A. Masoudiasl, R. Naghiha, **M. Dušek**, **M. Kučeráková**  
*Antimicrobial activity, DNA cleavage, thermal analysis data and crystal structure of some new  $CdLX_2$  complexes: A supramolecular network*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 55 (2015) 462–470.
46. A. J. Neukirch, J. Park, **V. Zobac**, H. Wang, **P. Jelinek**, O. V. Prezhdo, H.-C. Zhou, J. P. Lewis  
*Calculated photo-isomerization efficiencies of functionalized azobenzene derivatives in solar energy materials: azo-functional organic linkers for porous coordinated polymers*  
J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 134208(1)–134208(11).
47. M. Orrit, G. Evans, T. Cordes, **I. Kratochvílová**, W. Moerner, L.-M. Needham, S. Sekatskii, Y. Vainer, S. Faez, V. Vedral, H. P. Goswami, A. Clark, A. J. Meixner, L. Piatkowski, V. Birkedal, V. Sandoghdar, G. Skinner, W. Langbein, J. Du, F. Koberling, J. Michaelis, F. Shi, R. Taylor, A. Chowdhury, B. Lounis, N. van Hulst, P. El-Khoury, L. Novotný, J. Wrachtrup, T. Farrow, A. Naumov, M. Gladush R. Hanson  
*Quantum optics, molecular spectroscopy and low-temperature spectroscopy: general discussion*  
Faraday Discuss. 184 (2015) 275–303.
48. **L. Palatinus**  
*Taking a closer look for a broader view: combining powder diffraction with electron crystallography for a better understanding of modulated structures*  
Acta Crystallogr. B 71 (2015) 125–126.
49. **L. Palatinus**, C. A. Corrêa, G. Steciuk, D. Jacob, P. Roussel, P. Boullay, **M. Klementová**, M. Gemmi, **J. Kopeček**, M. C. Domeneghetti, F. Cámara, **V. Petříček**  
*Structure refinement using precession electron diffraction tomography and dynamical diffraction: tests on experimental data*  
Acta Crystallogr. B 71 (2015) 740–751.
50. **L. Palatinus**, **V. Petříček**, C. A. Correa  
*Structure refinement using precession electron diffraction tomography and dynamical diffraction: theory and implementation*  
Acta Crystallogr. A 71 (2015) 235–244.
51. M. Paściak, T. R. Welberry, A. P. Heerdegen, V. Laguta, **T. Ostapchuk**, S. Leoni and **J. Hlinka**  
*Atomistic modeling of diffuse scattering in cubic  $PbZrO_3$*   
Phase Transit. 88 (2015) 273–282.

52. R. Pažout, J. Sejkora, J. Maixner, **M. Dušek**, J. Tvrđý  
*Refikite from Krásno, Czech Republic: a crystal- and molecular-structure study*  
Mineral. Mag. 79 (2015) 59–70.
53. **J. Plášil**  
*Crystal structure refinement of pseudojohannite,  $Cu_3(OH)_2[(UO_2)_4O_4(SO_4)_2](H_2O)_{12}$ , from the type locality – Jáchymov, Czech Republic*  
Journal of Geosciences 60 (2015) 123–127.
54. **J. Plášil**, J. Čejka  
*A note on the molecular water content in uranyl carbonate mineral andersonite*  
Journal of Geosciences 60 (2015) 181–187.
55. **J. Plášil**, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, D. I. Belakovskiy, J. Čejka, D. Chernyshov  
*Ježekite,  $Na_8[(UO_2)(CO_3)_3](SO_4)_2 \cdot 3H_2O$ , a new uranyl mineral from Jáchymov, Czech Republic*  
Journal of Geosciences 60 (2015) 259–267.
56. **J. Plášil**, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, M. Novák, J. Čejka, L. Lapčák  
*Svornostite,  $K_2Mg[(UO_2)(SO_4)_2]_2 \cdot 8H_2O$ , a new uranyl sulfate mineral from Jáchymov, Czech Republic*  
Journal of Geosciences 60 (2015) 113–121.
57. **J. Plášil**, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, R. Škoda, M. Novák, J. Čejka  
*Geschieberite,  $K_2(UO_2)(SO_4)_2(H_2O)_2$ , a new uranyl sulfate mineral from Jáchymov*  
Mineral. Mag. 79 (2015) 205–216.
58. **J. Plášil**, J. Majzlan, M. Wierzbicka-Wieczorek, B. Kiefer  
*Crystal structure, thermal behaviour and parageneses of koninckite,  $FePO_4 \cdot 2.75H_2O$*   
Mineral. Mag. 79 (2015) 1159–1173.
59. **J. Plášil**, R. Škoda  
*New crystal-chemical data for maretite*  
Mineral. Mag. 79 (2015) 649–660.
60. **O. Romanyuk**, P. Jiricek, T. Paskova, and I. Bartos  
*Polarity of GaN with polar {0001} and semipolar {1-101}, {20-21}, {11-22} orientations by x-ray photoelectron diffraction*  
J. Mater. Res. 30 (2015) 2881–2892.
61. **O. Romanyuk**, P. Mutombo, F. Grosse  
*Ab initio Study of Atomic Disorder on As-rich GaAs(111)A Surface*  
Surf. Sci. 641 (2015) 330–335.
62. M. S. Roodsari, B. Shaabani, B. Mirtamizdoust, **M. Dušek**, K. Fejfarová  
*Sonochemical Synthesis of Bismuth(III) Nano Coordination Compound and Direct Synthesis of  $Bi_2O_3$  Nanoparticles from a Bismuth(III) Nano Coordination Compound Precursor*  
J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. 25 (2015) 1226–1232.
63. M. Seifi, S. Y. Ebrahimipour, J. Simpson, **M. Dušek**, V. Eigner, H. Sheibani  
*Combination of Pyridinium and Isoquinolinium Ylides with Phenylisocyanate and Isothiocyanates: Synthesis, Characterisation, and X-Ray Crystal Structures of Mesoionic Monosubstituted 3-Oxo-Propanamides or Thioamides*  
Aust. J. Chem. 68 (2015) 1577–1582.
64. A. R. Shabari, M. Pourayoubi, P. Marandi, **M. Dušek**, V. Eigner  
*A new phosphorothioic triamide structure:  $P(S)[NHCH_2C_6H_5]_3$*   
Acta Crystallogr. C 71 (2015) 338–343.
65. E. Shahsavani, N. Feizi, V. Eigner, **M. Dušek**, A. D. Khalaji  
*Crystal Structure of Copper (I) Thiosemicarbazone Complex  $[Cu(PPh_3)(catsc)]$*   
J. Struct. Chem. 56 (2015) 1003–1007.
66. E. Shahsavani, A. D. Khalaji, N. Feizi, D. Das, J. S. Matalobos, M. Kučeráková, **M. Dušek**  
*A low-cost, environment-friendly and solvent-free route for synthesis of AgBr nanoparticles*  
Superlattices Microstruct. 82 (2015) 18–25.



67. E. Shahsavani, A. D. Khalaji, N. Feizi, **M. Kučeráková**, **M. Dušek**  
*Synthesis, characterization, crystal structure and antibacterial activity of new sulfur-bridged dinuclear silver(I) thiosemicarbazone complex  $[Ag_2(PPh_3)_2(\mu-S-Brcatsc)_2(\eta^1-S-Brcatsc)_2](NO_3)_2$*   
 Inorg. Chim. Acta 429 (2015) 61–66.
68. Z. Shariatinia, E. J. Moghadam, N. Maghsoudi, H. S. M. Mousavi, **M. Dušek**, **V. Eigner**  
*Synthesis, Spectroscopy, X-ray Crystallography, and DFT Computations of Nanosized Phosphazenes*  
 Z. Anorg. Allg. Chem. 641 (2015) 967–978.
69. **A. B. Shick**, L. Havela, A. I. Lichtenstein, M. I. Katsnelson  
*Racah materials: role of atomic multiplets in intermediate valence systems*  
 Sci. Rep. 5 (2015) 15429(1)–15429(10).
70. I. Šimeček, **J. Rohlíček**, T. Zahradnický, D. Langr  
*A new parallel and GPU version of a TREOR-based algorithm for indexing powder diffraction data*  
 J. Appl. Crystallogr. 48 (2015) 166–170.
71. **O. Šipr**, H. Ebert, J. Minár  
*Trends in the magnetism of free Rh clusters via relativistic ab-initio calculations*  
 J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 056004(1)–056004(8).
72. J. Skácel, J. Budka, **V. Eigner**, P. Lhoták  
*Regioselective FriedeleCrafts acylation of calix[4]arenes*  
 Tetrahedron 71 (2015) 1959–1965.
73. P. Škácha, **J. Plášil**, J. Sejkora, V. Goliáš  
*Sulfur-rich antimonelite,  $Sb_2(Se,S)_3$  in the Se-bearing mineral association from the Příbram uranium and base metal ore district, Czech Republic*  
 Journal of Geosciences 60 (2015) 23–29.
74. R. Škoda, **J. Plášil**, E. Jonsson, R. Čopjaková, J. Langhof, M. Vašinová Galiová  
*Redefinition of thalénite-(Y) and discreditation of fluorthalénite-(Y): A re-investigation of type material from the Österby pegmatite, Dalarna, Sweden, and from additional localities*  
 Mineral. Mag. 79 (2015) 965–983.
75. V. Sládková, T. Skalická, E. Skořepová, J. Čejka, **V. Eigner**, B. Kratochvíl  
*Systematic solvate screening of trospium chloride: discovering hydrates of a long-established pharmaceutical*  
 CrystEngComm 17 (2015) 4712–4721.
76. P. Slavík, **V. Eigner**, P. Lhoták  
*Intramolecularly Bridged Calix[4]arenes with Pronounced Complexation Ability toward Neutral Compounds*  
 Org. Lett. 17 (2015) 2788–2791.
77. L. Smolko, J. Černák, **M. Dušek**, J. Miklovič, J. Titiš, R. Boča  
*Three tetracoordinate Co(II) complexes  $[Co(biq)X_2]$  ( $X = Cl, Br, I$ ) with easy-plane magnetic anisotropy as field-induced single-molecule magnets*  
 Dalton T. 44 (2015) 17565–17571.
78. A. Soltani, F. Ghari, A. D. Khalaji, E. T. Lemeski, **K. Fejfarová**, **M. Dušek**, M. Shikhi  
*Crystal structure, spectroscopic and theoretical studies on two Schiff base compounds of 2,6-dichlorobenzylidene-2,4-dichloroaniline and 2,4-dichlorobenzylidene-2,4-dichloroaniline*  
 Spectrochim. Acta Mol. Biomol. Spectros. 139 (2015) 271–278.
79. A. Stacey, K. M. O'Donnell, J.-P. Chou, A. Schenk, A. Tadich, N. Dontschuk, **J. Červenka**, C. Pakes, A. Gali, A. Hoffman, S. Praver  
*Nitrogen Terminated Diamond*  
 Adv. Mater. Interf. 2 (2015) 1500079-1–1500079-6.
80. **P. Středa**, **J. Kučera**  
*Orbital momentum and topological phase transformation*  
 Phys. Rev. B 92 (2015) 235152(1)–235152(6).

81. M. Tabatabaee, A. Taghinezhadkoshknou, M. Dušek, K. Fejfarová  
*Synthesis and Characterization of a Cobalt(II) Complex with (E)-N'-(2-Hydroxy-3-Methoxybenzylidene) Isonicotinohydrazide and (E)-N'-(2-Hydroxy-3-Methoxybenzylidene)Isonicotinohydrazidanium Nitrate as a By-Product*  
Synth. React. Inorg. Met.-Org. Nano-Metal Chem. 45 (2015) 1506–1512.
82. M. Telychko, P. Mutombo, P. Merino, P. Hapala, M. Ondráček, F. C. Bocquet, J. Sforzini, O. Stetsovych, M. Vondráček, P. Jelínek, M. Švec  
*Electronic and Chemical Properties of Donor, Acceptor Centers in Graphene*  
ACS Nano 9 (2015) 9180–9187.
83. J. C. Thomas, I. Boldog, H. S. Auluck, P. J. Bereciartua, M. Dušek, J. Macháček, Z. Bastl, P. S. Weiss, T. Baše  
*Self-Assembled p Carborane Analogue of p Mercaptobenzoic Acid on Au{111}*  
Chem. Mater. 27 (2015) 5425–5435.
84. G. Tsekouras, F. Boudoire, B. Pal, M. Vondráček, K. C. Prince, D. D. Sarma, A. Braun  
*Electronic structure origin of conductivity and oxygen reduction activity changes in low-level Cr-substituted (La,Sr)MnO<sub>3</sub>*  
J. Chem. Phys. 143 (2015) 114705-1–114705-7.
85. M. Vávra, I. Potočňák, M. Dušek, E. Čižmár, M. Ozerov, S. A. Zvyagin  
*Low-dimensional compounds containing cyanido groups. XXVIII. Crystal structure, spectroscopic and magnetic properties of two copper(II) tetracyanidoplatinate complexes with 1,2-diaminopropane*  
J. Solid State Chem. 225 (2015) 202–208.
86. J. Veselý, J. Kopeček  
*3D Reconstruction of Dislocation Structures in Fe-Al28,40*  
Acta Phys. Polon. A 128 (2015) 787–789.
87. A. Viani, A. Palermo, S. Zanardi, N. Demitri, V. Petříček, F. Varini, E. Belluso, K. Ståhl, A. F. Gualtieri  
*Structure and stability of BaTiSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>*  
Acta Crystallogr. B 71 (2015) 153–163.
88. S. Volkov, L. Kumprecht, M. Buděšínský, M. Lepšík, M. Dušek, T. Kraus  
*A  $\gamma$ -cyclodextrin duplex connected with two disulfide bonds: synthesis, structure and inclusion complexes*  
Org. Biomol. Chem. 13 (2015) 2980–2985.
89. Yuefeng Yin, Jiří Červenka, Nikhil V. Medhekar  
*Tunable Hybridization Between Electronic States of Graphene and Physisorbed Hexacene*  
J. Phys. Chem. C 119 (2015) 19526–19534.
90. N. Zhang, M. Pasciak, A. M. Glazer, J. Hlinka, M. Gutmann, H. A. Sparkes, T. R. Welberry, A. Majchrowski, K. Roleder, Y. Xie and Z.-G. Ye  
*A neutron diffuse scattering study of PbZrO<sub>3</sub> and Zr-rich PbZr<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>3</sub>*  
J. Appl. Crystallogr. 48 (2015) 1637–1644.
91. V. Zobač, J. P. Lewis, E. Abad, J. I. Mendieta-Moreno, P. Hapala, P. Jelínek, J. Ortega  
*Photo-induced reactions from efficient molecular dynamics with electronic transitions using the FIREBALL local-orbital density functional theory formalism*  
J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 175002(1)–175002(11).
92. M. Žonda, V. Pokorný, V. Janiš, T. Novotný  
*Perturbation theory of a superconducting 0– $\pi$  impurity quantum phase transition*  
Sci. Rep. 5 (2015) 8821(1)–8821(6).

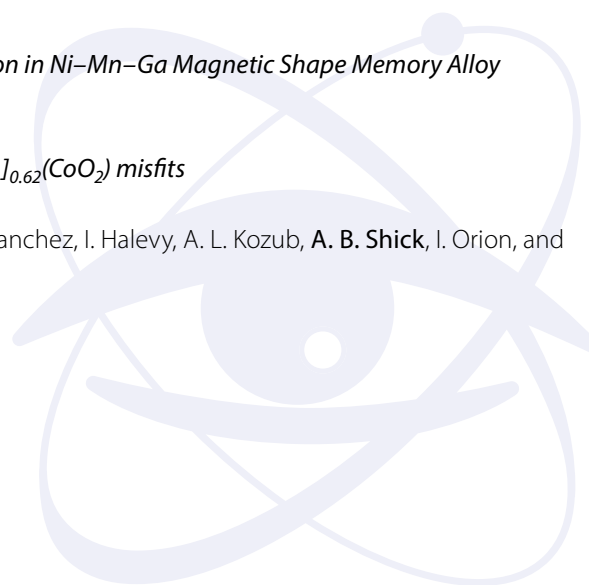
## Magnetické a dielektrické vlastnosti

1. E. Alleno, D. Bérardan, C. Byl, C. Candolfi, R. Daou, R. Decourt, E. Guilmeau, S. Hébert, J. Hejtmánek, B. Lenoir, P. Masschelein, V. Ohorodnichuk, M. Pollet, S. Populoh, D. Ravot, O. Rouleau, and M. Soulier  
*Invited Article: A round robin test of the uncertainty on the measurement of the thermoelectric dimensionless figure of merit of Co<sub>0.97</sub>Ni<sub>0.03</sub>Sb<sub>3</sub>*  
Rev. Sci. Instrum. 86 (2015) 011301(1)–011301(8).



2. **A. V. Andreev, E. A. Tereshina, D. I. Gorbunov, E. Šantavá, J. Šebek, M. Žáček, S. Daniš, J. Pospíšil, L. Havela**  
*Influence of Ru on magnetic properties of  $Y_2T_{17}$  ( $T = Fe, Co$ ) and  $Y_2Fe_{16}Si$  single crystals*  
J. Alloy. Compd. 621 (2015) 415–422.
3. **S. Babuin, E. Varga, W. F. Vinen, L. Skrbek**  
*Quantum turbulence of bellows-driven  $^4He$  superflow: Decay*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 184503–184503.
4. **N. M. Belozerova, S. E. Kichanov, Z. Jiráček, D. P. Kozlenko, M. Kačenka, O. Kaman, E. V. Lukin, B. N. Savenko**  
*High pressure effects on the crystal and magnetic structure of nanostructured manganites  $La_{0.63}Sr_{0.37}MnO_3$  and  $La_{0.72}Sr_{0.28}MnO_3$*   
J. Alloy. Compd. 646 (2015) 998–1003.
5. **L. Beran, P. Cejpek, M. Kulda, R. Antos, V. Holy, M. Veis, L. Straka, O. Heczko**  
*Optical and magneto-optical studies of martensitic transformation in Ni-Mn-Ga magnetic shape memory alloys*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17A919 (1)–17A919 (4).
6. **E. Buixaderas, I. Gregora, M. Savinov, J. Hlinka, Li Jin, D. Damjanovic, B. Malic**  
*Compositional behavior of Raman active phonons in  $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)_3$  ceramics*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 014104(1)–014104(8).
7. **E. Buixaderas, C. Kadlec, P. Vaněk, S. Drnovšek, H. Uršič, B. Malič**  
*Far infrared and Raman response in tetragonal PZT ceramic films*  
Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. 54 (2015) 219–225.
8. **M. Buryi, D. A. Spassky, J. Hybler, V. Laguta, M. Nikl**  
*Electron Spin Resonance study of charge trapping in  $\alpha$ - $ZnMoO_4$  single crystal scintillator*  
Opt. Mater. 47 (2015) 244–250.
9. **T. V. Chagovets, S. W. Van Sciver**  
*Visualization of He II forced flow around a cylinder*  
Phys. Fluids 27 (2015) 045111(1)–045111(9).
10. **A. Chizhik, A. Stupakiewicz, V. Zablotskii, M. Tekielak, V. Stupakevich, A. Zhukov, J. Gonzalez, A. Maziewski**  
*Transformation of magnetic structure in amorphous microwires induced by temperature and high frequency magnetic field*  
J. Alloy. Compd. 632 (2015) 520–527.
11. **Yu. G. Chukalkin, A. E. Teplykh, N. V. Kudrevatykh, S. G. Bogdanov, K. N. Choo, S. Lee, A. V. Andreev, A. N. Pirogov**  
*Annealing-induced crystallization of the  $Er_2Fe_{13.8}B$  alloy amorphized by irradiation*  
Phys. Metals Metallogr. 116 (2015) 242–247.
12. **J. Dankova, M. Buzgo, J. Vejpravova, S. Kubickova, V. Sovkova, L. Vyslouzilova, A. Mantlikova, A. Nečas, E. Amler**  
*Highly efficient mesenchymal stem cell proliferation on poly- $\epsilon$ -caprolactone nanofibers with embedded magnetic nanoparticles*  
Int. J. Nanomed. 10 (2015) 7307–7317.
13. **T. Dědourková, O. Kaman, P. Veverka, J. Koktan, M. Veverka, J. Kuličková, Z. Jiráček, V. Herynek**  
*Clusters of magnetic nanoparticles as contrast agents for MRI: the effect of aggregation on  $T_2$  relaxivity*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 5300804(1)–5300804(3).
14. **L. V. B. Diop, Z. Arnold, O. Isnard**  
*Itinerant-electron metamagnetism of the  $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$  ( $x=0.125$  and  $0.14$ ) compounds under high pressure*  
J. Magn. Magn. Mater. 395 (2015) 251–256.
15. **L. V. B. Diop, J. Kaštil, O. Isnard, Z. Arnold, J. Kamarád**  
*Magnetic and magnetocaloric properties of itinerant-electron system  $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$  ( $x = 0.125$  and  $0.175$ )*  
J. Alloy. Compd. 627 (2015) 446–450.
16. **N. Domingo, L. Lopez-Mir, M. Paradinas, V. Holy, J. Zelezny, D. Yi, S. J. Suresha, Jian Liu, C. R. Serrao, R. Ramesh, C. Ocal, X. Marti, G. Catalan**  
*Giant reversible piezoresistance at room temperature in  $Sr_2IrO_4$  thin films*  
Nanoscale 7 (2015) 3453–3459.

