

TITULNÍ LIST ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY 2011 PROJEKTU LC528  
Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

---

**LC528**  
**CENTRUM LASEROVÉHO PLAZMATU**

řešitel - koordinátor - **Ing. Karel Jungwirth, DrSc.**

.....  
(podpis)

za příjemce - koordinátor - **Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. (IČ: 68378271 )**

**ředitel**  
**doc. Jan Řídký, CSc.**

.....  
(podpis, razítko)

---

Verze zprávy: 1      Zpracováno dne: **7.2.2012**

---

## 2. SKUTEČNOST ZA UPLYNULÉ OBDOBÍ - 2011

---

### 2.1. PROJEKTOVÝ TÝM A ŘEŠITELSKÉ TÝMY

---

#### 2.1.1. PROJEKTOVÝ TÝM

---

IČ organizace	68378271
Obchodní jméno - název	<b>Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.</b>
zastoupený/á/é	zastoupený
Zkratka názvu	FZÚ AV ČR v.v.i.
Role organizace	příjemce - koordinátor
Vazba na organizaci	68378271
Druh organizace	Státní příspěvková organizace (zákon č. 219/2000 Sb.)

#### Adresa sídla, spojení na organizaci

- ulice, čp./č.or. Na Slovance 1999/ 2
- PSČ, obec 18221 Praha 8
- stát Česká republika
- telefon 2 6605 2121
- [http:// www.fzu.cz](http://www.fzu.cz)

#### Bankovní spojení

- DIČ CZ-68378271
- banka kód, název 0300 - Československá obchodní banka a.s.
- číslo účtu, sp.symbol 671996443,

#### Statutární zástupce

- titul před, jméno, příjmení, titul doc. Jan Řídký CSc.  
za
- 7. pád jména a příjmení doc. Janem Řídkým CSc.  
- funkce ředitel
- 7. pád funkce ředitelem
- telefon 2 6605 2121
- mobil
- fax 2 8689 0509
- email [fzu@fzu.cz](mailto:fzu@fzu.cz)

---

IČ organizace	61389021
Obchodní jméno - název	<b>Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.</b>
zastoupený/á/é	zastoupený
Zkratka názvu	ÚFP AV ČR, v.v.i
Role organizace	příjemce
Vazba na organizaci	61389021
Druh organizace	Veřejná výzkumná instituce (zákon č. 341/2005 Sb., o veřejných výzkumných institucích)

Adresa sídla, spojení na organizaci

- ulice, čp./č.or. Za Slovankou 1782/ 3
- PSČ, obec 18200 Praha 8
- stát Česká republika
- telefon 2 6605 2052
- [http:// www.ipp.cas.cz](http://www.ipp.cas.cz)

Bankovní spojení

- DIČ CZ-61389021
- banka kód, název 0300 - Československá obchodní banka a.s.
- číslo účtu, sp.symbol 101256398,

Statutární zástupce

- titul před, jméno, příjmení, titul Ing. Petr Křenek CSc.  
za
- 7. pád jména a příjmení Ing. Petrem Křenkem CSc.  
- funkce ředitel
- 7. pád funkce ředitelem
- telefon 2 6605 2052
- mobil
- fax 2 8658 6389
- email [krenek@ipp.cas.cz](mailto:krenek@ipp.cas.cz)

---

IČ organizace	68407700
Obchodní jméno - název	<b>České vysoké učení technické v Praze</b>
zastoupený/á/é	zastoupené
Zkratka názvu	ČVUT v Praze
Role organizace	příjemce
Vazba na organizaci	68407700
Druh organizace	Veřejná nebo státní vysoká škola (zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (o vysokých školách))

Adresa sídla, spojení na organizaci

- ulice, čp./č.or. Zikova 1903/ 4
- PSČ, obec 16636 Praha 6
- stát Česká republika
- telefon 22435 1111
- [http:// www.cvut.cz/](http://www.cvut.cz/)

Bankovní spojení

- DIČ CZ68407700
- banka kód, název 0100 - KB Praha 1
- číslo účtu, sp.symbol 195373100277,

Statutární zástupce

- titul před, jméno, příjmení, titul prof. Ing. Václav Havlíček CSc.  
za
  - 7. pád jména a příjmení prof. Ing. Václavem Havlíčkem CSc.  
- funkce rektor
  - 7. pád funkce rektorem
  - telefon 224352284
  - mobil
  - fax
  - email [havlicek@cvut.cz](mailto:havlicek@cvut.cz)
-

---

### 2.1.3. ZMĚNY V PROJEKTOVÉM A ŘEŠITELSKÝCH TÝMECH - rok 2011

---

Pč.	Typ	Popis
1	změny v projektovém týmu a řešitelských týmech	<p>Pracovníci FZÚ AV ČR Michaela Kozlová a Jiří Polan v roce 2011 přešli do pracovního týmu projektu ELI-Beamlines, vedeného bývalým klíčovým pracovníkem Centra Bedřichem Rusem</p> <p>Pracovní poměr ve FZÚ AV ČR ukončili Petr Kubelík, Luděk Vyšín a Jiří Zeman.</p> <p>Tým Centra naopak posílili doktorandi Ondřej Novák a Eva Nováková.</p> <p>Na mateřské dovolené zůstává Gabriela Kocourková.</p> <p>V ÚFP AV ČR ukončili práci v Centru Karel Kolářek a Jaroslav Štraus.</p> <p>Z FJFI ČVUT odešla posílit tým projektu ELI-Beamlines doktorandka Michaela Martínková.</p>

---

---

## 2.2. ČASOVÝ POSTUP PRACÍ

---

Komentář k metodice a časovému postupu prací a průběhu aktivit za uplynulé období

Práce Centra laserového plazmatu v roce 2011 probíhaly za součinnosti všech pracovišť a ve spolupráci s jejich zahraničními partnery a za vydatné účasti studentů a doktorandů v souladu se zpřesněným plánem výzkumných aktivit. Plánovaných celkem 16 výzkumných aktivit bylo rozčleněno podle čtyř předdefinovaných dílčích cílů – výzkumných směrů Centra – na 5 aktivit v oboru laserového plazmatu (LP), 2 v oboru plazmových rentgenových laserů (RL), 4 v oboru kapilárních výbojů a magnetických pinčů (KP) a 3 v oboru nových laserových systémů pro výzkum laserového plazmatu (LS). Náplní dalších 2 plánovaných aktivit byla odborná a logistická podpora společných mezinárodních experimentů a výchova mladé vědecké generace. Celkem se na aktivitách Centra v roce 2011 podílelo 63 domácích výzkumných a odborných pracovníků a dalších 37 badatelů z Francie, Itálie, Polska a Koreje. Všechny aktivity uskutečněné v roce 2011 jsou podrobně charakterizovány v kap. 2.2.1. a jejich tématicky řazené výsledky jsou uvedeny a okomentovány v kap. 2.4.1. této zprávy. Jsou doloženy citacemi nejvýznamnějších publikací z celkem 70 prací uveřejněných v impaktovaných vědeckých časopisech a 63 konferenčních ústních referátů a posterových příspěvků, uveřejněných pracovníky Centra v roce 2011.

Na většině z nich se jako v minulých letech podíleli doktorandi a studenti Centra. V příloze „Publikace pracovníků Centra v období 2005-2011“ je navíc uvedeno dalších 9 čistě studentských prací sepsaných pod odborným dohledem pracovníků Centra. Celkem se na aktivitách Centra v roce 2011 podílelo 25 doktorandů, z nichž 2 v tomto roce úspěšně obhájili své doktorské práce a další 2 je přichystali k obhajobám stanoveným na počátek roku 2012. Za celou dobu projektu bylo na problematice řešené v Centru obhájeno již 23 doktorských prací. Úplný přehled 30 bakalářských a 34 magisterských studentů a 48 doktorandů podílejících se na Centru s názvy a termíny obhajob jejich diplomových a disertačních prací je uveden kap. 3.2.8. této závěrečné zprávy. Řada bývalých i stávajících doktorandů Centra se v uplynulém roce stala členy realizačních týmů prestižních laserových projektů 1. a 2. prioritní osy programu VaVpl - ELI-Beamlines a HiLASE (M. Divoký, J. Dostál, M. Ferus, P. Homér, M. Kozlová, M. Krüs, M. Martínková, J. Nejd, O. Slezák, M. Toufarová, A. Velyhan).

Výzkumné práce ve společné laboratoři PALS se v roce 2011 řídily jako obvykle podrobným harmonogramem přidělování experimentálního laserového času vybraným a schváleným domácím a evropským projektům, sestavovaným se zřetelem k optimálnímu využití laseru a na základě požadavků domácích i zahraničních uživatelů.