17. A. Y. S. Eng, Z. Sofer, Š. Huber, D. Bouša, M. Maryško, M. Pumera  
*Hydrogenated Graphenes by Birch Reduction: Influence of Electron and Proton Sources on Hydrogenation Efficiency, Magnetism, and Electrochemistry*  
Chem. Eur. J. 21 (2015) 16828–16838.
18. M. Etzkorn, C. F. Hirjibehedin, A. Lehnert, S. Ouazi, S. Rusponi, S. Stepanow, P. Gambardella, C. Tieg, P. Thakur, A. I. Lichtenstein, A. B. Shick, S. Loth, A. J. Heinrich, H. Brune  
*Comparing XMCD and DFT with STM spin excitation spectroscopy for Fe and Co adatoms on Cu<sub>2</sub>N/Cu(100)*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 184406(1)–184406(8).
19. H. Gao, C. Cernov, T. Jungwirth, J. Sinova  
*Disorder and localization effects on the local spectroscopic and infrared-optical properties of Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>As*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 245201(1)–245201(7).
20. V. Goian, S. Kamba, F. Borodavka, D. Nuzhnyy, M. Savinov, A. A. Belik  
*The manifestation of spin-phonon coupling in CaMnO<sub>3</sub>*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 164103(1)–164103(6).
21. M. F. Gonzalez-Zalba, C. Ciccarelli, L. P. Zarbo, A. C. Irvine, R. C. Campion, B. L. Gallagher, T. Jungwirth, A. J. Ferguson, J. Wunderlich  
*Reconfigurable Boolean Logic Using Magnetic Single-Electron Transistors*  
PLoS One 10 (2015) e0125142(1)–e0125142(8).
22. D. I. Gorbunov, A. V. Andreev, Y. Skourski, E. A. Tereshina  
*High-field magnetization study of a HoFe<sub>6</sub>Al<sub>6</sub> single crystal*  
J. Alloy. Compd. 648 (2015) 488–493.
23. D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, A. V. Andreev, Y. Skourski, M. Dušek  
*Magnetic, thermal and transport properties of Tb<sub>3</sub>Ru<sub>4</sub>Al<sub>12</sub>*  
J. Alloy. Compd. 634 (2015) 115–121.
24. D. I. Gorbunov, S. Yasin, A. V. Andreev, Y. Skourski, N. V. Mushnikov, E. V. Rosenfeld, S. Zherlitsyn, J. Wosnitza  
*Magnetic anisotropy and magnetic phase transitions in RFe<sub>3</sub>Al<sub>7</sub>*  
J. Magn. Magn. Mater. 383 (2015) 208–214.
25. J. A. Haigh, C. Ciccarelli, A. Betz, A. Irvine, V. Novak, T. Jungwirth, and J. Wunderlich  
*Anisotropic magneto-capacitance in ferromagnetic-plate capacitors*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 140409(R)(1)–140409(R)(4).
26. L. Havela, I. Tkach, M. Paukov, Z. Matej, D. Drozdenko, A. V. Andreev, N.-T. H. Kim-Ngan  
*Structure and properties of hydrides of gamma-U alloys*  
J. Alloy. Compd. 645 (2015) S190–S192.
27. O. Heczko, J. Drahokoupil, L. Straka  
*Enhanced magnetic hysteresis in Ni-Mn-Ga single crystal and its influence on magnetic shape memory effect*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17E703 (1)–17E703 (4).
28. O. Heczko, V. Kopecký, L. Fekete, K. Jurek, J. Kopeček, L. Straka, H. Seiner  
*Magnetic Domains and Twin Microstructure of Single Crystal Ni–Mn–Ga Exhibiting Magnetic Shape Memory Effect*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 2505304(1)–2505304(4).
29. O. Heczko, D. Vokoun, V. Kopecký, M. Beleggia  
*Effect of Magnetostatic Interactions on Twin Boundary Motion in Ni–Mn–Ga Magnetic Shape Memory Alloy*  
IEEE Magn. Lett. 6 (2015) 1000204(1)–1000204(4).
30. J. Hejtmánek, Z. Jiráček, J. Šebek  
*Spin-entropy contribution to thermopower in the [Ca<sub>2</sub>CoO<sub>3-t</sub>]<sub>0.62</sub>(CoO<sub>2</sub>) misfits*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 125106(1)–125106(11).
31. A. Hen, N. Magnani, J.-C. Griveau, R. Eloirdi, E. Colineau, J.-P. Sanchez, I. Halevy, A. L. Kozub, A. B. Shick, I. Orion, and R. Caciuffo  
*Site-selective magnetic order of neptunium in Np<sub>2</sub>Ni<sub>17</sub>*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 024410(1)–024410(7).



32. **M. S. Henriques, D. I. Gorbunov, A. V. Andreev, J. Prchal, P. Raison, S. Heathman, Z. Arnold, J.-C. Griveau, E. Colineau, L. Havela, A. P. Gonçalves**  
*Structural and electronic response of  $U_3Fe_4Ge_4$  to high pressure*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 113901(1)–113901(8).
33. **M. S. Henriques, D. I. Gorbunov, J. C. Waerenborgh, M. Pasturel, A. V. Andreev, M. Dušek, Y. Skourski, L. Havela, A. P. Gonçalves,**  
*Synthesis and structural/physical properties of  $U_3Fe_2Ge_7$ : a single-crystal study*  
Inorg. Chem. 54 (2015) 9646–9655.
34. **V. Hills, P. Wadley, R. P. Champion, V. Novak, R. Beardsley, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, B. Ouladdiaf, T. Jungwirth**  
*Paramagnetic to antiferromagnetic transition in epitaxial tetragonal  $CuMnAs$*   
J. Appl. Phys. 117 (2015) 172608(1)–172608(2).
35. **C. Hu, S. Liu, M. Fasoli, A. Vedda, M. Nikl, X. Feng, Y. Pan**  
 *$O^-$  centers in  $LuAG:Ce, Mg$  ceramics*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 9 (2015) 245–249.
36. **C. Hu, S. Liu, M. Fasoli, A. Vedda, M. Nikl, X. Feng, Y. Pan**  
*ESR and TSL study of hole and electron traps in  $LuAG:Ce, Mg$  ceramic scintillator*  
Opt. Mater. 45 (2015) 252–257.
37. **O. Isnard, A. V. Andreev, O. Heczko, Y. Skourski**  
*High magnetic field study of the  $Dy_2Fe_{17}H_x$  compounds with  $x = 0–3.8$*   
J. Alloy. Compd. 627 (2015) 101–107.
38. **V. Janiš, A. Kauch, A. Klíč**  
*Ergodicity breaking in frustrated disordered systems: Replicas in mean-field spin-glass models*  
Phase Transit. 98 (2015) 4711(1)–4711(19).
39. **Z. Janu, V. Soukup**  
*Reduction in energy dissipation rate with increased effective applied field*  
Supercond. Sci. Tech. 28 (2015) 085016(1)–085016(5).
40. **Soyoung Jekal, S. H. Rhim, S. C. Hong, Won-joon Son, A. B. Shick**  
*Surface-termination-dependent magnetism and strong perpendicular magnetocrystalline anisotropy of an  $FeRh(001)$  thin film*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 064410(1)–064410(6).
41. **Z. Jiráček, M. Kačenka, O. Kaman, M. Maryško, N. Belozerova, S. Kichanov, D. Kozlenko**  
*Role of surface on magnetic properties of  $La_{1-x}Sr_xMnO_{3+\delta}$  nanocrystallites*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 1000204(1)–1000204(3).
42. **M. Kačenka, O. Kaman, Z. Jiráček, M. Maryško, P. Veverka, M. Veverka, S. Vratislav**  
*The magnetic and neutron diffraction studies of  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  nanoparticles prepared via molten salt synthesis*  
J. Solid State Chem. 221 (2015) 364–372.
43. **L. S. Kadyrov, E. S. Zhukova, V. I. Torgashev, B. P. Gorshunov, A. S. Prokhorov, E. A. Motovilova, F. Fischgrabe, V. Moshnyaga, T. Zhang, R. Kremer, U. Pracht, S. Zapf, J. Pokorný, G. Untereiner, S. Kamba, M. Dressel**  
*Terahertz-infrared spectroscopy of overdoped manganites  $La_{1-x}Ca_xMnO_3$*   
Physica B 460 (2015) 199–201.
44. **O. Kaman, T. Kořínková, Z. Jiráček, M. Maryško, M. Veverka**  
*The superspin glass transition in zinc ferrite nanoparticles*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17C706(1)–17C706(4).
45. **J. Kaštil, J. Kamarád, O. Isnard, Y. Skourski, M. Mišek, Z. Arnold**  
*Effect of pressure and high magnetic field on phase transitions and magnetic properties of  $Ni_{1.92}Mn_{1.56}Sn_{0.52}$  and  $Ni_2MnSn$  Heusler compounds*  
J. Alloy. Compd. 650 (2015) 248–255.
46. **M. Kisielowski, A. Maziewski, V. Zablotskii**  
*Three-Dimensional Micromagnetic Simulation of Spatial Distribution of Magnetization in Thick Cobalt Layers*  
Acta Phys. Polon. A 127 (2015) 520–522.

47. **K. Knížek**  
*LDA + U calculation of electronic and thermoelectric properties of doped CuCoO<sub>2</sub>*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 075125(1)–075125(8).
48. **K. Knížek, Z. Jirák, J. Hejtmánek, P. Brázda, J. Buršík, M. Soroka, P. Beran**  
*Structural study of layered cobaltate La<sub>x/3</sub>CoO<sub>2</sub> (x ~ 1) at temperatures up to 800 K*  
J. Solid State Chem. 229 (2015) 160–163.
49. **K. Knížek, P. Novák, Z. Jirák, J. Hejtmánek, M. Maryško, J. Buršík**  
*Magnetism and transport properties of layered rare-earth cobaltates Ln<sub>0,3</sub>CoO<sub>2</sub>*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17B706(1)–17B706(4).
50. **M. Kohout, V. Kozmík, M. Slabochová, J. Tůma, J. Svoboda, V. Novotná, D. Pocięcha**  
*Bent-shaped liquid crystals based on 4-substituted 3-hydroxybenzoic acid central core*  
Liq. Cryst. 42 (2015) 87–103.
51. **A. V. Kolomiets, J.-C. Griveau, J. Prchal, A. V. Andreev, L. Havela**  
*Variations of magnetic properties of UGa<sub>2</sub> under pressure*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 064405(1)–064405(10).
52. **N. V. Kostyuchenko, A. K. Zvezdin, E. A. Tereshina, Y. Skourski, M. Doerr, H. Drulis, I. A. Pelevin, I. S. Tereshina**  
*High-field magnetic behavior and forced-ferromagnetic state in an ErFe<sub>11</sub>TiH single crystal*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 104423(1)–104423(5).
53. **K. Kouril, V. Chlan, H. Štěpánková, R. Řezníček, V. V. Laguta, I. P. Raevski**  
*NMR Study of Multiferroic Iron Niobate Perovskites*  
Acta Phys. Polon. A 127 (2015) 234–236.
54. **J. Kudrnovský, V. Drchal, I. Turek**  
*Physical properties of the FeRh alloys: the antiferromagnetic to ferromagnetic transition*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 014435(1)–014435(11).
55. **J. Kudrnovský, V. Drchal, I. Turek**  
*The effect of partial order on galvanomagnetic transport properties of ferromagnetic PdFe and PdCo alloys*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 224421(1)–224421(8).
56. **M. Kuqali, S. Babuin, J. Niemela**  
*Effect of Periodic Bottom Plate Heating on Large Scale Flow in Turbulent Rayleigh-Bénard Convection*  
J. Appl. Fluid Mech. 8 (2015) 483–489.
57. **V. V. Laguta, C. Elissalde, M. Maglione, A. M. Artemenko, V. Chlan, H. Štěpánková, Yu. Zagorodny**  
*Crystal structure transformations induced by surface stresses in BaTiO<sub>3</sub> and BaTiO<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> nanoparticles and ceramics*  
Phase Transit. 88 (2015) 761–775.
58. **V. Lavrentiev, A. Stupakov, J. Pokorný, I. Lavrentieva, J. Vacik, A. Dejneka, M. Barchuk, P. Čapková**  
*Contrasting magnetism in dilute and supersaturated cobalt-fullerene mixture films*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 48 (2015) 335002(1)–335002(10).
59. **R. Mackeviciute, V. Goian, S. Greicius, R. Grigalaitis, D. Nuzhnyy, J. Holc, J. Banys, S. Kamba**  
*Lattice dynamics and broad-band dielectric properties of multiferroic Pb(Fe<sub>1/2</sub>Nb<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub> ceramics*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 084101(1)–084101(6).
60. **X. Marti, I. Fina, T. Jungwirth**  
*Prospect for antiferromagnetic spintronics*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 2900104(1)–2900104(4).
61. **M. Maryško, J. Hejtmánek, V. Laguta, Z. Sofer, D. Sedmidubský, P. Šimek, M. Veselý, M. Mikulics, C. Buchal, A. Macková, P. Malínský, R. A. Wilhelm**  
*Ferromagnetic and paramagnetic magnetization of implanted GaN:Ho,Tb,Sm,Tm films*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17B907(1)–17B907(4).
62. **S. Maškova, A. Kolomiets, L. Havela, A. V. Andreev, P. Svoboda**  
*Impact of hydrogen absorption on crystal structure and magnetic properties of RE<sub>2</sub>T<sub>2</sub>X compounds*  
J. Alloy. Compd. 645 (2015) S76–S79.

63. I. Matulkova, P. Holec, I. Nemeč, H. Kitazawa, T. Furubayashi, J. Vejpravova  
*Temperature-dependent vibrational spectroscopic and X-ray diffraction investigation of nanosized nickel chromite*  
J. Mol. Struct. 1090 (2015) 70–75.
64. I. Matulkova, P. Holec, B. Pacakova, S. Kubickova, A. Mantlikova, J. Plocek, I. Nemeč, D. Niznansky, J. Vejpravova  
*On preparation of nanocrystalline chromites by co-precipitation and autocombustion methods*  
Mat. Sci. Eng. B 195 (2015) 66–73.
65. A. Michalcová, P. Svobodová, R. Nováková, A. Len, O. Heczko, D. Vojtěch, I. Marek, P. Novák  
*Structure and magnetic properties of nickel nanoparticles prepared by selective leaching*  
Mater. Lett. 137 (2015) 221–224.
66. E. Mihóková, P. Novák, V. V. Laguta  
*Crystal field and magnetism with Wannier functions: rare-earth doped aluminum garnets*  
J. Rare Earths 33 (2015) 1316–1323.
67. C. Moreno, O. Stetsovych, T. K. Shimizu, O. Custance  
*Imaging Three-Dimensional Surface Objects with Submolecular Resolution by Atomic Force Microscopy*  
Nano Lett. 15 (2015) 2257–2262.
68. L. Nadvorník, J. A. Haigh, K. Olejník, A. C. Irvine, V. Novak, T. Jungwirth, J. Wunderlich  
*Efficient conversion of light to charge and spin in Hall-bar microdevices*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 125205(1)–125205(5).
69. P. Novák, K. Knížek, Z. Jiráček, J. Buršík  
*The calculation of rare-earth levels in layered cobaltates  $R_{x/3}CoO_2$  ( $x \leq 1$ )*  
J. Magn. Magn. Mater. 381 (2015) 145–150.
70. B. Novotná, K. Turnovcová, P. Veverka, P. Rössner, Jr., Y. Bagryantseva, V. Herynek, P. Žvátora, M. Vosmanská, M. Klementová, E. Syková, P. Jendelová  
*The impact of silica encapsulated cobalt zinc ferrite nanoparticles on DNA, lipids and proteins of rat bone marrow mesenchymal stem cells*  
Nanotoxicology Nov 18 (2015) 1–9.
71. D. Nuzhnyy, J. Petzelt, I. Rychetský, M. Trchová, J. Stejskal  
*High-frequency dielectric response of polyaniline pellets as nanocomposites of metallic emeraldine salt and dielectric base*  
Synth. Met. 209 (2015) 561–569.
72. K. Olejník, V. Novák, J. Wunderlich, T. Jungwirth  
*Electrical detection of magnetization reversal without auxiliary magnets*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 180402(R)(1)–180402(R)(5).
73. B. Pacakova, Z. Kominkova, J. Vejpravova, A. Mantlikova, M. Kalbac  
*Analysis of metal catalyst content in magnetically filtered SWCNTs by SQUID magnetometry*  
J. Mater. Sci. 50 (2015) 2544–2553.
74. B. Pacakova, J. Vejpravova, A. Repko, A. Mantlikova, M. Kalbac  
*Formation of wrinkles on graphene induced by nanoparticles: atomic force microscopy study*  
Carbon 95 (2015) 573–579.
75. J. Padilla-Pantoja, J. L. García-Muñoz, B. Bozzo, Z. Jiráček, J. Herrero-Martín  
*ERRATUM: Correction to Structural Properties and Singular Phase Transitions of Metallic  $Pr_{0.50}Sr_{0.50}CoO_3$  Cobaltite*  
Inorg. Chem. 54 (2015) 6062–6062.
76. O. Perevertov, A. Stupakov  
*Magnetoacoustic measurements on steel samples at low magnetizing frequencies*  
J. Electr. Eng. 66 (7/s) (2015) 58–61.
77. O. Perevertov, J. Thielsch, R. Schaefer  
*Effect of applied tensile stress on the hysteresis curve and magnetic domain structure of grain-oriented transverse Fe-3%Si steel*  
J. Magn. Magn. Mater. 385 (2015) 358–367.

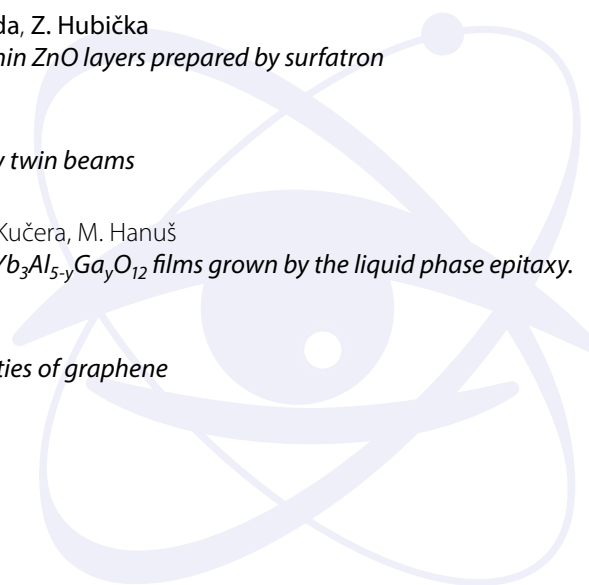
78. J. Petzelt, D. Nuzhnyy, V. Bovtun, M. Kempa, M. Savinov, S. Kamba, J. Hlinka  
*Lattice dynamics and dielectric spectroscopy of BZT and NBT lead-free perovskite relaxors—comparison with lead-based relaxors*  
Phase Transit. 88 (2015) 320–332.
79. D. Pinkowicz, M. Rams, M. Míšek, K. V. Kamenev, H. Tomkowiak, A. Katrusiak, B. Sieklucka  
*Enforcing Multifunctionality: A Pressure-Induced Spin-Crossover Photomagnet*  
J. Am. Chem. Soc. 137 (2015) 8795–8802.
80. I. P. Raevski, V. V. Titov, V. V. Laguta, M. Maryško, S. P. Kubrin, H. Chen, C.-C. Chou, A. V. Blazhevich, S. I. Raevskaya, D. A. Sarychev, T. A. Minasyan, L. A. Pustovaya, I. N. Zakharchenko, M. A. Malitskaya  
*Comparative Studies of Ferroelectric and Magnetic Phase Transitions in  $Pb(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ - $PbMO_3$  (M-Ti, Zr) Multiferroic Solid Solutions*  
Ferroelectrics 475 (2015) 20–30.
81. M. Rameš, V. Železný, I. Gregora, T. Wolf, M. Jirsa  
*Interaction of phonons with intraband electronic excitations and crystal field transitions in Raman spectra of (Nd, Eu, Gd)Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> crystals*  
Mat. Sci. Eng. B 197 (2015) 10–17.
82. A. J. Ramsay, P. E. Roy, J. A. Haigh, R. M. Otxoa, A. C. Irvine, T. Janda, R. P. Campion, B. L. Gallagher, J. Wunderlich  
*Optical Spin-Transfer-Torque-Driven Domain-Wall Motion in a Ferromagnetic Semiconductor*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 067202(1)–067202(5).
83. H. Reichlová, D. Kriegner, V. Holý, K. Olejník, V. Novák, M. Yamada, K. Miura, S. Ogawa, H. Takahashi, T. Jungwirth, J. Wunderlich  
*Current induced torques in structures with ultra-thin IrMn antiferromagnet*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 165424(1)–165424(8).
84. Z. Remeš, Shih-Jye Sun, M. Varga, Hsiung Chou, Hua-Shu Hsu, A. Kromka, P. Horak  
*Ferromagnetism appears in nitrogen implanted nanocrystalline diamond films*  
J. Magn. Magn. Mater. 394 (2015) 477–480.
85. A. Repko, J. Vejpravová, T. Vacková, D. Zákutná, D. Nižňanský  
*Oleate-based hydrothermal preparation of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles, and their magnetic properties with respect to particle size and surface coating*  
J. Magn. Magn. Mater. 390 (2015) 142–151.
86. R. Řezníček, V. Chlan, H. Štěpánková, P. Novák  
*Hyperfine field and electronic structure of magnetite below the Verwey transition*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 125134(1)–125134(10).
87. A. B. Rinkevich, E. A. Kuznetsov, D. V. Perov, V. Bovtun, M. Kempa, D. Nuzhnyy, M. Savinov, M. I. Samoilovich, S. M. Klescheva, Y. I. Ryabkov, E. V. Tsvetkova  
*High-Frequency Dielectric Properties of Nanocomposite and Ceramic Titanates*  
IEEE Trans. Nanotechnol. 14 (2015) 585–592.
88. R. X. Silva, A. S. de Menezes, R. M. Almeida, R. L. Moreira, R. Paniago, X. Marti, H. Reichlova, M. Maryško, M. V. dos S. Rezende, C. W. A. Paschoal  
*Structural order, magnetic and intrinsic dielectric properties of magnetoelectric La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6</sub>*  
J. Alloy. Compd. 661 (2015) 541–552.
89. K. Rubešová, T. Hlásek, V. Jakeš, Š. Huber, J. Hejtmánek, D. Sedmidubský  
*Effect of a powder compaction process on the thermoelectric properties of Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Co<sub>1.8</sub>O<sub>x</sub> ceramics*  
J. Eur. Ceram. Soc. 35 (2015) 525–531.
90. P. Šimek, D. Sedmidubský, Š. Huber, K. Klímová, M. Maryško, M. Mikulics, Z. Sofer  
*Mn doped GaN nanoparticles synthesized by rapid thermal treatment in ammonia*  
Mater. Chem. Phys. 164 (2015) 108–114.
91. P. Šimek, D. Sedmidubský, K. Klímová, M. Mikulics, M. Maryško, M. Veselý, K. Jurek, Z. Sofer  
*GaN: Co epitaxial layers grown by MOVPE*  
J. Cryst. Growth 414 (2015) 62–68.

92. P. Šimek, D. Sedmidubský, K. Klímová, M. Mikulics, **M. Maryško**, M. Veselý, **K. Jurek**, Z. Sofer  
*GaN:Co epitaxial layers grown by MOVPE*  
J. Cryst. Growth 414 (2015) 62–68.
93. **J. Sinova**, S. O. Valenzuela, **J. Wunderlich**, C. H. Back, **T. Jungwirth**  
*Spin Hall effect*  
Rev. Mod. Phys. 87 (2015) 1213–1259.
94. **S. Skiadopoulou**, **V. Goian**, **C. Kadlec**, **F. Kadlec**, X. F. Bai, I. C. Infante, B. Dkhil, C. Adamo, D. G. Schlom, **S. Kamba**  
*Spin and lattice excitations of a BiFeO<sub>3</sub> thin film and ceramics*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 174108(1)–174108(8).
95. T. D. Skinner, **K. Olejník**, L. K. Cunningham, H. Kurebayashi, R. P. Campion, B. L. Gallagher, **T. Jungwirth**, and A. J. Ferguson  
*Complementary spin-Hall and inverse spin-galvanic effect torques in a ferromagnet/semiconductor bilayer*  
Nat. Commun. 6 (2015) 6730(1)–6730(6).
96. **V. Stepkova**, **P. Marton**, **J. Hlinka**  
*Ising lines: Natural topological defects within ferroelectric Bloch walls*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 094106(1)–094106(5).
97. A. Stupakov, **O. Perevertov**, M. Neslušán  
*Magnetic Barkhausen noise at different magnetization conditions*  
J. Electr. Eng. 66 (7/s) (2015) 10–13.
98. A. Stupakov, **O. Perevertov**, **V. Zablotskii**  
*Dynamical Properties of Magnetic Barkhausen Noise in a Soft Microalloyed Steel*  
IEEE Trans. Magn. 51 (2015) 6100204(1)–6100204(4).
99. **E. A. Tereshina**, S. Danis, R. Springell, Z. Bao, L. Havela, R. Caciuffo  
*Crystal structure and magnetic properties of UO<sub>2</sub>/permalloy thin films*  
Thin Solid Films 591 (2015) 271–275.
100. I. Tkach, M. Paukov, D. Drozdenko, M. Cieslar, B. Vondráčková, Z. Matěj, D. Kriegner, **A. V. Andreev**, N.-T. H. Kim-Ngan, I. Turek, M. Diviš, L. Havela  
*Electronic properties of α-UH<sub>3</sub> stabilized by Zr*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 115116(1)–115116(11).
101. V. Tshitoyan, C. Ciccirelli, A. P. Mihai, M. Ali, A. C. Irvine, T. A. Moore, **T. Jungwirth**, and A. J. Ferguson  
*Electrical manipulation of a ferromagnet by an antiferromagnet*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 214406(1)–214406(11).
102. D. Tukmachev, **O. Lunov**, **V. Zablotskii**, **A. Dejneka**, M. Babic, E. Syková Š. Kubinová  
*An effective strategy of magnetic stem cell delivery for spinal cord injury therapy*  
Nanoscale 7 (2015) 3954–3958.
103. I. Turek, **J. Kudrnovský**, **V. Drchal**  
*Nonlocal torque operators in ab-initio theory of the Gilbert damping in random ferromagnetic alloys*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 214407-1–214407-11.
104. V. Vales, **T. G. A. Verhagen**, **J. Vejpravova**, M. Kalbac  
*Raman spectroscopy and AFM study of <sup>12</sup>C graphene/fullerenes C<sub>70</sub>/<sup>13</sup>C graphene heterostructure*  
phys. status solidi b 252 (2015) 2418–2422.
105. E. Varga, **S. Babuin**, L. Skrbek  
*Second-sound studies of coflow and counterflow of superfluid <sup>4</sup>He in channels*  
Phys. Fluids 27 (2015) 065101(1)–065101(22).
106. **J. Vejpravova**, **B. Pacakova**, J. Endres, **A. Mantlikova**, T. Verhagen, V. Vales, O. Frank, M. Kalbac  
*Graphene wrinkling induced by monodisperse nanoparticles: facile control and quantification*  
Sci. Rep. 5 (2015) 15061(1)–15061(9).
107. **T. G. A. Verhagen**, K. Drogowska, M. Kalbac, **J. Vejpravova**  
*Temperature-induced strain and doping in monolayer and bilayer isotopically labeled graphene*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 125437(1)–125437(9).

108. **T. G. A. Verhagen**, V. Vales, M. Kalbac, **J. Vejpravova**  
*Evolution of temperature-induced strain and doping of double-layer graphene: An in situ Raman spectral mapping study*  
phys. status solidi b 252 (2015) 2401–2406.
109. **P. Veverka**, **O. Kaman**, **M. Kačenka**, V. Herynek, **M. Veverka**, **E. Šantavá**, I. Lukeš, **Z. Jiráček**  
*Magnetic  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  nanoparticles as contrast agents for MRI: the parameters affecting  $^1H$  transverse relaxation*  
J. Nanopart. Res. 17 (2015) 33(1)–33(11).
110. **P. Wadley**, V. Hills, M. R. Shahedkhah, K. W. Edmonds, R. P. Campion, V. Novak, B. Ouladdiaf, D. Khalyavin, S. Langridge, Vit Saidl, P. Nemeč, A. W. Rushforth, B. L. Gallagher, S. S. Dhesi, F. Maccherozzi, **J. Zelezny**, **T. Jungwirth**  
*Antiferromagnetic structure in tetragonal  $CuMnAs$  thin films*  
Sci. Rep. 5 (2015) 17079(1)–17079(6).
111. T. Yoshioka, H. Tsuchiura, **P. Novák**  
*Crystal field parameters with Wannier functions: application to  $Nd_2Fe_{14}B$  systems*  
Mater. Res. Innov. 19 (2015) S4–S8.
112. M. Zentková, M. Vavra, M. Mihalik, M. Mihalik Jr, J. Lazurová, **Z. Arnold**, **J. Kamarád**, K. Kamenev, **M. Míšek**  
*Raman spectroscopy and magnetic properties of  $KMgCr(CN)_6$  under pressure*  
High Pressure Res. 35 (2015) 22–27.

## Optika

1. A. G. Badalyan, **D. V. Azamat**, V. A. Trepakov, M. V. Makarova, **J. Rosa**, **A. Dejneka**, **L. Jastrabík**  
*Observation of Nano Sized Effect on EPR of  $Mn^{4+}$  and  $Cr^{3+}$  in  $SrTiO_3$  Powders*  
Ferroelectrics 485 (2015) 63–67.
2. K. Bartkiewicz, **A. Černoč**, D. Javůrek, **K. Lemr**, **J. Soubusta**, **J. Svozilík**  
*One-state vector formalism for the evolution of a quantum state through nested Mach-Zehnder interferometers*  
Phys. Rev. A 91 (2015) 012103(1)–012103(4).
3. E. G. Bortchagovsky, **A. Dejneka**, **L. Jastrabík**, V. Z. Lozovski, T. O. Mishakova  
*Deficiency of Standard Effective-Medium Approximation for Ellipsometry of Layers of Nanoparticles*  
J. Nanomater. 2015 (2015) ID 602848 (1)–ID 602848 (8).
4. **M. Brunclíková**, **Z. Hubička**, **Š. Kment**, **J. Olejníček**, **M. Čada**, **P. Kšířová**, **J. Krýsa**  
*Semiconducting  $WO_3$  thin films prepared by pulsed reactive magnetron sputtering*  
Res. Chem. Intermed. 41 (2015) 9259–9266.
5. **M. Čada**, **Z. Hubička**, **P. Adámek**, **J. Olejníček**, **Š. Kment**, **J. Adámek**, **J. Stöckel**  
*A modified Katsumata probe — Ion sensitive probe for measurement in non-magnetized plasmas*  
Rev. Sci. Instrum. 86 (2015) 073510(1)–073510(7).
6. Z. Chobola, M. Luňák, **J. Vaněk**, **E. Hulicius**, I. Kusák  
*Low-frequency noise measurements used for quality assessment of  $GaSb$  based laser diodes prepared by molecular beam epitaxy*  
J. Electr. Eng. 66 (2015) 226–230.
7. P. Dytrych, P. Klusoň, O. Šolcová, **Š. Kment**, **V. Straňák**, **M. Čada**, **Z. Hubička**  
*Shape selective photoinduced electrochemical behavior of thin  $ZnO$  layers prepared by surfatron*  
Thin Solid Films 597 (2015) 131–139.
8. **O. Haderka**, **R. Machulka**, **J. Peřina**, A. Allevi, M. Bondani  
*Spatial and spectral coherence in propagating high-intensity twin beams*  
Sci. Rep. 5 (2015) 14365(1)–14365(8).
9. T. Hlášek, K. Rubešová, V. Jakeš, P. Nekvindová, **J. Oswald**, M. Kučera, M. Hanuš  
*Influence of gallium on infrared luminescence in  $Er^{3+}$  doped  $Yb_3Al_{5-y}Ga_yO_{12}$  films grown by the liquid phase epitaxy.*  
J. Lumin. 164 (2015) 90–93.
10. **J. Holovský**, S. Nicolay, S. De Wolf, C. Ballif  
*Effect of the thin-film limit on the measurable optical properties of graphene*  
Sci. Rep. 5 (2015) 15684 (1)–15684 (6).



11. Š. Kment, H. Kmentová, Z. Hubička, J. Olejníček, M. Čada, J. Krýsa  
*Enhanced photocatalytic activity of silver-doped nanoparticulate TiO<sub>2</sub> thin films with respect to the method of doping*  
Res. Chem. Intermed. 41 (2015) 9343–9355.
12. K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černoch, M. Dušek, J. Soubusta  
*Experimental Implementation of Optimal Linear-Optical Controlled-Unitary Gates*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 153602-1–153602-5.
13. J. Peřina Jr., A. Lukš, W. Leoński  
*Long-time joint spectra and entanglement of two photoelectrons originating in interacting auto-ionization systems*  
J. Phys. B-At. Mol. Opt. Phys. 48 (2015) 115007(1)–115007(16).
14. D. Lundin, M. Čada, Z. Hubička  
*Ionization of sputtered Ti, Al, and C coupled with plasma characterization in HiPIMS*  
Plasma Sources Sci. T. 24 (2015) 035018(1)–035018(11).
15. R. Mokso, P. Oberta  
*Simultaneous dual-energy X-ray stereo imaging*  
J. Synchrot. Radiat. 22 (2015) 1078–1082.
16. P. Oberta, M. Kittler, V. Áč, J. Hrdý, N. Iragashi, A. Scheinost, Y. Uchida  
*The influence of brazing materials on the strain formation of internally water-cooled x-ray optics*  
J. Synchrot. Radiat. 22 (2015) 342–347.
17. P. Pavlíček, I. Hamarová  
*Shape from focus for large image fields*  
Appl. Optics 54 (2015) 9747–9751.
18. P. Pavlíček, V. Svak  
*Noise properties of Hilbert transform evaluation*  
Meas. Sci. Technol. 26 (2015) 085207(1)–085207(9).
19. L. Řiháková, H. Chmelíčková  
*Laser Micromachining of Glass, Silicon, and Ceramics*  
Adv. Mater. Sci. Eng. 2015 (2015) 584952(1)–584952(6).
20. L. Stanke, P. Šmíd, P. Horváth  
*ESPI correlogram analysis by two stage application of wavelet transform with use of intensity thresholding*  
Optik 126 (2015) 865–870.
21. A. Tarasenko, P. Boháč, L. Jastrabík  
*Migration of particles on heterogeneous bivariate lattices: The universal analytical expressions for the diffusion coefficients.*  
Physica E 74 (2015) 556–560.
22. A. Tarasenko, L. Jastrabík  
*Diffusion of particles on the patchwise bivariate surfaces*  
Physica B 458 (2015) 27–34.
23. A. Tarasenko, L. Jastrabík  
*The studies of particle diffusion on a heterogeneous one-dimensional lattice*  
Surf. Sci. 641 (2015) 266–268.
24. G. Toci, A. Pirri, A. Beitlerová, Y. Shoji, A. Yoshikawa, J. Hybler, M. Nikl, M. Vannini,  
*Characterization of the lasing properties of a 5%Yb doped Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> crystal along its three optical axes*  
Opt. Express 23 (2015) 13210–13221.
25. V. Trepakov, A. Dejneka, L. Jastrabík, A. Lynnyk, D. Chvostová, P. Syrnikov, P. Markovin  
*The negative thermo-optic effect in KTaO<sub>3</sub>: an ellipsometry study*  
Phase Transit. 88 (2015) 991–1000.

26. L. Wang, C. Y. Lee, R. Kirchgeorg, N. Liu, K. Lee, Š. Kment, Z. Hubička, J. Krýsa, J. Olejníček, M. Čada, R. Zbořil, P. Schmuki  
*Anodic self-organized transparent nanotubular/porous hematite films from Fe thin-films sputtered on FTO and photoelectrochemical water splitting*  
 Res. Chem. Intermed. 41 (2015) 9333–9341.

## Fyzika interakce laserového záření s hmotou

1. D. Adjei, M. G. Ayele, P. Wachulak, A. Bartnik, L. Wegrzynski, H. Fiedorowicz, L. Vyšín, A. Wieche, J. Lekki, W. H. M. Kwiatak, L. Pina, M. Davidková, L. Juha  
*Development of a compact laser-produced plasma soft X-ray source for radiobiology experiments*  
 Nucl. Instrum. Meth. B 364 (2015) 27–32.
2. A. Alejo, S. Kar, H. Ahmed, A. G. Krygier, D. Doria, R. Clarke, J. Fernandez, R. R. Freeman, J. Fuchs, A. Green, J. S. Green, D. Jung, A. Kleinschmidt, C. L. S. Lewis, J. T. Morrison, Z. Najmudin, H. Nakamura, G. Nersisyan, P. Norreys, M. Notley, M. Oliver, M. Roth, J. A. Ruiz, L. Vassura, M. Zepf, M. Borghesi  
*Characterisation of deuterium spectra from laser driven multi-species sources by employing differentially filtered image plate detectors in Thomson spectrometers*  
 Rev. Sci. Instrum. 85 (2015) 093303(1)–093303(7).
3. A. Aquila, R. Sobierajski, C. Ozkan, V. Hájková, T. Burian, J. Chalupský, L. Juha, M. Störmer, S. Bajt, M. T. Klepka, P. Dłużewski, K. Morawiec, H. Ohashi, T. Koyama, K. Tono, Y. Inubushi, M. Yabashi, H. Sinn, T. Tschentscher, A. P. Mancuso, J. Gaudin  
*Fluence thresholds for grazing incidence hard x-ray mirrors*  
 Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 241905(1)–241905(5).
4. J. Badziak, L. Antonelli, F. Baffigi, D. Batani, T. Chodukowski, G. Cristoforetti, R. Dudzak, L. A. Gizzi, G. Folpini, F. Hall, Z. Kalinowska, P. Koester, E. Krousky, M. Kucharik, L. Labate, R. Liska, G. Malka, Y. Maheut, P. Parys, M. Pfeifer, T. Pisarczyk, O. Renner, M. Rosinski, L. Ryc, J. Skala, M. Smid, C. Spindloe, J. Ullschmied, A. Zara-Szydłowska  
*Studies of ablated plasma and shocks produced in a planar target by a sub-nanosecond laser pulse of intensity relevant to shock ignition*  
 Laser Part. Beams 33 (2015) 561–575.
5. J. Badziak, M. Rosinski, S. Jabłonski, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, P. Parys, P. Raczka, E. Krouský, J. Ullschmied, R. Liska, M. Kucharik  
*Enhanced efficiency of plasma acceleration in the laser-induced cavity pressure acceleration scheme*  
 Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 014007(1)–014007(11).
6. N. M. Bulgakova, V. P. Zhukov, A. R. Collins, D. Rostohar, T. J.-Y. Derrien, T. Mocek  
*How to optimize ultrashort pulse laser interaction with glass surfaces in cutting regimes?*  
 Appl. Surf. Sci. 336 (2015) 364–374.
7. T. Burian, V. Hájková, J. Chalupský, L. Vyšín, P. Boháček, M. Přeček, J. Wild, C. Özkan, N. Coppola, S. D. Farahani, J. Schulz, H. Sinn, T. Tschentscher, J. Gaudin, S. Bajt, K. Tiedtke, S. Toleikis, H. N. Chapman, R. f. A. Loch, M. Jurek, R. Sobierajski, J. Krzywinski, S. Moeller, M. Harmand, G. Galasso, M. Nagasono, K. Saski, P. Sovák, L. Juha  
*Soft x-ray free-electron laser induced damage to inorganic scintillators*  
 Opt. Mater. Express 5 (2015) 254–264.
8. J. Chalupský, P. Boháček, T. Burian, V. Hájková, S. P. Hau-Riege, P. A. Heimann, L. Juha, M. Messerschmidt, S. P. Moeller, B. Nagler, M. Rowen, W. F. Schlotter, M. L. Swiggers, J. J. Turner, J. Krzywinski  
*Imprinting a Focused X-Ray Laser Beam to Measure Its Full Spatial Characteristics*  
 Phys. Rev. Appl. 4 (2015) 014004 (1)–014004 (11).
9. G. A. P. Cirrone, F. Romano, V. Scuderi, A. Amato, G. Candiano, G. Cuttone, D. Giove, G. Korn, J. Krasa, R. Leanza, R. Manna, M. Maggiore, V. Marchese, D. Margarone, G. Milluzzo, G. Petringa, M. G. Sabini, F. Schillaci, A. Tramontana, L. Valastro, A. Velyhan  
*Transport and dosimetric solutions for the ELIMED laser-driven beam line*  
 Nucl. Instrum. Meth. A A 796 (2015) 99–103.

10. P. Crump, C. Frevert, A. Ginolas, S. Knigge, A. Maassdorf, J. Lotz, W. Fassbender, J. Neukum, J. Körner, T. Töpfer, **A. Pranovich, M. Divoky, A. Lucianetti, T. Mocek, K. Ertel, M. De Vido, G. Erbert, G. Tränkle**  
*Joule-Class 940-nm Diode Laser Bars for Millisecond Pulse Applications*  
IEEE Photonics Technol. Lett. 27 (2015) 1663–1666.
11. **M. De Marco, J. Cikhart, J. Krása, A. Velyhan, M. Pfeifer, E. Krouský, D. Klír, K. Řezáč, J. Limpouch, D. Margarone, J. Ullschmied**  
*Electromagnetic pulses produced by expanding laser-produced Au plasma*  
Nukleonika 60 (2015) 239–243.
12. A. Depresseux, E. Oliva, **J. Gautier, F. Tissandier, G. Lambert, Vodungbo, J-P. Goddet, A. Tafzi, J. Nejd, M. Kozlova, G. Maynard, T. Kim, K. Ta Phuoc, A. Rousse, Zeitoun, S. Sebban**  
*Demonstration of a Circularly Polarized Plasma-Based Soft-X-Ray Laser.*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 083901(1)–083901(5).
13. A. Depresseux, E. Oliva, **J. Gautier, F. Tissandier, J. Nejd, M. Kozlova, G. Maynard, J. P. Goddet, A. Tafzi, A. Lifschitz, H. T. Kim, S. Jacquemot, V. Malka, K. Ta Phuoc, C. Thaury, P. Rousseau, G. Iaquaniello, T. Lefrou, A. Flacco, B. Vodungbo, G. Lambert, A. Rousse, P. Zeitoun, S. Sebban**  
*Table-top femtosecond soft X-ray laser by collisional ionization gating*  
Nature Photon. 9 (2015) 817–821.
14. **M. Divoky, S. Tokita, S. Hwang, T. Kawashima, H. Kan, A. Lucianetti, T. Mocek, J. Kawanaka**  
*1-J operation of monolithic composite ceramics with Yb:YAG thin layers: multi-TRAM at 10-Hz repetition rate and prospects for 100-Hz operation*  
Opt. Lett. 40 (2015) 855–858.
15. **Gemini L., Hashida M., Miyasaka Y., Inoue S., Limpouch J., Mocek T., Sakabe S.**  
*Periodic surface structures on titanium self-organized upon double femtosecond pulse exposures*  
Appl. Surf. Sci. 336 (2015) 349–353.
16. H. Hora, **G. Korn, L. Giuffrida, D. Margarone, A. Picciotto, J. Krása, K. Jungwirth, J. Ullschmied, P. Lalouis, S. Eliezer, G. H. Miley, S. Moustazis, G. Mourou**  
*Fusion energy using avalanche increased boron reactions for block-ignition by ultrahigh power picosecond laser pulses*  
Laser Part. Beams 33 (2015) 607–619.
17. **V. Jambunathan, L. Horackova, T. Miura, J. Sulc, H. Jelinkova, A. Endo, A. Lucianetti, T. Mocek**  
*Spectroscopic and lasing characteristics of Yb:YGAG ceramic at cryogenic temperatures*  
Opt. Mater. Express 5 (2015) 1289–1295.
18. **Jambunathan V., Miura T., Těsnohlídková L., Lucianetti A., Mocek T.**  
*Efficient laser performance of a cryogenic Yb:YAG laser pumped by fiber coupled 940 and 969 nm laser diodes*  
Laser. Phys. Lett. 12 (2015) 015002(1)–015002(6).
19. T. M. Jeong, **S. Weber, B. L. Garrec, D. Margarone, T. Mocek, G. Korn**  
*Spatio-temporal modification of femtosecond focal spot under tight focusing condition*  
Opt. Lett. 23 (2015) 11641–11656.
20. A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska W. Stepninski, K. Jach, R. Swierczynski, **O. Renner, M. Smid, J. Ullschmied, J. Cikhart, D. Klír, P. Kubes, K. Rezac, E. Krousky, M. Pfeiffer, J. Skala**  
*Efficiency of ablative plasma energy transfer into a massive aluminum target using different atomic number ablaters*  
Laser Part. Beams 33 (2015) 379–386.
21. H. Kiriya, M. Mori, A. S. Pirozhkov, K. Ogura, A. Sagisaka, A. Kon, T. Zh. Esirkepov, Y. Hayashi, H. Kotaki, M. Kanasaki, H. Sakaki, Y. Fukuda, J. Koga, M. Nishiuchi, M. Kando, S. V. Bulanov, K. Kondo, P. R. Bolton, **O. Slezak, D. Vojna, M. Sawicka-Chyla, V. Jambunathan, A. Lucianetti, T. Mocek**  
*High-Contrast, High-Intensity Petawatt-Class Laser and Applications*  
IEEE J. Quantum Electron. 21 (2015) 1–17.
22. **D. Klír, J. Krása, J. Cikhart, R. Dudžak, E. Krouský, M. Pfeifer, K. Řezáč, O. Šila, J. Skála, J. Ullschmied, A. Velyhan**  
*Efficient neutron production from sub-nanosecond laser pulse accelerating deuterons on target front side*  
Phys. Plasmas 22 (2015) 093117(1)–093117(12).

23. **J. Krása**, D. Delle Side, E. Giuffreda, V. Nassisi  
*Characteristics of target polarization by laser ablation*  
Laser Part. Beams 33 (2015) 601–605.
24. **P. Kubelík**, S. Civiš, A. Pastorek, E. M. Zanozina, V. E. Chernov, **L. Juha**, A. A. Voronina  
*FTIR laboratory measurement of Ne i Rydberg states in 1.43–14.3  $\mu\text{m}$  spectral range*  
Astron. Astrophys. 582 (2015) A12(1)–A12(10).
25. A. Landau, I. Haritan, P. R. Kaprálová-Žďánská, N. Moiseyev  
*Advantages of complex scaling only the most diffuse basis functions in simultaneous description of both resonances and bound states*  
Mol. Phys. 113 (2015) 3141–3146.
26. **J. Limpouch**, **J. Psikal**, **T. Mocek**  
*Laser-induced ion acceleration at ultra-high laser intensities*  
Radiat. Eff. Defects Solids 170 (2015) 1–7.
27. **J. Limpouch**, **J. Psikal**, **T. Mocek**  
*Laser-induced ion acceleration at ultrahigh laser intensities*  
Radiat. Eff. Defects Solids 170 (2015) 271–277.
28. X. F. Li, Q. Yu, Y. J. Gu, S. Huang, Q. Kong, S. Kawata  
*Bubble shape and electromagnetic field in the nonlinear regime for laser wakefield acceleration*  
Phys. Plasmas 22 (2015) 083112(1)–083112(6).
29. A. Le Marec, L. Meng, A. Klisnick, **M. Kozlova**, **J. Nejdí**, F. Tissandier, O. Guilbaud, A. Calisti  
*Measurement of a subpicosecond coherence time in a quasi-steady-state XUV laser*  
Phys. Rev. A 92 (2015) 033852(1)–033852(8).
30. **D. Margarone**, A. Picciotto, **A. Velyhan**, **J. Krasa**, M. Kucharik, A. Mangione, A. Szydlowsky, A. Malinowska, G. Bertuccio, Y. Shi, M. Crivellari, J. Ullschmied, P. Bellutti, **G. Korn**  
*Advanced scheme for high-yield laser driven nuclear reactions*  
Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 014030(1)–014030(7).
31. **M. Mašek**, **K. Rohlena**  
*Intensity dependence of non-linear kinetic behaviour of stimulated Raman scattering in fusion relevant plasmas*  
Eur. Phys. J. D 69 (2015) 109(1)–109(16).
32. V. Múčka, M. Buňata, V. Čuba, R. Silber, **L. Juha**  
*Radiation induced dechlorination of some chlorinated hydrocarbons in aqueous suspensions of various solid particles*  
Radiat. Phys. Chem. 112 (2015) 108–116.
33. **E. Nováková**, **L. Vyšín**, **T. Burian**, **L. Juha**, M. Davídková, V. Múčka, V. Čuba, M. E. Grisham, S. Heinbuch, J. J. Rocca  
*Breaking DNA strands by extreme-ultraviolet laser pulses in vacuum*  
Phys. Rev. E 91 (2015) 042718(1)–042718(8).
34. T. Pisarczyk, S. Yu. Guskov, **R. Dudzak**, T. Chodukowski, J. Dostál, N. N. Demchenko, Ph. Korneev, Z. Kalinowska, M. Kalal, **O. Renner**, **M. Smid**, S. Borodziuk, **E. Krousky**, J. Ullschmied, J. Hrebicek, T. Medrik, J. Golasowski, **M. Pfeifer**, **J. Skala**, P. Pisarczyk  
*Space-time resolved measurements of spontaneous magnetic fields in laser-produced plasma*  
Phys. Plasmas 22 (2015) 102706(1)–102706(8).
35. T. Pisarczyk, S. Yu. Guskov, **O. Renner**, N. N. Demchenko, Z. Kalinowska, T. Chodukowski, M. Rosinski, P. Parys, **M. Smid**, J. Dostál, J. Badziak, D. Batani, L. Volpe, **E. Krouský**, **R. Dudzak**, J. Ullschmied, H. Turčičová, J. Hřebiček, T. Medrik, **M. Pfeifer**, **J. Skála**, A. Zaras-Szydlowska, L. Antonelli, Y. Maheut, S. Borodziuk, A. Kasperczuk, P. Pisarczyk  
*Pre-plasma effect on laser beam energy transfer to a dense target under conditions relevant to shock ignition*  
Laser Part. Beams 33 (2015) 221–236.
36. D. S. Rackstraw, O. Ciricosta, S. M. Vinko, B. Barbrel, **T. Burian**, **J. Chalupský**, B. I. Cho, H. K. Chung, G. L. Dakovski, K. Engelhorn, **V. Hájková**, P. Heimann, M. Holmes, **L. Juha**, J. Krzywinski, R. W. Lee, S. Toleikis, J. J. Turner, U. Zastrau, J. S. Wark  
*Saturable Absorption of an X-Ray Free-Electron-Laser Heated Solid-Density Aluminum Plasma*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 015003(1)–015003(5).

37. F. B. Rosmej, R. Dachicourt, B. Deschaut, D. Khaghani, M. Dozières, **M. Šmíd, O. Renner**  
*Exotic x-ray emission from dense plasmas*  
J. Phys. B-At. Mol. Opt. Phys. 48 (2015) 224005(1)–224005(14).
38. **O. Slezak**, R. Yasuhara, **A. Lucianetti, T. Mocek**  
*Wavelength dependence of magneto-optic properties of terbium gallium garnet ceramics*  
Opt. Express 23 (2015) 13641–13647.
39. **O. Slezak**, R. Yasuhara, **A. Lucianetti, D. Vojna, T. Mocek**  
*Thermally induced depolarization in terbium gallium garnet ceramics rod with natural convection cooling*  
J. Optic 17 (2015) 1–8.
40. A. Vázquez-Otero, J. Faigl, R. Dormido, N. Duro  
*Reaction Diffusion Voronoi Diagrams: From Sensors Data to Computing*  
Sensors 15 (2015) 12736–12764.
41. S. M. Vinko, O. Ciricosta, T. R. Preston, D. S. Rackstraw, C. R. D. Brown, **T. Burian, J. Chalupský**, B. I. Cho, H.-K. Chung, K. Engelhorn, R. W. Falcone, R. Fiokovinini, **V. Hájková**, P. A. Heimann, **L. Juha**, H. J. Lee, R. W. Lee, M. Messerschmidt, B. Nagler, W. Schlott, J. J. Turner, **L. Vyšín**, U. Zastra, J. S. Wark  
*Investigation of femtosecond collisional ionization rates in a solid-density aluminium plasma*  
Nat. Commun. 6 (2015) 6397(1)–6397(7).
42. **L. Vyšín**, K. Pachnerová Brabcová, V. Štěpán, P. Moretto-Capelle, B. Bugler, G. Legube, P. Cafarelli, R. Casta, J. P. Champeaux, M. Sence, M. Vlček, R. Wagner, J. Štursa, V. Zach, S. Incerti, **L. Juha**, M. Davidková  
*Proton-induced direct and indirect damage of plasmid DNA*  
Radiat Environ Biophys 54 (2015) 1–10.
43. T. Wakayama, H. Oikawa, A. Sasanuma, G. Arai, Y. Fujii, T. Dinh, T. Higashiguchi, K. Sakaue, M. Washio, **T. Miura**, A. Takahashi, D. Nakamura, T. Okada, M. Yonemura, Y. Otani  
*Generation of radially polarized high energy mid-infrared optical vortex by use of a passive axially symmetric ZnSe waveplate*  
Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 081112-1–081112-5.
44. X. H. Yang, H. B. Zhuo, Y. Y. Ma, H. Xu, T. P. Yu, D. B. Zou, Z. Y. Ge, B. B. Xu, J. Zhu, F. Shao, **M. Borghesi**  
*Effects of resistive magnetic field on fast electron divergence measured in experiments*  
Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 1–7.
45. Q. Yu, Q. Kong, Y. J. Gu, X. F. Li, S. Huang, S. Kawata  
*High-quality electron beams generation in a linear upramp density target*  
Europhys. Lett. 110 (2015) 35002-(1)–35002-(5).
46. Q. Yu, Y. J. Gu, X. F. Li, S. Huang, Q. Kong, S. Kawata  
*Electron self-injection into the phase of a wake excited by a driver laser in a nonuniform density target*  
Phys. Plasmas 22 (2015) 073107(1)–073107(4).
47. S. Zanini, A. Polissi, E. A. Maccagni, E. C. Dell’Orto, Ch. Liberatore, C. Riccardi  
*Development of antibacterial quaternary ammonium silane coatings on polyurethane catheters*  
J. Colloid. Interf. Sci. 451 (2015) 78–84.

## Fyzika vysokých energií

ATLAS Collaboration, z FZÚ **J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba**

1. *Search for s-channel single top-quark production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 740 (2015) 118–136.
2. *Search for Scalar Charm Quark Pair Production in pp Collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 161801(1)–161801(19).
3. *Search for Higgs and Z Boson Decays to  $J/\psi\gamma$  and  $Y(nS)\gamma$  with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 121801(1)–121801(19).

4. *Search for squarks and gluinos in events with isolated leptons, jets and missing transverse momentum at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1504 (2015) 116(1)–116(83).
5. *Search for pair-produced long-lived neutral particles decaying in the ATLAS hadronic calorimeter in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV*  
Phys. Lett. B 743 (2015) 15–34.
6. *Evidence for the Higgs-boson Yukawa coupling to tau leptons with the ATLAS detector*  
JHEP 1504 (2015) 117(1)–117(84).
7. *Search for direct pair production of a chargino and a neutralino decaying to the 125 GeV Higgs boson in  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Eur. J. Phys. C 75 (2015) 208(1)–208(34).
8. *Measurement of the charge asymmetry in dileptonic decays of top quark pairs in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector*  
JHEP 05 (2015) 061(1)–061(56).
9. *Observation of top-quark pair production in association with a photon and measurement of the  $t\bar{t}\gamma$  production cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 072007(1)–072007(28).
10. *Search for a CP-odd Higgs boson decaying to Zh in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 744 (2015) 163–183.
11. *Search for massive supersymmetric particles decaying to many jets using the ATLAS detector in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 112016(1)–112016(37).
12. *Differential top-antitop cross-section measurements as a function of observables constructed from final-state particles using pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV in the ATLAS detector*  
JHEP 1506 (2015) 100(1)–100(63).
13. *A search for high-mass resonances decaying to  $\tau^+\tau^-$  in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1507 (2015) 157(1)–157(49).
14. *Two-particle Bose–Einstein correlations in pp collisions at  $\sqrt{s}= 0.9$  and 7 TeV measured with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 466(1)–466(26).
15. *Constraints on the off-shell Higgs boson signal strength in the high-mass ZZ and WW final states with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 335(1)–335(35).
16. *Evidence of Wyy Production in pp Collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV and Limits on Anomalous Quartic Gauge Couplings with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 031802(1)–031802(18).
17. *Search for supersymmetry in events containing a same-flavour opposite-sign dilepton pair, jets, and large missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 463(1)–463(63).
18. *Determination of spin and parity of the Higgs boson in the  $WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$  decay channel with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 231(1)–231(59).
19. *Measurement of the forward-backward asymmetry of electron and muon pair-production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1509 (2015) 049(1)–049(25).
20. *Search for a Charged Higgs Boson Produced in the Vector-Boson Fusion Mode with Decay  $H^\pm \rightarrow W^\pm Z$  using pp Collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Experiment*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 231801(1)–231801(18).
21. *Search for a Heavy Neutral Particle Decaying to  $e\mu$ ,  $e\tau$ , or  $\mu\tau$  in pp Collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 031801(1)–031801(18).
22. *Search for production of WW/WZ resonances decaying to a lepton, neutrino and jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 370(1)–370(12).

23. *Search for the Standard Model Higgs boson produced in association with top quarks and decaying into  $bb^-$  in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 349(1)–349(40).
24. *Search for vectorlike B quarks in events with one isolated lepton, missing transverse momentum and jets at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 112011(1)–112011(30).
25. *Measurement of the top quark mass in the  $tt^- \rightarrow \text{lepton} + \text{jets}$  and  $tt^- \rightarrow \text{dilepton}$  channels using  $\sqrt{s} = 7$  TeV ATLAS data*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 330(1)–330(35).
26. *Search for a new resonance decaying to a W or Z boson and a Higgs boson in the  $\ell\ell/\ell\nu/\nu\nu + b$  final states with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 263(1)–263(14).
27. *Search for low-scale gravity signatures in multi-jet final states with the ATLAS detector at  $\sqrt{s} = 8$  TeV*  
JHEP 1507 (2015) 032(1)–032(23).
28. *Search for New Phenomena in Dijet Angular Distributions in Proton-Proton Collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV Measured with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 221802(1)–221802(17).
29. *Measurement of the correlation between flow harmonics of different order in lead-lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 92 (2015) 034903(1)–034903(30).
30. *Search for long-lived, weakly interacting particles that decay to displaced hadronic jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 012010(1)–012010(28).
31. *Search for heavy long-lived multi-charged particles in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 362(1)–362(17).
32. *Measurement of the top pair production cross section in 8 TeV proton-proton collisions using kinematic information in the lepton+jets final state with ATLAS*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 112013(1)–112013(25).
33. *Search for invisible decays of the Higgs boson produced in association with a hadronically decaying vector boson in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 337(1)–337(14).
34. *Measurement of charged-particle spectra in Pb+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV with the ATLAS detector at the LHC*  
JHEP 1509 (2015) 050(1)–050(36).
35. *Analysis of events with b-jets and a pair of leptons of the same charge in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1510 (2015) 150(1)–150(36).
36. *Search for massive, long-lived particles using multitrack displaced vertices or displaced lepton pairs in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 072004(1)–072004(37).
37. *Search for high-mass diphoton resonances in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 032004(1)–032004(22).
38. *Measurements of the Total and Differential Higgs Boson Production Cross Sections Combining the  $H \rightarrow \gamma\gamma$  and  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$  Decay Channels at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 091801(1)–091801(19).
39. *Search for Higgs bosons decaying to  $aa$  in the  $\mu\mu\tau\tau$  final state in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS experiment*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 052002(1)–052002(24).
40. *Search for production of vector-like quark pairs and of four top quarks in the lepton-plus-jets final state in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1508 (2015) 105(1)–105(84).

41. *A search for  $tt^-$  resonances using lepton-plus-jets events in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1508 (2015) 148(1)–148(53).
42. *Search for new light gauge bosons in Higgs boson decays to four-lepton final states in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector at the LHC*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 092001(1)–092001(30).
43. *Measurement of differential  $J/\psi$  production cross sections and forward-backward ratios in p + Pb collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 92 (2015) 034904(1)–034904(23).
44. *Search for Higgs boson pair production in the  $bb^-bb^-$  final state from pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 412(1)–412(49).
45. *Search for Dark Matter in Events with Missing Transverse Momentum and a Higgs Boson Decaying to Two Photons in pp Collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 131801(1)–131801(19).
46. *Search for heavy lepton resonances decaying to a Z boson and a lepton in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1509 (2015) 108(1)–108(37).
47. *Search for type-III Seesaw heavy leptons in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 032001(1)–032001(20).
48. *Measurements of the top quark branching ratios into channels with leptons and quarks with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 072005(1)–072005(31).
49. *Search for metastable heavy charged particles with large ionisation energy loss in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS experiment*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 407(1)–407(14).
50. *Modelling  $Z \rightarrow \tau\tau$  processes in ATLAS with  $\tau$ -embedded  $Z \rightarrow \mu\mu$  data*  
JINST 10 (2015) P09018(1)–P09018(22).
51. *Measurement of colour flow with the jet pull angle in  $tt^-$  events using the ATLAS detector at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
Phys. Lett. B 750 (2015) 475–493.
52. *Study of the spin and parity of the Higgs boson in diboson decays with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 476(1)–476(36).
53. *Search for the associated production of the Higgs boson with a top quark pair in multilepton final states with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 749 (2015) 519–541.
54. *Search for heavy Majorana neutrinos with the ATLAS detector in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
JHEP 1507 (2015) 162(1)–162(28).
55. *Study of  $(W/Z)H$  production and Higgs boson couplings using  $H \rightarrow WW^*$  decays with the ATLAS detector*  
JHEP 1508 (2015) 137(1)–137(48).
56. *Measurement of exclusive  $\gamma\gamma \rightarrow \ell^+\ell^-$  production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 749 (2015) 242–261.
57. *ATLAS Run 1 searches for direct pair production of third-generation squarks at the Large Hadron Collider*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 510(1)–510(54).
58. *Measurement of the production of neighbouring jets in lead-lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 751 (2015) 376–395.
59. *Determination of the top-quark pole mass using  $tt^- + 1$ -jet events collected with the ATLAS experiment in 7 TeV pp collisions*  
JHEP 1510 (2015) 121(1)–121(23).
60. *Search for photonic signatures of gauge-mediated supersymmetry in 8 TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 072001(1)–072001(35).

61. *Summary of the searches for squarks and gluinos using  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS experiment at the LHC*  
JHEP 1510 (2015) 054(1)–054(91).
62. *Z boson production in p+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV measured with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 92 (2015) 044915(1)–044915(22).
63. *Measurement of the branching ratio  $\Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0)/\Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0)$  with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 751 (2015) 63–80.
64. *Measurement of transverse energy-energy correlations in multi-jet events in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector and determination of the strong coupling constant  $\alpha_s(m_Z)$*   
Phys. Lett. B 750 (2015) 427–447.
65. *Summary of the ATLAS experiment's sensitivity to supersymmetry after LHC Run 1 — interpreted in the phenomenological MSSM*  
JHEP 1510 (2015) 134(1)–134(75).
66. *Searches for Higgs boson pair production in the  $hh \rightarrow bb\tau\tau, \gamma\gamma WW^*, \gamma\gamma bb, bbbb$  channels with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 092004(1)–092004(30).

ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Bohm, J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šicho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba

67. *Search for the  $X_b$  and other hidden-beauty states in the  $\pi^+\pi^-\Upsilon(1S)$  channel at ATLAS*  
Phys. Lett. B 740 (2015) 199–217.
68. *Search for  $H \rightarrow \gamma\gamma$  produced in association with top quarks and constraints on the Yukawa coupling between the top quark and the Higgs boson using data taken at 7 TeV and 8 TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 740 (2015) 222–242.
69. *Search For Higgs Boson Pair Production in the  $\gamma\gamma b\bar{b}$  Final State using pp Collision Data at  $\sqrt{s}=8$  TeV from the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 081802(1)–081802(19).
70. *Simultaneous measurements of the  $t\bar{t}$ ,  $W^+W^-$ , and  $Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$  production cross-sections in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 052005(1)–052005(34).
71. *Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross-section as a function of jet multiplicity and jet transverse momentum in 7 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector*  
JHEP 1501 (2015) 020(1)–020(75).
72. *Search for new phenomena in the dijet mass distribution using p–p collision data at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 052007(1)–052007(25).
73. *Search for new phenomena in final states with an energetic jet and large missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 408(1)–408(47).

ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Bohm, J. Chudoba, J. Gunther, T. Jakoubek, V. Juránek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, M. Myška, S. Němeček, P. Růžička, J. Schovancová, P. Šicho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, T. Tic, V. Vrba

74. *Erratum: Measurements of  $W\gamma$  and  $Z\gamma$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector at the LHC (Phys.Rev.D 87, 112003, 2013)*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 119901(1)–119901(2).

ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Bohm, J. Chudoba, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, M. Myška, S. Němeček, D. Roda dos Santos, P. Růžička, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, T. Tic, V. Vrba

75. *Jet energy measurement and its systematic uncertainty in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 17(1)–17(100).

ATLAS and CMS Collaboration, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šicho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba

76. *Combined Measurement of the Higgs Boson Mass in  $pp$  Collisions at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV with the ATLAS and CMS Experiments*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 191803(1)–191803(45).

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Grygar, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vicha

77. *The Pierre Auger Cosmic Ray Observatory*  
Nucl. Instrum. Meth. A 798 (2015) 172–213.

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vicha

78. *Muons in air showers at the Pierre Auger Observatory: Mean number in highly inclined events*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 032003(1)–032003(12).
79. *Large scale distribution of ultra high energy cosmic rays detected at the Pierre Auger Observatory with zenith angles up to 80 degrees*  
ApJ 802 (2015) 111(1)–111(11).
80. *Searches for anisotropies in the arrival directions of the highest energy cosmic rays detected by the Pierre Auger Observatory*  
ApJ 804 (2015) 15(1)–15(18).
81. *Improved limit to the diffuse flux of ultrahigh energy neutrinos from the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 092008(1)–092008(14).
82. *Search for patterns by combining cosmic-ray energy and arrival directions at the Pierre Auger Observatory*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 269(1)–269(15).
83. *Measurement of the cosmic ray spectrum above  $4 \times 10^{18}$  eV using inclined events detected with the Pierre Auger Observatory*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 8 (2015) 049(1)–049(24).

D0 and CDF Collaborations, z FZÚ A. Kupčo, M. Lokajíček, R. Lysák

84. *Tevatron Constraints on Models of the Higgs Boson with Exotic Spin and Parity Using Decays to Bottom-Antibottom Quark Pairs*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 151802(1)–151802(12).
85. *Tevatron combination of single-top-quark cross sections and determination of the magnitude of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix element  $V_{tb}$*   
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 152003(1)–152003(11).

D0 Collaboration, z FZÚ A. Kupčo, M. Lokajíček

86. *Measurement of the ratio of inclusive cross sections  $\sigma(pp^- \rightarrow Z+2 \text{ bjets})/\sigma(pp^- \rightarrow Z+2 \text{ jets})$  in  $pp^-$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 052010(1)–052010(9).
87. *Precision measurement of the top-quark mass in lepton+jets final states*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 112003(1)–112003(39).
88. *Measurement of the forward-backward asymmetry in  $\Lambda_b^0$  and  $\Lambda_b^0$  baryon production in  $pp^-$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 072008(1)–072008(7).

89. *Simultaneous measurement of forward-backward asymmetry and top polarization in dilepton final states from  $tt^{\bar{}}$  production at the Tevatron*  
Phys. Rev. D 92 (2015) 052007(1)–052007(16).
90. *Search for Violation of CPT and Lorentz invariance in  $B_0^s$  meson oscillations*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 1616101(1)–161601(8).
91. *Measurement of the  $W+b$ -jet and  $W+c$ -jet differential production cross sections in  $pp^{\bar{}}$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV*  
Phys. Lett. B 743 (2015) 6–14.
92. *Measurement of the electron charge asymmetry in  $pp^{\bar{}} \rightarrow W+X \rightarrow e\nu+X$  decays in  $pp^{\bar{}}$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 079901(1)–079901(26).
93. *Measurement of the Forward-Backward Asymmetry in the Production of  $B^{\pm}$  Mesons in  $pp^{\bar{}}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 051803(1)–051803(8).
94. *Measurement of the  $\phi^*_{\eta}$  distribution of muon pairs with masses between 30 and 500 GeV in  $10.4 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp^{\bar{}}$  collisions*  
Phys. Rev. D 91 (2015) 072002(1)–072002(13).
95. *Measurement of the  $B^0_s$  lifetime in the flavor-specific decay channel  $B^0_s \rightarrow D_s-\mu^+\nu X$*   
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 062001(1)–062001(8).
96. *Measurement of the effective weak mixing angle in  $pp^{\bar{}} \rightarrow Z/\gamma^* \rightarrow e^+e^-$  events*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 041801(1)–041801(8).
97. *Inclusive Production of the  $X(4140)$  State in  $pp^{\bar{}}$  Collisions at D0*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 232001(1)–232001(8).

#### H1 and ZEUS Collaborations, z FZÚ J. Cvach, J. Hladký, P. Reimer

98. *Combination of measurements of inclusive deep inelastic  $e^{\pm}p$  scattering cross sections and QCD analysis of HERA data*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 580(1)–580(98).

#### ALICE Collaboration, z FZÚ J. A. Mareš, P. Závada

99. *Coherent  $\psi(2S)$  photo-production in ultra-peripheral Pb Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 751 (2015) 358–370.
100. *Precision measurement of the mass difference between light nuclei and anti-nuclei*  
Nature Phys. 11 (2015) 811–814.
101. *Centrality dependence of inclusive  $J/\psi$  production in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
JHEP 1511 (2015) 127(1)–127(29).
102. *One-dimensional pion, kaon, and proton femtoscopy in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Rev. C 92 (2015) 054908(1)–054908(15).
103. *Centrality dependence of high- $p_T$  D meson suppression in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
JHEP 1511 (2015) 205(1)–205(21).
104. *Measurement of jet quenching with semi-inclusive hadron-jet distributions in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
JHEP 1509 (2015) 170(1)–170(37).
105. *Measurement of charm and beauty production at central rapidity versus charged-particle multiplicity in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV*  
JHEP 1509 (2015) 148(1)–148(39).
106. *Inclusive, prompt and non-prompt  $J/\psi$  production at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
JHEP 1507 (2015) 051(1)–051(28).
107. *Measurement of pion, kaon and proton production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV*  
Eur. Phys. J. C 75 (2015) 226(1)–226(33).
108. *Coherent  $\rho^0$  photoproduction in ultra-peripheral Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
JHEP 1509 (2015) 095(1)–095(23).

109. *Rapidity and transverse-momentum dependence of the inclusive  $J/\psi$  nuclear modification factor in  $p$ -Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
 JHEP 1506 (2015) 055(1)–055(27).
110. *Measurement of dijet  $k_T$  in  $p$ -Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
 Phys. Lett. B 746 (2015) 385–395.
111. *Measurement of charged jet production cross sections and nuclear modification in  $p$ -Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
 Phys. Lett. B 749 (2015) 68–81.
112. *Measurement of jet suppression in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
 Phys. Lett. B 746 (2015) 1–14.
113. *Two-pion femtoscopy in  $p$ -Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
 Phys. Rev. C 91 (2015) 034906(1)–034906(28).
114. *Forward-backward multiplicity correlations in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=0.9, 2.76$  and  $7$  TeV*  
 JHEP 1505 (2015) 097(1)–097(23).

**H1 Collaboration, z FZÚ J. Cvach, J. Hladký, P. Reimer**

115. *Measurement of Dijet Production in Diffractive Deep-Inelastic ep Scattering at HERA*  
 JHEP 03 (2015) 092(1)–092(32).
116. *Diffractive dijet production with a leading proton in ep collisions at HERA*  
 JHEP 05 (2015) 056(1)–056(33).

**TOTEM Collaboration, z FZÚ J. Kašpar, J. Kopal, V. Kandrát, M. V. Lokajíček, J. Procházka**

117. *Measurement of the forward charged particle pseudorapidity density in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using a displaced interaction point*  
 Eur. Phys. J. C 75:126 (2015) 1–9.
118. *Evidence for non-exponential elastic proton-proton differential cross-section at low  $|t|$  and  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
 Nucl. Phys. B 899 (2015) 527–546.

**CALICE Collaboration, z FZÚ J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, J. Kvasnička, D. Lednický, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, P. Růžička, P. Šícho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák**

119. *Testing Hadronic Interaction Models using a Highly Granular Silicon-Tungsten Calorimeter*  
 Nucl. Instrum. Meth. A 794 (2015) 240–254.
120. *Pion and proton showers in the CALICE scintillator-steel analogue hadron calorimeter*  
 JINST 10 (2015) P04014(1)–P04014(22).

**CALICE Collaboration, z FZÚ J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, M. Kovalčuk, J. Kvasnička, D. Lednický, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, M. Tomášek, P. Růžička, P. Šícho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák**

121. *Shower development of particles with momenta from 15 GeV to 150 GeV in the CALICE scintillator-tungsten hadronic calorimeter*  
 JINST 10 (2015) P12006(1)–P12006(35).

**Ostatní**

122. CTA Consortium, z FZÚ M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, M. Hrabovský, P. Janeček, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, P. Schovánek, P. Trávníček  
*The Cherenkov Telescope Array potential for the study of young supernova remnants*  
 Astropart Phys. 62 (2015) 152–164.
123. C. Fruck, M. Gaug, J.-P. Ernenwein, D. Mandát, T. Schweizer, D. Häfner, T. Bulik, M. Cieslar, H. Costantini, M. Dominik, J. Ebr, M. Garczarczyk, Lorentz, G. Pareschi, M. Pech, I. Puerto-Giménez, M. Teshima  
*Instrumentation for comparing night sky quality and atmospheric conditions of CTA site candidates*  
 JINST 10 (2015) P04012(1)–P04012(31).

124. P. Kessel, G. Lucena Gómez, E. Skvortsov, M. Taronna  
*Higher Spins and Matter Interacting in Dimension Three*  
JHEP 1511 (2015) 104(0)–104(104).
125. R. Lipinski Jusinkas  
*On the field-antifield (a)symmetry of the pure spinor superstring*  
JHEP 1512 (2015) 136(0)–136(44).
126. C. Maccaferri, M. Schnabl  
*Large BCFT moduli in open string field theory*  
JHEP 1508 (2015) 149(0)–149(12).
127. Tomáš Procházka  
*Exploring  $W$  infinity in the quadratic basis*  
JHEP 1509 (2015) 116(1)–116(62).
128. J. Raeymaekers  
*Quantization of conical spaces in 3D gravity*  
JHEP 1503 (2015) 060(0)–060(27).
129. J. Raeymaekers, D. Van den Bleeken  
*Microstate solutions from black hole deconstruction*  
JHEP 1512 (2015) 095(0)–095(37).
130. Jakub Vicha, Petr Trávníček, Dalibor Nosek, Jan Ebr  
*Study of Dispersion of Mass Distribution of Ultra-High Energy Cosmic Rays using a Surface Array of Muon and Electromagnetic Detectors*  
Astropart Phys. 69 (2015) 11–17.
131. Petr Závada  
*Role of gluons and the quark sea in the proton spin*  
Phys. Lett. B 751 (2015) 525–531.

## Ostatní – Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

1. A. Anspoks, J. Timoshenko, D. Bocharov, J. Purans, F. Rocca, A. Sarakovskis, V. Trepakov, A. Dejneka, M. Itoh  
*Local Structure Studies of Ti for (SrTiO<sub>3</sub>)-O-16 and (SrTiO<sub>3</sub>)-O-18 by Advanced X-ray Absorption Spectroscopy Data Analysis*  
Fiz. Nizk. Temp. 485 (2015) 42–52.
2. M. Aramesh, O. Shimoni, K. Fox, T. J. Karle, A. Lohrmann, K. Ostrikov, S. Prawer, J. Červenka  
*Ultra-high-density 3D DNA arrays within nanoporous biocompatible membranes for single-molecule-level detection and purification of circulating nucleic acids*  
Nanoscale 7 (2015) 5998–6006.
3. U. Basu, C. Maes, K. Netočný  
*How statistical forces depend on thermodynamics and kinetics of driven media*  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 250601(1)–250601(5).
4. U. Basu, C. Maes, K. Netočný  
*Statistical forces from close-to-equilibrium media*  
New J. Phys. 17 (2015) 115006(1)–115006(15).
5. I. Fina, G. Apachitei, D. Preziosi, H. Deniz, D. Kriegner, X. Marti, M. Alexe  
*In-plane tunnelling field-effect transistor integrated on Silicon*  
Sci. Rep. 5 (2015) 14367/1–14367/7.
6. M. S. Henriques, D. Berthebaud, A. Lignie, Z. El Sayah, C. Moussa, O. Tougait, L. Havela, A. P. Gonçalves  
*Isothermal section of the ternary phase diagram U-Fe-Ge at 900C and its new intermetallic phases*  
J. Alloy. Compd. 639 (2015) 224–234.
7. A. Hospodková, L. Svoboda, P. Praus  
*Dependence of photocatalytic activity of Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>S quantum dot composition*  
Chin. J. Catal. 36 (2015) 328–335.

8. **A. Hospodková, J. Pangrác, J. Vyskočil, M. Zíková, J. Oswald, Ph. Komninou, E. Hulicius**  
*Growth of InAs/GaAs quantum dots covered by GaAsSb in multiple structures studied by reflectance anisotropy spectroscopy*  
J. Cryst. Growth 414 (2015) 156–160.
9. **J. J. Mareš**  
*Do we know what the temperature is?*  
J. Therm. Anal. Calorim. 120 (2015) 223–230.
10. **A. Jandová, J. Pokorný, J. Pokorný, J. Kobilková, M. Nedbalová, A. Čoček, F. Jelínek, J. Vrba, J. Vrba Jr., A. Dohnalová, J. Kytnarová, J. A. Tuszyński, A. Foletti**  
*Diseases caused by defects of energy level and loss of coherence in living cells*  
Electromagn. Biol. Med. 34 (2015) 151–155.
11. **A. Kalvová, V. Špička, B. Velický**  
*Transient Magnetic Tunneling Mediated by a Molecular Bridge*  
J. Superconductivity and Novel Magnetism 28 (2015) 1087–1091.
12. **J. Kohout, P. Brázda, K. Závěta, D. Kubániová, T. Kmječ, L. Kubíčková, M. Klementová, E. Šantavá, A. Lančok**  
*The magnetic transition in  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles: Magnetic properties and hyperfine interactions from Mössbauer spectroscopy*  
J. Appl. Phys. 117 (2015) 17D505(1)–17D505(4).
13. **J. Kuneš**  
*Excitonic condensation in systems of strongly correlated electrons*  
J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 333201(1)–333201(21).
14. **L. Lejček, V. Novotná, M. Glogarová**  
*Filaments in the twist-grain-boundary smectic A phase*  
Phys. Rev. E 92 (2015) 032505(1)–032505(10).
15. **O. Lunov, O. Churpita, V. Zablotskii, I. G. Deyneka, I. K. Meshkovskii, A. Jäger, E. Syková, Š. Kubinová and A. Dejneka**  
*Non-thermal plasma mills bacteria: Scanning electron microscopy observations*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 053703(1)–053703(5).
16. **Christian Maes, Karel Netočný**  
*Revisiting the Glansdorff–Prigogine criterion for stability within irreversible thermodynamics*  
J. Stat. Phys. 159 (2015) 1286–1299.
17. **E. Mihóková, L. S. Schulman**  
*Low temperature delayed recombination and trap tunneling*  
J. Phys.-Condens. Mat. 27 (2015) 075501(1)–075501(8).
18. **H. Němec, V. Zajac, P. Kužel, P. Malý, S. Gutsch, D. Hiller, M. Zacharias**  
*Charge transport in silicon nanocrystal superlattices in the terahertz regime*  
Phys. Rev. B 91 (2015) 195443(1)–195443(10).
19. **J. Panas, A. Kauch, J. Kuneš, D. Vollhardt, K. Byczuk**  
*Numerical calculation of spectral functions of the Bose-Hubbard model using bosonic dynamical mean-field theory*  
Phys. Rev. B 92 (2015) 045102(1)–045102(9).
20. **K. Peters, P. Zeller, G. Štefanić, V. Skoromets, H. Němec, P. Kužel, D. Fattakhova-Rohlfing**  
*Water-dispersible small monodisperse electrically conducting antimony doped tin oxide nanoparticles*  
Chem. Mater. 27 (2015) 1090–1099.
21. **M. Reli, M. Edelmánová, M. Šihor, P. Praus, L. Svoboda, K. Kutláková Mamulová, H. Otoupalíková, L. Čapek, A. Hospodková, L. Obalová, K. Kočí**  
*Photocatalytic H<sub>2</sub> generation from aqueous ammonia solution using ZnO photocatalysts prepared by different methods*  
Int. J. Hydrog. Energy 40 (2015) 8530–8538.
22. **W. de Roeck, C. Maes, K. Netočný, M. Schutz**  
*Locality and nonlocality of classical restrictions of quantum spin systems with applications to quantum large deviations and entanglement*  
J. Math. Phys. 56 (2015) 023301(1)–023301(30).

23. **O. Romanyuk**, S. Fernández-Garrido, **P. Jiříček**, **I. Bartoš**, L. Geelhaar, O. Brandt, T. Paskova  
*Non-destructive assessment of the polarity of GaN nanowire ensembles using low-energy electron diffraction and x-ray photoelectron diffraction*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 021602-1–021602-4.
24. **O. Romanyuk**, **P. Jiricek**, **J. Zemek**, **J. Houdkova**, **K. Jureka**, O. Gedeon  
*Irradiation of potassium-silicate glass surfaces: XPS and REELS study*  
Surf. Interface Anal. (2015), ECASIA special issue paper, doi: 10.1002/sia.5908
25. D. Schmeißer, J. Haeberle, M. Richter, **P. Brázda**  
*Spin state and satellite structures of  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as determined by resonant photoelectron spectroscopy*  
Nucl. Instrum. Meth. B 364 (2015) 127–131.
26. J. Stouřil, T. Prošek, A. Nazarov, **J. Oswald**, P. Kříž, D. Thierry  
*Electrochemical properties of corrosion products formed on Zn-Mg, Zn-Al and Zn-Al-Mg coatings in model atmospheric conditions*  
ater. Corros. 66 (2015) 777–782.
27. O. Supplie, M. M. May, G. Steinbach, **O. Romanyuk**, F. Grosse, A. Nägelein, P. Kleinschmidt, S. Brückner, T. Hannappel  
*Time-Resolved In Situ Spectroscopy During Formation of the GaP/Si(100) Heterointerface*  
J. Phys. Chem. Lett. 6 (2015) 464–469.
28. **J. Vyskočil**, **P. Gladkov**, **O. Petříček**, **A. Hospodková**, **J. Pangrác**  
*Growth and properties of A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> QD structures for intermediate band solar cells*  
J. Cryst. Growth 414 (2015) 172–176.
29. **M. Zíková**, **A. Hospodková**, **J. Pangrác**, **J. Oswald**, P. Krčil, E. Hulicius, Ph. Komninou, J. Kioseoglou  
*MOVPE prepared InAs/GaAs quantum dots covered by GaAsSb layer with long wavelength emission at 1.8  $\mu$ m*  
J. Cryst. Growth 414 (2015) 167–171.



## Patenty

1. P. Boháč, J. Tomáščík, K. Cvrk, V. Koula, R. Čtvrtlík, L. Jastrabík, M. Hrabovský

### *Způsob hodnocení adheze funkční vrstvy k substrátu s využitím akustické emise*

Způsob hodnocení adheze funkční vrstvy k substrátu s využitím akustické emise vrypové zkoušky při kontinuálním monitorování a záznamu zátěžné síly a polohy nanoindentoru vzhledem k testované vrstvě zkušebního tělesa a snímání akustické emise nanoindentačního procesu, jehož podstata spočívá v tom, že v řízeném průběhu nanoindentace se současně sledují jednak údaje z prováděné vrypové zkoušky zahrnující závislosti hloubky vrypu na velikosti zátěžové síly působící na nanoindentor po celé délce vrypové zkoušky a jednak se detekuje akustická emise probíhajícího procesu, přičemž se získané údaje průběžně transformují do grafických ztvárnění vzájemně nezávislých datových souborů, které se následně společně s mikrosnímky rýhy vrypu zkompletují vzhledem k okamžiku zahájení vrypové zkoušky, načež se vyhodnocením grafů stanoví kritická mez soudržnosti  $L_{CA}$  mezi substrátem a povrchovou vrstvou zkušebního tělesa.

Datum udělení patentu: 4. 2. 2015, číslo patentu: CZ 305002 B6

2. J. Hanuš, A. Richter, P. Rydlo, L. Heller

### *Snímač tlaku a/nebo síly*

Vynález se týká snímače tlaku a/nebo síly, který obsahuje alespoň jeden převodník, který je tvořen drátem nebo pásem z materiálu s tvarovou pamětí přímo vedeným mezi dvěma aktivními prvky, které jsou na svém povrchu přivrácenému k převodníku opatřeny aktivními výstupky, přičemž aktivní výstupky jednoho aktivního prvku jsou uspořádány proti prostorům mezi aktivními výstupky druhého aktivního prvku, nebo mezi jedním aktivním prvkem a jedním pasivním prvkem, přičemž aktivní prvek je na svém povrchu přivráceném k převodníku opatřen aktivními výstupky. Pasivní prvek je opatřen otvory uspořádanými proti aktivním výstupkům aktivního prvku, nebo je vytvořen z plošného pružného materiálu, který je měkčí než materiál aktivního prvku, přičemž alespoň jeden aktivní prvek, nebo alespoň jeho aktivní výstupky je/ jsou vytvořen/vytvořeny z pružného materiálu a/nebo je uložen pohyblivě vůči druhému aktivnímu prvku nebo pasivnímu prvku.

Datum udělení patentu: 5. 11. 2015, číslo užitého vzoru: CZ 304873 B6

3. L. Havlák, V. Jarý, J. Bárta, M. Nikl

### *Luminofoxy $(Li_cNa_dK_eRb_fCs_g)(La_hGd_iLu_jY_k)_{1-a}Eu_aS_{2-b}$ pro pevnolátkové světelné zdroje*

Popisují se luminofoxy obecného vzorce  $(Li_cNa_dK_eRb_fCs_g)(La_hGd_iLu_jY_k)_{1-a}Eu_aS_{2-b}$ , kde koncentrační rozmezí Eu je 0,0001% mol až 3% mol. Tyto luminofoxy kombinované s excitačním LED světelným zdrojem emitujícím v UV/modré oblasti spektra umožňují vytvoření pevnolátkového zdroje teplého bílého světla s laditelnou barevnou teplotou nebo světelného zdroje s definovanou a laditelnou barevností.

Datum udělení patentu: 20. 5. 2015, číslo patentu: CZ 305254 B6

4. L. Havlák, V. Jarý, M. Nikl, J. Bárta

### *Anorganické scintilátory a luminofoxy na bázi $ALnS_2$ ( $A = Na, K, Rb; Ln = La, Gd, Lu, Y$ ) dopované $Eu^{2+}$ s výjimkou $KLuS_2$ a $NaLaS_2$*

Jsou popsány sloučeniny  $NaGdS_2$ ,  $NaLuS_2$ ,  $NaYS_2$ ,  $KLaS_2$ ,  $KGdS_2$ ,  $KYS_2$ ,  $RbLaS_2$ ,  $RbGdS_2$ ,  $RbLuS_2$  a  $RbYS_2$  dopované  $Eu^{2+}$ , kde koncentrační rozmezí EU je 0,0001 až 3% mol. Tyto sloučeniny při ozařování rentgenovým zářením emitují v oblasti vlnových délek 498 až 779 nm. Lze je použít pro detekci ionizujícího záření polovodičovými detektory. Tyto sloučeniny díky přítomnosti intenzivních excitačních pásů v blízké UV až modré oblasti spektra a emisí v širokém rozsahu vlnových délek 498 až 779 nm lze využít pro konstrukci LED zdrojů světla s použitím budicího zdroje 350 až 460 nm.

Datum udělení patentu: 4. 2. 2015, číslo patentu: CZ 304998 B6

5. **Z. Hubička, V. Straňák, J. Šmíd, J. Olejníček, M. Čada, P. Adámek, Š. Kment, A. Kromka**

***Hybridní plazmová tryska s povrchovou vlnou pro buzení vysoce reaktivních výbojů***

Hybridní plazmová tryska s povrchovou vlnou pro buzení vysoce reaktivních výbojů, určená zejména pro zabudování do vakuového depozičního systému pro depozice tenkých vrstev obsahujícího vakuovou komoru, v jejímž vnitřním prostoru je instalována plocha pro uložení substrátu a do něhož je zavedena alespoň jedna křemenná pracovní trubice, která je připojena na vnější zdroj pracovního plynu, která je zaústěna do blízkosti plochy pro uložení substrátu a která prochází vně vakuové komory tělem surfatronu, který je napojen na mikrovlnný generátor, kde podstata vynálezu spočívá v tom, že každá křemenná pracovní trubice je do vakuové komory zavedena přes křemennou průchodku, která je opatřena křemenným nástavcem orientovaným do vnitřního prostoru vakuové komory, přičemž ve spodní části je křemenná pracovní trubice opatřena prstencovou elektrodou, která křemennou pracovní trubici obepíná a je elektricky vodivě spojena s vysokofrekvenčním generátorem.

Datum udělení patentu: 9. 9. 2015, číslo patentu: CZ 305482 B6

6. **B. Rezek, M. Vaněček, A. Kromka, Š. Potocký, J. Potměšil**

***Metoda vytváření nukleační vrstvy pro růst diamantů***

Metoda pro vytvoření nukleační vrstvy pro růst diamantů chemickým rozprašováním založená na přidávání diamantového prášku do roztoku polymeru, homogenizaci vzniklé suspenze, depozici vzniklého polymerového kompozitu na substrát, žihání vytvořené struktury na teplotu odpovídající teplotě tvrdnutí použitého polymeru a odleptání polymerového kompozitu. Tato procedura připraví substrát na růst diamantu nebo jeho supertenkých vrstev chemickým rozprašováním. Polymerový kompozit může být ukládán v jedné či více vrstvách. Na substrát může být ukládán také selektivně pomocí základních litografických technik, což vede k růstu diamantu na substrátu v geometricky předdefinovaných vzorech, čímž je umožněna tvorba vrstevnatých diamantových struktur v rámci jediného technologického procesu.

Datum udělení patentu: 26. 8. 2015, číslo patentu: EP2257658

7. **R. Škoda, J. Škarohlíd, I. Kratochvílová, A. Taylor, F. Fendrych**

***Vrstva chránící povrch zirkoniových slitin užívaných v jaderných reaktorech***

Vrstva, chránící povrch zirkoniových slitin, které se používají jako materiál pro jaderné reaktory, je tvořená homogenní polykrystalickou diamantovou vrstvou připravenou metodou depozice z plynné fáze. Tato diamantová vrstva má tloušťku v rozmezí 100 nm až 50 .mi.m a velikost krystalických zrn ve vrstvě je v rozmezí 10 až 500 nm. Maximální obsah nediamantového uhlíku je 25 mol. %, celkový obsah neuhlíkových nečistot je maximálně do 0,5 mol. %. Povrchová drsnost polykrystalické diamantové vrstvy má hodnotu RMS drsnosti menší než 40 nm a tepelná vodivost vrstvy se pohybuje v rozmezí 1000 až 1900 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>. Pokrytí povrchu zirkoniových slitin uvedenou polykrystalickou diamantovou vrstvou slouží jako ochrana proti nežádoucím změnám a procesům v prostředí jaderného reaktoru.

Datum udělení patentu: 15. 4. 2015, číslo patentu: CZ 305059 B6

8. **V. Rouček, J. Bulíř, J. Lančok, M. Novotný**

***Zařízení pro povlakování vnitřních dutin malého příčného průřezu a velkých podélných rozměrů metodou magnetronového naprašování***

Zařízení pro povlakování vnitřních dutin malého příčného průřezu a velkých podélných rozměrů metodou magnetronového naprašování tvořené vakuovou komorou protáhlého tvaru upevněnou ve stojanu s připojením na vakuový čerpací systém. Vakuová komora je opatřena na jednom konci přírubou s elektrickou vakuovou průchodkou. V této přírubě je upevňovací přípravek povlakované součásti. S vodičem elektrické vakuové průchodky je spojena odprašovaná katoda ve tvaru tyče, souose uložená v dutině povlakované součásti. Na druhém uzavřeném konci má vakuová komora otvor přívodu pracovního plynu. Stojan je spojen s pojezdovou dráhou, na níž je posuvně uložen držák prstencového magnetu, který je uložen okolo vakuové komory.

Datum udělení patentu: 2. 12. 2015, číslo patentu: CZ 305631 B6

9. **A. Jäger**

***Způsob výroby methoxidu hořečnatého reakcí hořčíku a methanolu za použití zinku jako katalyzátoru***

Předmětem vynálezu je způsob výroby methoxidu hořečnatého  $Mg(OCH_3)_2$  reakcí hořčíku a methanolu při pokojové i nižší teplotě za použití zinku jako katalyzátoru přítomného ve formě tuhého roztoku v Mg v množství od 0,1 % hmotnostních do 5 % hmotnostních. Toto provedení vede k produktu o vysoké čistotě a výtěžku. Výsledný  $Mg(OCH_3)_2$  může být dále využit např. pro přípravu nanočástic MgO termickou dekompozicí (žihání při  $\sim 400$  °C/2 hod) nebo jako katalyzátor chemických reakcí s nízkým obsahem zbytkového Zn po filtraci ( $\sim 0,008$  % hmotn. při koncentraci Zn 0,1 % hmotn. v Mg).

Datum udělení patentu: 28. 1. 2015, číslo patentu: CZ 304987 B6

10. **T. Miura, S. Nagisetty, T. Mocek**

***Zařízení pro jednokrokové měření parametru kvality  $M^2$  laserového svazku***

Zařízení pro měření parametru kvality  $M^2$  laserového svazku v jednom kroku, které využívá jevu změny vlnové délky měřeného laserového svazku v materiálu zobrazovacího tělesa, především jevu fluorescence. Zařízení obsahuje vstupní fokusační optiku, zobrazovací těleso a příčně uspořádaný fotodetektor pro snímání a analýzu laserem indukovaného obrazce. V materiálu zobrazovacího tělesa vzniká po dopadu fokusovaného měřeného laserového svazku např. fluorescenční obrazec, který odpovídá poloze a tvaru kaustiky svazku. Obrazec je snímán fotodetektorem s vysokým rozlišením a následně je analyzován profil krčku. Díky tomuto zařízení může být monitorována kvalita laserového svazku v reálném čase v kontinuálním i pulzním režimu provozu měřeného laseru.

Datum udělení patentu: 20. 5. 2015, číslo patentu: CZ 305256 B6

11. **M. Divoký, T. Mocek, M. Sawicka-Chyla, O. Slezák, J. Houžvička, V. Kmetík, M. Košelja, A. Lucianetti**

***Optický prvek, zejména laserový slab, a způsob jeho výroby***

Vynález se týká optického prvku, zejména laserového slabu pro generaci laserového záření s potlačením zesílené spontánní emise (ASE), který sestává z monokrystalického jádra a optického keramického povlaku bez patrného optického rozhraní na spojovacích plochách jádra a povlaku. Keramický povlak je vytvořen přímo na monokrystalickém jádru bez použití spojovacích technik. Monokrystal je zhotovený z vysokoteplotních oxidů s granátovou strukturou (YAG, LuAG, YSG, GGG) s vhodným dopantem a keramický povlak je z odpovídajícího typu základního materiálu dopovaný stejným a/nebo odlišným typem dopujícího iontu. Způsob výroby takového laserového slabu spočívá ve výběru homogenní části monokrystalu, ze které se vyrobí jádrové těleso, to se uloží do zhuštěné vrstvy práškového prekursoru povrchové keramické vrstvy. Načež se provede izostatické lisování tlakem 50 až 200 MPa. Výlisek se vakuově sintruje s rychlostí náběhu teploty 400 °C/hod po dobu 6 hodin při teplotě 1600 až 1750 °C. Následuje ochlazení stejnou rychlostí a mechanické dělení sintrovaného tělesa na slaby, které se broušením a leštěním opracují na požadovanou jakost povrchu

Datum udělení patentu: 30. 12. 2015, číslo patentu: CZ 305707 B6

## Užitné a průmyslové vzory

1. **P. Boháč, M. Veselský, K. Cvrk, J. Tomáščík, R. Čtvrtlík, V. Koula, L. Jastrabík**

***Nástavec držáku zkušebních vzorků pro snímání akustické emise pevných materiálů***

Nástavec je určen pro laboratorní zařízení provádějící vrypovou zkoušku materiálů. Nástavec je dutý válec z jedné strany uzavřený víkem upraveným pro upevnění k držáku vzorků. Na protilehlé čelo se upevňují vzorky pro vrypovou zkoušku. V dutině pod ním je piezoelektrický element s integrovaným předzesilovačem. Signál akustické emise generované vrypovou zkouškou ve vzorku je z předzesilovače veden koaxiálním kabelem do A/D převodníku k dalšímu zpracování.

Datum zápisu užitného vzoru: 12. 1. 2015, číslo užitného vzoru: CZ 27706 U1

2. **P. Boháč, J. Tomáščík, K. Cvrk, V. Koula, R. Čtvrtlík, L. Jastrabík, M. Hrabovský**

***Zařízení k provádění hodnocení adheze funkční vrstvy***

Zařízení k provádění hodnocení adheze funkční vrstvy k substrátu s využitím akustické emise je využitelné pro zkušebnictví různých průmyslových oborů, kde je nutné přesné kvantitativní hodnocení adheze povrchových vrstev materiálů pomocí kritické meze LCA. Např. v automobilovém průmyslu se jedná o nosné vrstvy DLC, případně vrstvy na bázi karbidů nebo nitridů kovů s dobrými kluznými a oteruvzdornými vlastnostmi, odolné dynamickému zatížení v provozu. V elektrotechnice a elektronice jsou to protektivní a pasivační mechanicky namáhané vrstvy, např. z SiO<sub>2</sub>.

Datum zápisu užitečného vzoru: 2. 2. 2015, číslo užitečného vzoru: CZ 27777 U1

3. **P. Boháč, K. Cvrk, M. Veselský, J. Tomáščík, R. Čtvrtlík, V. Koula, M. Hrabovský, L. Jastrabík**

***Souprava pro snímání, transformaci a digitalizaci akustické emise v průběhu vrypové zkoušky tenkých vrstev***

Souprava jednoznačně definuje umístění vzorku na nástavci držáku vzorků při vrypové zkoušce, je dostatečně citlivá i k nízkointenzivní akustické emisi generované vrypovou zkouškou tenkých vrstev a umožní prostřednictvím synchronizovaného záznamu zatěžování vzorku a záznamu akustické emise stanovení nízkoe emisních kritických mezí porušení vrstvy L<sub>C1</sub>, L<sub>C2</sub>, ... s dostatečnou citlivostí a přesností, a to díky přiřazení záznamu vrypové zkoušky, záznamu akustické emise zpracované matematicko-statistickými metodami a ověření pomocí mikroskopického snímku vrypu.

Datum zápisu užitečného vzoru: 31. 3. 2015, číslo užitečného vzoru: CZ 28047 U1

4. **Z. Hubička, V. Straňák, J. Šmíd, J. Olejníček, M. Čada, P. Adámek, Š. Kment, A. Kromka**

***Hybridní plazmová tryska s povrchovou vlnou pro buzení vysoce reaktivních výbojů***

Užitečný vzor popisuje nové technické řešení mikrovlnného plazmového zdroje pro plazmochemickou PECVD depozici tenkých vrstev. Nové řešení umožňuje dosáhnout vyšší ionizace depozičních prekurzorů bez použití argonu pro generaci plazmatu. Tak je možné dosáhnout vyšší kvality deponovaných vrstev.

Datum zápisu užitečného vzoru: 14. 7. 2015, číslo užitečného vzoru: CZ 28463 U1

5. **J. Koktan, T. Dědourková, O. Kaman**

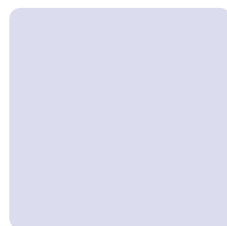
***Magnetické nanočástice modifikované vrstvou zlata***

Magnetické nanočástice na bázi perovskitových fází La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> jsou obaleny vrstvou amorfního oxidu křemičitého a následně vrstvou zlata. Výhodou tohoto řešení je, že dvojité chemicky a biologicky inertní bariéra minimalizuje riziko extrakce kationtů z magnetického jádra v jakémkoli biologickém kompartmentu či v systémech pro in vitro diagnostiku. Současně mezivrstva dielektrika vytváří substrát pro zlatý nanoobal, jehož povrchová plasmonová rezonance může být efektivně využita. Konečně samotná zlatá nanovrstva rovněž umožňuje modifikaci specifickými organickými látkami.

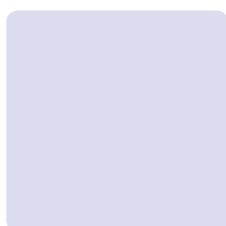
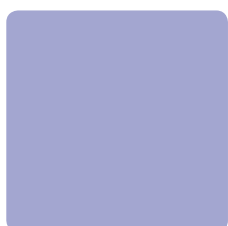
Datum zápisu užitečného vzoru: 21. 8. 2015, číslo užitečného vzoru: CZ 28559 U1







### III. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2015



**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

## Rozvaha

(v tis. Kč)

sestavena dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů

**k 31.12.2015**

Název účetní jednotky:

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Sídlo: Na Slovance 1999/2

IČ: 182 21 Praha 8

	Název	SÚ	čís. řád.	Stav	
				Stav k 01.01.15	Stav k 31.12.15
<b>A.</b>	<b>Dlouhodobý majetek celkem</b>			<b>4 510 566</b>	<b>6 885 375</b>
<b>I.</b>	<b>Dlouhodobý nehmotný majetek celkem</b>	<b>1 1</b>		<b>41 837</b>	<b>61 581</b>
	1. Nehmotné výsledky výzkumu a vývoje	012	2	0	0
	2. Software	013	3	27 173	43 637
	3. Ocenitelná práva	014	4	2 439	2 439
	4. Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	018	5	5 268	4 990
	5. Ostatní dlouhodobý nehmotný majetek	019	6	0	0
	6. Nedokončený dlouhodobý nehmotný majetek	041	7	6 957	10 515
	7. Poskytnuté zálohy na dlouhodobý nehmotný majetek	051	8	0	0
<b>II.</b>	<b>Dlouhodobý hmotný majetek celkem</b>	<b>02+03 9</b>		<b>5 403 576</b>	<b>7 896 609</b>
	1. Pozemky	031	10	276 405	276 508
	2. Umělecká díla, předměty, sbírky	032	11	0	0
	3. Stavby	021	12	434 744	2 652 450
	4. Samostatné movité věci a soubory movitých věcí	022	13	1 559 298	2 215 998
	5. Pěstitelské celky trvalých porostů	025	14	0	0
	6. Základní stádo a tažná zvířata	026	15	0	0
	7. Drobný dlouhodobý hmotný majetek	028	16	75 473	71 947
	8. Ostatní dlouhodobý hmotný majetek	029	17	0	0
	9. Nedokončený dlouhodobý hmotný majetek	042	18	3 033 318	2 670 980
	10. Poskytnuté zálohy na dlouhodobý hmotný majetek	052	19	24 338	8 726
<b>III.</b>	<b>Dlouhodobý finanční majetek celkem</b>	<b>6 20</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
	1. Podíly v ovládaných a řízených osobách	061	21	0	0
	2. Podíly v osobách pod podstatným vlivem	062	22	0	0
	3. Dluhové cenné papíry	063	23	0	0
	4. Půjčky organizačním složkám	066	24	0	0
	5. Ostatní dlouhodobé půjčky	067	25	0	0
	6. Ostatní dlouhodobý finanční majetek	069	26	0	0
	7. Pořizovaný dlouhodobý finanční majetek	043	27	0	0
<b>IV.</b>	<b>Oprávky k dlouhodobému majetku celkem</b>	<b>07-08 28</b>		<b>-934 847</b>	<b>-1 072 815</b>
	1. Oprávky k nehmotným výsledkům výzkumu a vývoje	072	29	0	0
	2. Oprávky k softwaru	073	30	-18 895	-27 848
	3. Oprávky k ocenitelným právům	074	31	-1 651	-1 861
	4. Oprávky k drobnému dlouhodobému nehmotnému majetku	078	32	-5 268	-4 990
	5. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému nehmotnému majetku	079	33	0	0
	6. Oprávky ke stavbám	081	34	-61 987	-70 911
	7. Oprávky k samost. mov. věcem a souborům mov. věcí	082	35	-771 573	-895 258
	8. Oprávky k pěstitelským celkům trvalých porostů	085	36	0	0
	9. Oprávky k základnímu stádu a tažným zvířatům	086	37	0	0
	10. Oprávky k drobnému dlouhodobému hmotnému majetku	088	38	-75 473	-71 947
	11. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému hmotnému majetku	089	39	0	0


<b>B.</b>		<b>Krátkodobý majetek celkem</b>		<b>40</b>	<b>1 176 599</b>	<b>129 268</b>
<b>I.</b>		<b>Zásoby celkem</b>	<b>11-13</b>	<b>41</b>	<b>15 385</b>	<b>12 772</b>
	1.	Materiál na skladě	112	42	15 372	12 772
	2.	Materiál na cestě	111,119	43	13	0
	3.	Nedokončená výroba	121	44	0	0
	4.	Polotovary vlastní výroby	122	45	0	0
	5.	Výrobky	123	46	0	0
	6.	Zvířata	124	47	0	0
	7.	Zboží na skladě a v prodejnách	132	48	0	0
	8.	Zboží na cestě	131,139	49	0	0
	9.	Poskytnuté zálohy na zásoby		50	0	0
<b>II.</b>		<b>Pohledávky celkem</b>	<b>31-39</b>	<b>51</b>	<b>64 609</b>	<b>34 207</b>
	1.	Odběratelé	311	52	1 637	1 040
	2.	Směnky k inkasu	312	53	0	0
	3.	Pohledávky za eskontované cenné papíry	313	54	0	0
	4.	Poskytnuté provozní zálohy	314	55	3 683	1 039
	5.	Ostatní pohledávky	316	56	259	286
	6.	Pohledávky za zaměstnanci	335	57	1 396	575
	7.	Pohledávky za institucemi sociálního zabezpečení a VZP	336	58	0	0
	8.	Daň z příjmů	341	59	0	0
	9.	Ostatní přímé daně	342	60	0	0
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	61	0	0
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	62	0	0
	12.	Nároky na dotace a ost. zúčtování se státním rozpočtem	346	63	0	0
	13.	Nároky na dotace a ost. zúčtování s rozpočt. orgánů ÚSC	x	64	0	0
	14.	Pohledávky za účastníky sdružení	358	65	0	0
	15.	Pohledávky z pevných termínových operací	373	66	0	0
	16.	Pohledávky z vydaných dluhopisů	375	67	0	0
	17.	Jiné pohledávky	378	68	30 832	706
	18.	Dohadné účty aktivní	388	69	26 802	30 561
	19.	Opravná položka k pohledávkám	391	70	0	0
<b>III.</b>		<b>Krátkodobý finanční majetek celkem</b>	<b>21-26</b>	<b>71</b>	<b>1 080 679</b>	<b>71 122</b>
	1.	Pokladna	211	72	824	822
	2.	Ceniny	212	73	0	0
	3.	Účty v bankách	221	74	1 079 855	70 300
	4.	Majetkové cenné papíry k obchodování	251	75	0	0
	5.	Dluhové cenné papíry k obchodování	253	76	0	0
	6.	Ostatní cenné papíry	256	78	0	0
	7.	Požizovaný krátkodobý finanční majetek	259	79	0	0
	8.	Peníze na cestě	262	80	0	0
<b>IV.</b>		<b>Jiná aktiva celkem</b>	<b>38</b>	<b>81</b>	<b>15 926</b>	<b>11 167</b>
	1.	Náklady příštích období	381	82	15 904	11 162
	2.	Příjmy příštích období	385	83	0	0
	3.	Kurzové rozdíly aktivní	386	84	22	5
<b>A+B</b>		<b>Aktiva celkem</b>		<b>85</b>	<b>5 687 165</b>	<b>7 014 643</b>

<b>A.</b>		<b>Vlastní zdroje celkem</b>		<b>86</b>	<b>5 419 460</b>	<b>7 011 595</b>
<b>I.</b>		<b>Jmění celkem</b>	<b>90-92</b>	<b>87</b>	<b>5 406 669</b>	<b>7 017 907</b>
	1.	Vlastní jmění	901	88	4 524 449	6 899 376
	2.	Fondy	91	89	855 590	118 531
		- Sociální fond	912		4 047	4 459
		- Rezervní fond	914		35 418	45 418
		- Fond účelově určených prostředků	915		58 835	59 536
		- Fond reprodukce majetku	916		757 290	9 118
	3.	Oceňovací rozdíly z přecenění majetku a závazků	920	90	26 630	0
<b>II.</b>		<b>Výsledek hospodaření celkem</b>	<b>93-96</b>	<b>91</b>	<b>12 791</b>	<b>-6 312</b>
	1.	Účet výsledku hospodaření	963	92	0	-6 312
	2.	Výsledek hospodaření ve schvalovacím řízení	931	93	12 791	0
	3.	Nerozdělený zisk, neuhrazená ztráta minulých let	932	94	0	0
<b>B.</b>		<b>Cizí zdroje celkem</b>		<b>95</b>	<b>267 705</b>	<b>3 048</b>
<b>I.</b>		<b>Rezervy celkem</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1.	Rezervy	941	97	0	0
<b>II.</b>		<b>Dlouhodobé závazky celkem</b>	<b>38, 95</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1.	Dlouhodobé bankovní úvěry	951	99	0	0
	2.	Vydané dluhopisy	953	100	0	0
	3.	Závazky z pronájmu	954	101	0	0
	4.	Přijaté dlouhodobé zálohy	952	102	0	0
	5.	Dlouhodobé směnky k úhradě	x	103	0	0
	6.	Dohadné účty pasivní	387	104	0	0
	7.	Ostatní dlouhodobé závazky	958	105	0	0
<b>III.</b>		<b>Krátkodobé závazky celkem</b>	<b>28, 32-</b>	<b>106</b>	<b>210 806</b>	<b>1 259</b>
	1.	Dodavatelé	321	107	81 651	2 100
	2.	Směnky k úhradě	322	108	0	0
	3.	Přijaté zálohy	324	109	473	793
	4.	Ostatní závazky	325	110	0	0
	5.	Zaměstnanci	331	111	35 246	97
	6.	Ostatní závazky vůči zaměstnancům	333	112	82	56
	7.	Závazky k institucím sociálního zabezpečení a VZP	336	113	20 903	4
	8.	Daň z příjmů	341	114	273	-4 173
	9.	Ostatní přímé daně	342	115	7 486	0
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	116	63 317	149
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	117	514	38
	12.	Závazky ze vztahu k státnímu rozpočtu	347	118	80	2 343
	13.	Závazky ze vztahu k rozpočtu ÚSC	x	119	0	0
	14.	Závazky z upsaných nesplacených cenných papírů a podílů	367	120	0	0
	15.	Závazky k účastníkům sdružení	368	121	0	0
	16.	Závazky z pevných termínových operací a opcí	373	122	0	0
	17.	Jiné závazky	379	123	538	-448
	18.	Krátkodobé bankovní úvěry	281	124	0	0
	19.	Eskontní úvěry	282	125	0	0
	20.	Vydané krátkodobé dluhopisy	283	126	0	0
	21.	Vlastní dluhopisy	284	127	0	0
	22.	Dohadné účty pasivní	389	128	243	300
	23.	Ostatní krátkodobé finanční výpomoci	289	129	0	0
<b>IV.</b>		<b>Jiná pasiva celkem</b>	<b>38</b>	<b>130</b>	<b>56 899</b>	<b>1 789</b>
	1.	Výdaje příštích období	383	131	1 330	1 733
	2.	Výnosy příštích období	384	132	55 379	55
	3.	Kurzové rozdíly pasivní	387	133	190	1
<b>A+B</b>		<b>Pasiva celkem</b>		<b>134</b>	<b>5 687 165</b>	<b>7 014 643</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky

Rozvahový den: 31.12.2015

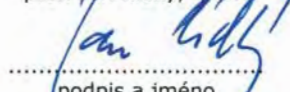
Ing. Eva Ševčíková

  
.....  
podpis a jméno  
sestavil

Datum sestavení: 12. 4. 2016

Odesláno dne:

prof. Jan Řídký, DrSc.

  
.....  
podpis a jméno  
odpovědné osoby

**Fyzikální ústav AV ČR**  
veřejná výzkumná instituce  
182 21 Praha 8, Na Slovance 2

- 2 -

otisk razítka

**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

## Výkaz zisku a ztráty

(v tis. Kč)

sestavený dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů

**k 31.12.2015**

Název účetní jednotky:

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
Sídlo: Na Slovance 1999/2  
IČ: 182 21 Praha 8

	Název ukazatele	SÚ	čís. řád.	Činnost		
				hlavní	další	jiná
				1	2	3
<b>A.</b>	<b>Náklady</b>		<b>1</b>	<b>1 149 003</b>	<b>0</b>	<b>3 408</b>
<b>I.</b>	<b>Spotřebované nákupy celkem</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>99 482</b>	<b>0</b>	<b>858</b>
	1. Spotřeba materiálu	501	3	75 145	0	858
	2. Spotřeba energie	502	4	17 939	0	0
	3. Spotřeba ostatních neskladovatelných dodávek	503	5	6 398	0	0
	4. Prodané zboží	504	6	0	0	0
<b>II.</b>	<b>Služby celkem</b>	<b>51</b>	<b>7</b>	<b>171 894</b>	<b>0</b>	<b>250</b>
	5. Opravy a udržování	511	8	9 474	0	5
	6. Cestovné	512	9	46 107	0	166
	7. Náklady na reprezentaci	513	10	1 785	0	0
	8. Ostatní služby	518, 5	11	114 528	0	79
<b>III.</b>	<b>Osobní náklady celkem</b>	<b>52</b>	<b>12</b>	<b>695 465</b>	<b>0</b>	<b>1 681</b>
	9. Mzdové náklady	521	13	504 210	0	1 243
	10. Zákonné sociální pojištění	524	14	168 266	0	414
	11. Ostatní sociální pojištění	525	15	0	0	0
	12. Zákonné sociální náklady	527	16	22 989	0	24
	13. Ostatní sociální náklady	528	17	0	0	0
<b>IV.</b>	<b>Daně a poplatky celkem</b>	<b>53</b>	<b>18</b>	<b>337</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	14. Daň silniční	531	19	42	0	0
	15. Daň z nemovitostí	532	20	11	0	0
	16. Ostatní daně a poplatky	538	21	284	0	0
<b>V.</b>	<b>Ostatní náklady celkem</b>	<b>54</b>	<b>22</b>	<b>25 771</b>	<b>0</b>	<b>619</b>
	17. Smluvní pokuty a úroky z prodlení	541	23	0	0	0
	18. Ostatní pokuty a penále	542	24	507	0	0
	19. Odpis nedobytné pohledávky	543	25	0	0	0
	20. Úroky	544	26	4	0	0
	21. Kurzové ztráty	545	27	8 510	0	60
	22. Dary	546	28	0	0	0
	23. Manka a škody	548	29	0	0	0
	24. Jiné ostatní náklady	549	30	16 750	0	559
<b>VI.</b>	<b>Odpisy, prodaný majetek, tvorba rezerv a opr.položek celkem</b>	<b>55</b>	<b>31</b>	<b>156 054</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	25. Odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku	551	32	156 054	0	0
	26. Zůstatková cena prodaného DNM a DHM	552	33	0	0	0
	27. Prodané cenné papíry a podíly	553	34	0	0	0
	28. Prodaný materiál	554	35	0	0	0
	29. Tvorba rezerv	556	36	0	0	0
	30. Tvorba opravných položek	559	37	0	0	0
<b>VII.</b>	<b>Poskytnuté příspěvky celkem</b>	<b>58</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	31. Poskytnuté příspěvky zúčtované mezi organizačními složkami	x	39	0	0	0
	32. Poskytnuté členské příspěvky	581	40	0	0	0
<b>VIII.</b>	<b>Daň z příjmů celkem</b>	<b>59</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	33. Dodatečné odvody daně z příjmů	595	42	0	0	0

	Název ukazatele	SÚ	čís. řád.	Činnost		
				hlavní	další	jiná
				1	2	3
<b>B.</b>	<b>Výnosy</b>		<b>1</b>	<b>1 141 885</b>	<b>0</b>	<b>3 760</b>
<b>I.</b>	<b>Tržby za vlastní výkony a za zboží celkem</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>3 774</b>	<b>0</b>	<b>3 754</b>
	1. Tržby za vlastní výroby	601	3	265	0	60
	2. Tržby z prodeje služeb	602	4	3 509	0	3 694
	3. Tržby za prodané zboží	604	5	0	0	0
<b>II.</b>	<b>Změny stavu vnitroorganizačních zásob celkem</b>	<b>61</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	4. Změna stavu zásob nedokončené výroby	611	7	0	0	0
	5. Změna stavu zásob polotovarů	612	8	0	0	0
	6. Změna stavu zásob výrobků	613	9	0	0	0
	7. Změna stavu zvířat	614	10	0	0	0
<b>III.</b>	<b>Aktivace celkem</b>	<b>62</b>	<b>11</b>	<b>409</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	8. Aktivace materiálu a zboží	621	12	0	0	0
	9. Aktivace vnitroorganizačních služeb	622	13	409	0	0
	10. Aktivace dlouhodobého nehmotného majetku	623	14	0	0	0
	11. Aktivace dlouhodobého hmotného majetku	624	15	0	0	0
<b>IV.</b>	<b>Ostatní výnosy celkem</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>216 996</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
	12. Smluvní pokuty a úroky z prodlení	641	17	6 451	0	0
	13. Ostatní pokuty a penále	642	18	0	0	0
	14. Platby za odepsané pohledávky	643	19	0	0	0
	15. Úroky	644	20	1 314	0	0
	16. Kurzové zisky	645	21	2 159	0	6
	17. Zúčtování fondů	648	22	45 429	0	0
	18. Jiné ostatní výnosy	649	23	161 643	0	0
<b>V.</b>	<b>Tržby z prodeje majetku, zúčt. rezerv a oprav. položek celkem</b>	<b>65</b>	<b>24</b>	<b>162</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	19. Tržby z prodeje DNM a DHM	651	25	162	0	0
	20. Tržby z prodeje cenných papírů a podílů	653	26	0	0	0
	21. Tržby z prodeje materiálu	654	27	0	0	0
	22. Výnosy z krátkodobého finančního majetku	655	28	0	0	0
	23. Zúčtování rezerv	656	29	0	0	0
	24. Výnosy z dlouhodobého finančního majetku	657	30	0	0	0
	25. Zúčtování opravných položek	659	31	0	0	0
<b>VI.</b>	<b>Přijaté příspěvky celkem</b>	<b>68</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	26. Přijaté příspěvky zúčtované mezi organizačními složkami	x	33	0	0	0
	27. Přijaté příspěvky (dary)	681	34	0	0	0
	28. Přijaté členské příspěvky	682	35	0	0	0
<b>VII.</b>	<b>Provozní dotace celkem</b>	<b>69</b>	<b>36</b>	<b>920 544</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	29. Provozní dotace	691	37	920 544	0	0
<b>C.</b>	<b>Výsledek hospodaření před zdaněním</b>		<b>38</b>	<b>-7 118</b>	<b>0</b>	<b>352</b>
	34. Daň z příjmů	591	39	-454	0	0
<b>D.</b>	<b>Výsledek hospodaření po zdanění</b>		<b>40</b>	<b>-6 664</b>	<b>0</b>	<b>352</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky

Rozvahový den: 31.12.2015

Ing. Eva Ševčíková



podpis a jméno  
sestavil

Datum sestavení: 12. 4. 2016

Odesláno dne:

prof. Jan Řídský, DrSc.



podpis a jméno  
odpovědné osoby

Fyzikální ústav AV ČR

veřejná výzkumná instituce

182 21 Praha 8, Na Slovance 2

- 2 -

tisk razítka

## Příloha k účetní závěrce v plném rozsahu k 31. 12. 2015

### I.

#### Obecné údaje

1. **Název účetní jednotky:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
**DIČ:** CZ68378271  
**Sídlo:** Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8  
**Právní forma:** veřejná výzkumná instituce

#### Vznik a údaj o zápisu do rejstříku v. v. i.

- Pracoviště bylo zřízeno usnesením 26. zasedání prezidia Československé akademie věd ze dne 18. prosince 1953 s účinností od 1. ledna 1954 pod názvem Fyzikální ústav ČSAV. Ve smyslu § 18 odst. 2 zákona č. 283/1992 Sb. se stalo pracovištěm Akademie věd České republiky s účinností ke dni 31. prosince 1992.
- Na základě zákona č. 341/2005 Sb. se právní forma Fyzikálního ústavu AV ČR dnem 1. ledna 2007 změnila ze státní příspěvkové organizace na veřejnou výzkumnou instituci.
- Zápis Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. do rejstříku veřejných výzkumných institucí byl proveden k 1. 1. 2007.

**Rozhodující předmět činnosti:** Vědecký výzkum v oblasti fyziky, zejména fyziky elementárních částic, kondenzovaných systémů, plazmatu a optiky.

**Zřizovatel:** Akademie věd České republiky  
 se sídlem Národní 1009/3, 117 20 Praha 1

**Datum vzniku:** 1. 1. 2007

**Rozvahový den:** 31. 12. 2015

#### 2. Organizační struktura instituce a její zásadní změny během účetního období:

Organizačními útvary FZÚ jsou:

- a) centrální úsek,
- b) technicko-hospodářská správa (THS),
- c) vědecké sekce (6),
- d) výzkumná, podpůrná a administrativní oddělení,
- e) laboratoře a samostatné technické úseky.

Centrální úsek tvoří:

- a) interní auditor,
- b) BOZP a PO,
- c) sekretariát ředitele,
- d) vědecká knihovna Na Slovance,
- e) oddělení síťování a výpočetní techniky.

THS tvoří:

- a) oddělení personální a mzdové,
- b) oddělení finanční účtárny,
- c) oddělení provozní účtárny a rozpočtu,
- d) oddělení zásobování a dopravy,
- e) oddělení technicko-provozní.

Vědecká činnost FZÚ se provádí ve vědeckých sekcích:

### 1. Sekce fyziky elementárních částic

Výzkumná oddělení:

- astročásticové fyziky,
- experimentální fyziky částic,
- teorie a fenomenologie částic,
- vývoje detektorů a zpracování dat.

### 2. Sekce fyziky kondenzovaných látek

Výzkumná oddělení:

- magnetických nanosystémů,
- dielektrik,
- progresivních strukturních materiálů,
- funkčních materiálů,
- teorie kondenzovaných látek,
- chemie.

### 3. Sekce fyziky pevných látek

Výzkumná oddělení:

- polovodičů,
- spintroniky a nanoelektroniky,
- strukturní analýzy,
- magnetik a supravodičů,
- tenkých vrstev a nanostruktur,
- optických materiálů.

Podpůrná oddělení:

- vědecké knihovny v Cukrovarnické,
- mechanických dílen v Cukrovarnické.

Administrativní oddělení:

- technicko-hospodářských služeb v Cukrovarnické.

### 4. Sekce optiky

Výzkumná oddělení:

- analýzy funkčních materiálů,
- optických a biofyzikálních systémů,
- nízkoteplotního plazmatu,
- společná laboratoř optiky (SLO).

Podpůrné oddělení:

- optických a mechanických dílen Na Slovance.

### 5. Sekce výkonových systémů

Výzkumná oddělení:

- radiační a chemické fyziky,
- diodově čerpaných laserů.

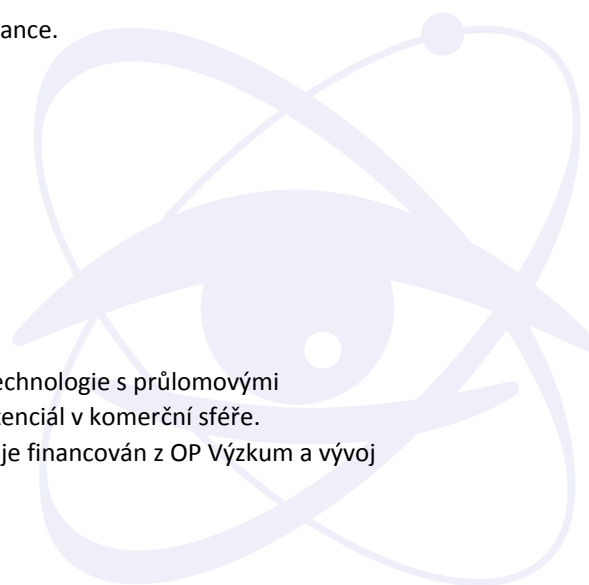
Podpůrná oddělení:

- technické podpory.

·Součástí sekce 5, oddělení 53 je projekt HILASE.

·Hlavním cílem projektu HILASE je vyvinout laserové technologie s průlomovými technickými parametry. Projekt má velký aplikační potenciál v komerční sféře.

·Celkový původní rozpočet projektu je 799 955 tis. Kč, je financován z OP Výzkum a vývoj



pro inovace. Realizace projektu byla ukončena 31. 12. 2015. Celkový rozpočet na investice byl vyčerpán z 99,63 %; celkový rozpočet na neinvestice byl vyčerpán z 99,95 %. Centrum HiLASE získalo dotaci z Národního programu udržitelnosti na spolufinancování provozu centra v letech 2016 – 2020.

### 9. Sekce realizace projektu ELI Beamlines

Výzkumná oddělení:

- systémového inženýrství,
- laserových systémů,
- experimentálních programů Beamlines.

Podpůrná oddělení:

- konstrukční a projekční podpory,
- financování a monitoringu,
- akvizic a logistiky,
- řízení projektu,
- transferu technologií.

· Samostatná sekce ELI (číslo 9) byla vyčleněna ze sekce 5 v roce 2012.

V roce 2015 byla ukončena fáze 1 realizace projektu ELI – extreme light infrastructure.

V červnu roku 2015 byla dokončena administrativní budova a v červenci byly přestěhováni zaměstnanci Sekce 9 do nových prostor v Dolních Břežanech. Celý rok probíhala intenzivní jednání s MŠMT a EK ohledně fázování projektu a navýšení rozpočtu v CZK o kompenzace kurzových rozdílů. V prosinci 2015 bylo fázování schváleno EK a MŠMT vydalo rozhodnutí o změně rozhodnutí, které stanovuje druhou fázi realizace na období od 1. 10. 2015 do 31. 12. 2017 s celkovým rozpočtem projektu ve výši 7 466 315 514,80 Kč, z toho rozpočet druhé fáze činí 1 859 487 765,99 Kč. V rámci realizace první fáze byly splněny všechny milníky projektu, především byla v prosinci zkolaudována laserová budova. Ve fázi 2 bude probíhat další vývoj technologií a jejich instalace v laserových a experimentálních prostorách tak, aby bylo možné od roku 2018 zahájit provoz centra.

### 3. Jména a příjmení členů statutárních orgánů ke konci účetního období:

jméno a příjmení	funkce
prof. Jan Řídký, DrSc.	ředitel

Rada FZÚ, v. v. i.	funkce
Petr Reimer, CSc.	předseda
Ing. Martin Nikl, CSc.	místopředseda
RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	interní člen
prom. fyz. Milada Glogarová, CSc.	interní člen
RNDr. Josef Krása, CSc.	interní člen
prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	interní člen
RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	interní člen
prof. Jan Řídký, DrSc.	interní člen
RNDr. Petr Šittner, CSc.	interní člen
RNDr. Pavel Hedbávný, CSc.	externí člen
prof. Dr. Martin Hof, DSc.	externí člen
prof. RNDr. Jiří Hořejší, DrSc.	externí člen
prof. RNDr. Josef Humlíček, CSc.	externí člen
Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	externí člen
RNDr. Jiří Rameš, CSc.	tajemník

Dozorčí rada FZÚ, v. v. i.	funkce
RNDr. Jan Šafanda, CSc.	předseda
Ing. Ivan Gregora, CSc.	místopředseda
prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.	člen
prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc.	člen
prof. Ing. Miloslav Havlíček, DrSc.	člen
RNDr. Petr Lukáš, CSc.	člen
Ing. Miroslav Hořejší (FZÚ)	tajemník

## II.

### Informace o použitých účetních metodách, obecných účetních zásadách a způsobech oceňování

#### 1. Obecné účetní zásady

Účetním obdobím je kalendářní rok.

V účetním období 1. 1. 2015 - 31. 12. 2015 je vedeno podvojně účetnictví v plném rozsahu za použití informačního systému iFIS firmy BBM.

Vedeny jsou agendy	
Účetnictví	
Finance	pokladna, banka, závazky, pohledávky, DPH
Majetek	
Zásoby	

FZÚ je měsíčním plátcem DPH.

Činnosti: hlavní a jiná

Od 1. 1. 2015 FZÚ vykazuje jinou činnost. Předmětem je výroba, obchod a služby v oborech vědecké činnosti pracoviště, a to testování, měření, analýzy a kontroly; poradenská a konzultační činnost, zpracování odborných studií a posudků; pořádání kurzů a školení, včetně lektorské činnosti; tvorba a poskytování software; příprava a vypracování technických návrhů; vývoj materiálů, struktur, strojů, přístrojů, zařízení a postupů; opravy speciálních strojů, přístrojů a zařízení; obrábění, tváření, povrchové úpravy, tepelné zpracování, spojování a další zpracování materiálů. Dále výroba elektřiny. Rozsah činnosti nesmí přesáhnout 10 % pracovní kapacity FZÚ.

U všech dokladů je přiložen doklad o účtování a podpis odpovědných osob.

Všechny doklady jsou řádně archivovány.

#### 2. Způsoby oceňování

Druhy aktiv	ocenění:
Materiál, zásoby	pořizovací cena
Nedokončená výroba	vlastní náklady
Výrobky	vlastní náklady
DHM nakoupený	pořizovací cena
DHM vytvořený vlastní činností	vlastní náklady
DNM nakoupený	pořizovací cena
Bezplatně získaný DHM	reprodukční pořizovací cena
Cenné papíry a majetkové účasti	FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje
Pohledávky	jmenovitá hodnota
Finanční majetek (pokladna, banka)	jmenovitá hodnota

3. **Druhy nákladů souvisejících s pořízením zásob:**  
doprava, clo, DPH, pojistné, provize apod.
4. **Způsob stanovení opravných položek k majetku:**  
FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.
5. **Způsob sestavení odpisových plánů pro DM a použité odpisové metody při stanovení odpisů:**  
Odpisy jsou prováděny měsíčně ve výši 1/12 roční odpisové sazby u hmotného i nehmotného majetku.  
Majetek FZÚ je zaříděn do odpisových skupin podle přílohy č. 1 Zákona č. 586/1992 Sb. a je odepisován rovnoměrně. Použité odpisové sazby jsou stanoveny Odpisovým plánem.
6. **Způsob uplatněný při přepočtu údajů v cizích měnách na českou měnu:**  
FZÚ používá pro ocenění majetku a závazků v zahraniční měně denní kurs ČNB.  
V průběhu roku se účtuje pouze o realizovaných kurzových ziscích a ztrátách.  
Aktiva a pasiva v zahraniční měně jsou k rozvahovému dni přepočítávány podle oficiálního kurzu ČNB k 31. 12. daného roku. Kurzové rozdíly zjištěné ke konci rozvahového dne se účtují na kurzové zisky a ztráty ve výkazu zisku a ztrát v případě účtových skupin 21, 22 a 26.  
V případě pohledávek a závazků, úvěrů a finančních výpomocí se účtují na kurzové rozdíly aktivní a pasivní.
7. **Podstatné změny způsobů oceňování oproti předchozímu účetnímu období**  
Od roku 2012 je zavedena metodika Full Cost jako nezbytná podmínka realizace projektů ELI a HiLASE. Pro použití v roce 2015 byly dle platné metodiky využity vstupní údaje roku 2014.
8. **Podstatné změny způsobů oceňování oproti požadavkům § 24-27 Zákona o účetnictví**  
Způsoby oceňování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.
9. **Podstatné změny způsobů odpisování oproti požadavkům § 28 Zákona o účetnictví**  
Způsoby odpisování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.
10. **Podstatné změny postupů účtování oproti požadavkům § 4 Zákona o účetnictví**  
Postupy účtování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.

### III.

#### Doplňující informace k rozvaze a výkazu zisku a ztráty

Údaje jsou v tisících Kč

#### 1. Samostatné movité věci a soubory movitých věcí

Skupina majetku	2015		2014	
	Vstupní cena	Oprávký	Vstupní cena	Oprávký
<b>Celkem, v tom</b>	<b>2 215 998</b>	<b>895 365</b>	<b>1 559 298</b>	<b>771 666</b>
Dopravní prostředky	6 394	3 003	5 121	2 520
Inventář	6 381	1 732	6 243	1 359
Předměty z drahých kovů	13 956	12 275	13 388	12 157
Stroje, přístroje a zařízení	2 104 859	835 988	1 474 820	726 970
Výpočetní technika	84 408	42 367	59 726	28 660

**2. Dlouhodobý nehmotný majetek**

Skupina majetku	2015		2014	
	Vstupní cena	Oprávky	Vstupní cena	Oprávky
<b>Celkem, v tom:</b>	<b>46 076</b>	<b>29 708</b>	<b>29 612</b>	<b>20 545</b>
Ocenitelná práva	2 439	1 861	2 439	1 651
Software	43 637	27 848	27 173	18 895

**3. Přehled přírůstků a úbytků dlouhodobého majetku dle skupin**

Skupina majetku	2015			
	Stav k 1.1.	Pořízeno	Vyřazeno	Zůstatek k 31.12.
Software	27 173	16 491	27	43 637
Ocenitelná práva	2 439	0	0	2 439
Drobný dlouhodobý nehm. majetek	5 268	0	278	4 990
Nedok. dlouhodobý nehmotný maj.	6 957	8 095	4 537	10 515
Pozemky	276 405	103	0	276 508
Stavby	434 744	2 218 331	625	2 652 450
Dopravní prostředky	5 121	1 273	0	6 394
Inventář	6 243	138	0	6 381
Předměty z drahých kovů	13 388	568	0	13 956
Stroje, přístroje a zařízení	1 474 820	644 210	14 171	2 104 859
Výpočetní technika	59 726	24 767	85	84 408
Drobný dlouhodobý hm. majetek	75 473	0	3 526	71 947
Nedok. dlouhodobý hmotný maj.	3 033 318	2 539 007	2 901 345	2 670 980
Poskytnuté zálohy na dlouh. hm. maj.	24 338	24 767	40 379	8 726

**4. Souhrnná výše majetku neuvedeného v rozvaze**

Skupina majetku	Analytický účet	Zůstatek k 31.12.
Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	9712	18 994
Drobný dlouhodobý hmotný majetek	9711	208 888

**5. Pohledávky**

**Pohledávky po lhůtě splatnosti**

do 30 dnů	327
31 - 90 dnů	6
91 - 180 dnů	6
nad 180 dnů	402
celkem	741

**Pohledávky kryté podle zástavního práva**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**Opravné položky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.



## 6. Jmění

Jmění celkem	7 017 907
z toho: vlastní jmění	6 899 376
: fondy	118 531
Oceňovací rozdíl fin.derivátů	0

## 7. Rozdělení zisku za minulé účetní období

Příděl do rezervního fondu	10 000
Příděl do fondu reprodukce majetku	2 791

## 8. Závazky

### Dlouhodobé závazky

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

### Krátkodobé závazky

K dodavatelům	2 100
Přijaté zálohy	793
K zaměstnancům	153
K institucím soc. zabezp. a veř. zdrav. pojišt.	4
Daň z příjmů ze závislé č. za zaměstnance	0
DPH	149
Daň z příjmů PO	-4 173
Ostatní daně	38
Závazky ze vztahu k SR	2 343
Jiné závazky	0
Dohadné položky	300

· FZÚ eviduje na účtech pouze splatné závazky pojistného na sociální zabezpečení a příspěvků na státní politiku zaměstnanosti a splatných závazků veřejného pojištění.

· FZÚ nemá žádné nedoplatky u místně příslušného FÚ.

### Závazky po lhůtě splatnosti

do 30 dnů	0
31 - 90 dnů	0
91 - 180 dnů	0
nad 180 dnů	0

### Závazky kryté podle zástavního práva

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 9. Krátkodobé a dlouhodobé bankovní úvěry

K 31. 12. 2015 byl poskytnut kontokorentní úvěr ve výši 9 661 tis. Kč

## 10. Finanční leasing

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 11. Nepeněžitě závazky a jiná plnění neuvedené v účetnictví

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 12. Výnosy z běžné činnosti

Výnosy celkem	Hlavní činnost	Jiná činnost
Tržby za výrobky a poskytnuté služby	3 774	3 754
Aktivace vnitroorganiz. složek	409	0
Ostatní výnosy (*)	171 729	6
Institucionální dotace na výzkum od zřizovatele - AV ČR celkem	335 341	0
Účelové dotace na výzkum od zřizovatele - AV ČR celkem	0	0
Účelové dotace na výzkum od poskytovatelů z ČR mimo zřizovatele	585 203	0
Dotace, granty a dary na výzkum ze zahraničí	26 728	0
Zúčtování ostatních fondů	18 701	0

(\*) Ostatní výnosy z toho: Zúčtování poměrné části odpisů DHM poř. z dotací 155 671

## 13. Osobní náklady 2015

Průměrný počet zaměstnanců:	950
- z toho řídících:	10
Výše osobních nákladů na zaměstnance: v tis. Kč	697 146
z toho: na řídící pracovníky:	17 231
z toho: hrubé mzdy pracovníků (bez OON)	476 484
: OON	11 554
: sociální a zdrav. pojištění	168 680
: příděl do sociálního fondu	9 857
: příspěvky ze sociálního fondu	13 157
Odměny Radě ústavu	135
Odměny Dozorčí radě	48

## 14. Významné položky výkazu zisku a ztrát

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 15. Propojené a spřízněné osoby

FZÚ vykazuje pouze půjčky zaměstnancům ve výši 306 tis. Kč.

## 16. Půjčky, záruky a ostatní plnění poskytnutá členům orgánů FZÚ včetně bývalých členů

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 17. Pohledávky vůči propojeným osobám

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 18. Závazky vůči propojeným osobám

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 19. Významné položky, které jsou ve výkazech kompenzovány s jinými položkami

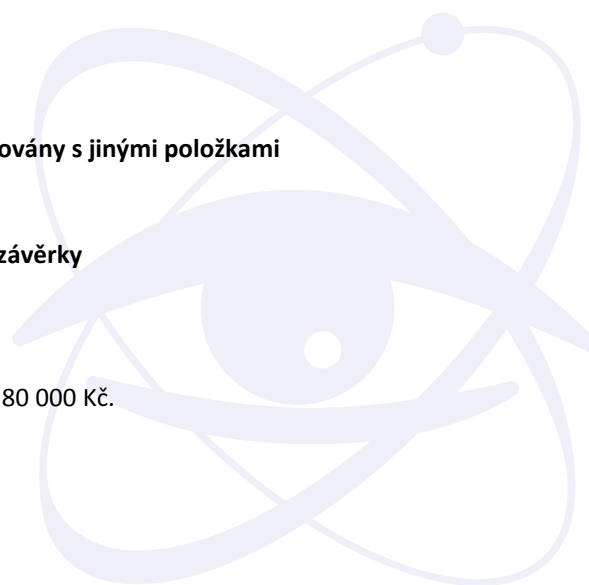
FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 20. Události mezi rozvahovým dnem a datem sestavení závěrky

Po rozvahovém dni nedošlo k podstatným událostem.

## 21. Přijaté dary

FZÚ k datu účetní závěrky přijal finanční dary ve výši 180 000 Kč.



## 22. Poskytnuté dary

FZÚ k datu účetní závěrky neposkytl žádné dary jiným subjektům.

## 23. Dotace

Přijaté prostředky na výzkum a vývoj a provozní dotace

Poskytovatel	částka v tis. Kč
GA ČR	106 549
GA ČR - spolupříjemci	28 673
projekty ostatních resortů	434 682
projekty ostatních resortů (spolupříjemci)	5 790
TA ČR	9 459
ostatní	50
program podpory mezin. spolupráce AV ČR	5 359
AV ČR - podpora činn. pracoviště AV a VO	294 706
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	35 276
Celkem	920 544

Přijaté prostředky na investice

Poskytovatel	částka v tis. Kč
GA ČR	624
projekty ostatních resortů	1 678 015
AV ČR - podpora činnosti VO	6 000
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	93 129
dotace na činnost mimorozpočtové	1 551


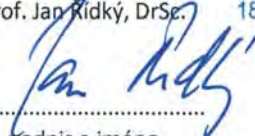
Dále: Přijaté prostředky z EU mimo strukturální fondy OP 42 725

Z příspěvku na zajištění činnosti poskytnuté AV ČR (zřizovatelem) bylo v souladu s rozpočtovým opatřením použito 10 000 tis. Kč na úhradu investičních výdajů projektů OP PK LABONIT. Celkové investiční výdaje uvedeného projektu v r. 2015 činily 31 947 tis. Kč. Do konce r. 2015 FZÚ obdržel od poskytovatele na tento projekt 8 797 tis. Kč. Doplatek do výše schválené dotace má FZÚ obdržet v r. 2016.

## 24. Daňová povinnost

Za rok 2015 činí daňová povinnost 0 tis. Kč.

Částka 454 tis. Kč vykázána ve výkazu zisku a ztráty je vyrovnání daně z příjmu za rok 2014.

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky	Datum sestavení: 12. 4. 2016
Ing. Eva Ševčíková	Odesláno dne: <b>Fyzikální ústav AV ČR</b> veřejná výzkumná instituce 182 21 Praha 8, Na Slovance 2 - 2 -
	prof. Jan Řídký, DrSc. 
..... podpis a jméno sestavil	..... podpis a jméno odpovědné osoby
	otisk razítka

## ■ Předpokládaný vývoj pracoviště\*

Výzkumná činnost pracoviště bude probíhat v souladu s projekty, na nichž se pracoviště podílí. Důraz bude kladen na další prohloubení mezinárodní spolupráce, do níž je zapojena většina pracovních skupin. Z hlediska dlouhodobější perspektivy je důležité dále rozšiřovat experimentální infrastrukturu a dále rozvíjet spolupráci s vysokými školami. Důraz bude kladen na řádné začlenění administrativních činností spojených s projekty financovanými z evropských fondů tak, aby nedošlo k narušení probíhajících badatelských aktivit.

## ■ Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů\*

V roce 2015 došlo ke změně v zadávání nepřítomností zaměstnanců na pracovišti. Dovolené a ostatní nepřítomnosti se nyní zadávají a schvalují elektronicky. Tím byla zjednodušena evidence nepřítomností a odstraněno ruční zadávání schválených dokladů o nepřítomnosti do systému.

Referentky personálního oddělení se v průběhu roku 2015 zúčastnily několika seminářů programu Horizont 2020, kde získaly informace týkající se financování a administrativy FZÚ AV ČR, v. v. i.

V souvislosti s ukončením projektu HiLASE a 1. fáze projektu ELI byly zajištěny veškeré související činnosti jako dočerpání dovolené zaměstnanců, včasné zaúčtování mezd a řádné dočerpání mzdových prostředků.

Pro cizince, kteří jsou zaměstnaní ve FZÚ AV ČR, v. v. i., byl vytvořen osobní dotazník v anglickém jazyce, který usnadňuje a zjednodušuje proces zaměstnávání cizinců a občanů EU v rámci povinností zaměstnavatele vůči úřadu práce a dalším institucím.

## ■ Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí\*

Trvalý dohled nad veškerými zdroji ionizujícího záření zajišťuje SÚJB Regionální centrum Praha.

Zkoušky dlouhodobé stability RTG přístrojů provádí Ing. Jiří Kolařík, Hodonín.

Zkoušky dlouhodobé stability uzavřených radionuklidových zářičů provádí firma ISOTREND spol. s r.o., Praha.

Nebezpečný odpad vzniklý ve FZÚ likviduje průběžně každý měsíc z nádob pro tento odpad určených a 2x ročně provádí svoz a likvidaci velkoobjemových obalů od nebezpečných látek odborná firma ECO VITA s.r.o., Zlatá Olešnice. Tato firma též zpracovává doklady a hlášení pro Ministerstvo životního prostředí ČR.

Nepotřebné tlakové nádoby určené k přepravě plynů – tlakové lahve likviduje firma Chemická bezpečnost s.r.o., Ostrava.

FZÚ zajišťuje sběr plastů do nádob k tomu určených. Odvoz a likvidaci zajišťuje společnost FCC Česká republika, s.r.o., Praha.

## ■ Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2015\*\*

- |                                                    |   |
|----------------------------------------------------|---|
| 1. Počet podaných žádostí o informace              | 2 |
| 2. Počet vydaných rozhodnutí o odmítnutí informace | 1 |

\* Údaje požadované dle §21 zákona 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů.

\*\* Údaje požadované dle § 18 odst. 1 zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, a ve znění pozdějších předpisů.

3. Počet podaných odvolání proti rozhodnutí	0
4. Opis podstatných částí každého rozsudku soudu ve věci odmítnutí žádosti	Nebyl vydán žádný rozsudek soudu.
5. Výsledky řízení o sankcích za nedodržování zákona bez uvádění osobních údajů	Nebylo vedeno žádné sankční řízení.
6. Výčet poskytnutých výhradních licencí včetně odůvodnění nezbytností poskytnutí výhradní licence	Nebyla podána žádná žádost o informaci, která by byla předmětem ochrany autorského práva a vyžadovala by poskytnutí licence.
7. Počet stížností podaných podle § 16a, důvody jejich podání a stručný popis způsobu jejich vyřízení	Nebyla podána žádná stížnost.
8. Další informace vztahující se k uplatňování zákona	0



## Zpráva nezávislého auditora pro vedení organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Název společnosti: Fyzikální ústav AVČR, v.v.i.  
Sídlo společnosti: Na Slovance 1999/2, Praha 8, 182 21  
Identifikační číslo: 68378271  
Právní forma: veřejná výzkumná instituce

Provedli jsme audit přiložené účetní závěrky organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. sestavené na základě českých účetních předpisů, která se skládá z rozvahy k 31. prosinci 2015, výkazu zisku a ztráty za rok končící 31. prosince 2015 a přílohy této účetní závěrky, která obsahuje popis použitých podstatných účetních metod a další vysvětlující informace. Údaje o organizaci Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. jsou uvedeny v příloze této účetní závěrky.

### Odpovědnost statutárního orgánu účetní jednotky za účetní závěrku

Statutární orgán organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. je odpovědný za sestavení účetní závěrky, která podává věrný a poctivý obraz v souladu s českými účetními předpisy, a za takový vnitřní kontrolní systém, který považuje za nezbytný pro sestavení účetní závěrky tak, aby neobsahovala významné (materiální) nesprávnosti způsobené podvodem nebo chybou.

### Odpovědnost auditora

Naší odpovědností je vyjádřit na základě našeho auditu výrok k této účetní závěrce. Audit jsme provedli v souladu se zákonem o auditorech, mezinárodními auditorskými standardy a souvisejícími aplikačními doložkami Komory auditorů České republiky. V souladu s těmito předpisy jsme povinni dodržovat etické požadavky a naplánovat a provést audit tak, abychom získali přiměřenou jistotu, že účetní závěrka neobsahuje významné (materiální) nesprávnosti.

Audit zahrnuje provedení auditorských postupů k získání důkazních informací o částkách a údajích zveřejněných v účetní závěrce. Výběr postupů závisí na úsudku auditora, zahrnujícím i vyhodnocení rizik významné (materiální) nesprávnosti údajů uvedených v účetní závěrce způsobené podvodem nebo chybou. Při vyhodnocování těchto rizik auditor posoudí vnitřní kontrolní systém relevantní pro sestavení účetní závěrky podávající věrný a poctivý obraz. Cílem tohoto posouzení je navrhnout vhodné auditorské postupy, nikoli vyjádřit se k účinnosti vnitřního kontrolního systému účetní jednotky. Audit též zahrnuje posouzení vhodnosti použitých účetních metod, přiměřenosti účetních odhadů provedených vedením i posouzení celkové prezentace účetní závěrky.

Jsme přesvědčeni, že důkazní informace, které jsme získali, poskytují dostatečný a vhodný základ pro vyjádření našeho výroku.

### Výrok auditora

**Podle našeho názoru účetní závěrka podává věrný a poctivý obraz aktiv a pasiv organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. k 31. prosinci 2015 a nákladů a výnosů a výsledku jejího hospodaření za rok končící 31. prosince 2015 v souladu s českými účetními předpisy.**

### Ostatní informace

Za ostatní informace se považují informace uvedené ve výroční zprávě mimo účetní závěrku a naši zprávu auditora. Za ostatní informace odpovídá statutární orgán organizace.


Náš výrok k účetní závěrce se k ostatním informacím nevztahuje, ani k nim nevydáváme žádný zvláštní výrok. Přesto je však součástí našich povinností souvisejících s ověřením účetní závěrky seznámení se s ostatními informacemi a zvažování, zda ostatní informace uvedené ve výroční zprávě nejsou ve významném (materiálním) nesouladu s účetní závěrkou či našimi znalostmi o účetní jednotce získanými během ověřování účetní závěrky, zda je výroční zpráva sestavena v souladu s právními předpisy nebo zda se jinak tyto informace nejeví jako významně (materiálně) nesprávné. Pokud na základě provedených prací zjistíme, že tomu tak není, jsme povinni zjištěné skutečnosti uvést v naší zprávě.


V rámci uvedených postupů jsme v obdržných ostatních informacích nic takového nezjistili.

V Praze, dne 16. května 2016

Auditorská společnost:

Auditor, pro auditorskou společnost  
vyhotovil zprávu auditora:

.....  
  
 VGD - AUDIT, s.r.o.  
 evidenční č. 271  
 Bělehradská 18, 140 00 Praha 4

.....  
  
 Ing. Monika Händelová  
 evidenční č. 1565