V roce 2011 se v laboratoři PALS uskutečnilo vedle domácích experimentů celkem 5 mezinárodních uživatelských projektů v rámci společných výzkumných programů LASERLAB-EUROPE II, tzv. Keep-in-Touch aktivit EURATOM a prodloužené přípravné fáze evropského ESFRI projektu HiPER. V první polovině roku 2011 to byly experimenty zaměřené na vývoj laserových sekundárních zdrojů iontů (projekt „High energy proton/ion beams production by sub-ns, kJ-laser plasma interaction“, vedoucí Lorenzo Torrisi, Università di Messina, Itálie), ve druhé polovině roku pak na studium procesů využitelných pro tzv. rázové zapálení inerciální fúze: „The effect of preformed plasma on a laser-driven shock produced in a planar target at the conditions relevant to shock ignition“, vedoucí Jan Badziak, IPPLM, Varšava, a „Study of the effect of supra-thermal electrons on the shockwave generation efficiency in shock ignition relevant regime“, vedoucí Petra Koester, Istituto Nazionale di Ottica, Pisa. Poslední dvě kampaně realizované v listopadu a prosinci 2011 byly věnovány výzkumu laserem generovaných plazmových jetů: „Plasma jet creation and its interaction with plasmas and other jets“, vedoucí Tadeusz Pisarczyk, IPPLM, Varšava, a „New probing of radiative shocks: X ray laser imaging and multi-wavelength space resolved photometry“, vedoucí Chantal Stehle, Observatoire de Paris, LERMA, Meudon. U všech těchto projektů zajišťovali pracovníci Centra komplexní technickou a odbornou podporu, a to od návrhu a přípravy potřebného experimentálního hardwaru, až po realizaci experimentálních kampaní a vyhodnocení a interpretaci výsledků. K jejich úspěšnému dokončení významně přispělo i společné využití unikátních měřicích metod a aparatur vyvinutých na jednotlivých pracovištích Centra, např. přístrojů pro měření rentgenového a neutronového vyzařování horkého plazmatu z FEL ČVUT, nebo iontových analyzátorů a kolektorů a rentgenových spektroskopů z FZÚ AV ČR. Teoretici Centra z FJFI ČVUT a FZU AV ČR se svými zahraničními partnery poskytovali prováděným experimentům nezbytné teoretické zázemí a přispívali svými numerickými simulacemi k jejich interpretaci.

Většina experimentálního času laseru PALS byla i v roce 2011 vyhrazena domácím projektům. Skupina

pracovníků Centra vedená M. Kozlovou a J. Nejdlem (FZÚ) pokračovala ve výzkumu horké husté hmoty a ve vývoji metod pro diagnostiku hustého plazmatu pomocí rentgenových laserů. Iontová skupina vedená J. Krásou (FZÚ) se v dubnu 2011 zaměřila na přesnou charakterizaci a analýzu v laserovém plazmatu urychlených iontových proudů, poprvé též urychlených ve směru laserového paprsku interagujícího s tenkými fóliovými terči. O. Renner (FZÚ) studoval v červnu 2011 jevy doprovázející interpenetraci vstříčných iontových svazků a jejich interakci se sekundárními terčiky (stěnami). Získaná data slouží k verifikaci simulačních kódů popisujících evoluci laserového plazmatu a interakci energetických iontů s povrchy pevných látek (stěnami) v termojaderných zařízeních. S Civiš (UFCH AV ČR) se svými spolupracovníky prováděli v závěru roku přesná spektroskopická hmotová i radiační studia plazmochemických procesů provázených vznikem organických molekul v reagenčních směsích napodobujících složení dávných atmosfér planet.

Skupiny Centra provozující kapilární XUV laser na JFI ČVUT a zejména inovovaný vysokorepetiční kapilární argonový laser CAPEX v ÚFP AV ČR se v roce 2011 plně soustředily na využití svých zařízení pro pilotní aplikační experimenty v oblasti nanostrukturování povrchů látek intenzivním XUV zářením.

Na vysokorepetičním Ti:safírovém laseru v laboratoři PALS byly v průběhu roku 2011 uskutečněny první interakční experimenty s laserovým urychlováním iontů v plazmatu vytvářeném femtosekundovými laserovými pulzy a byla úspěšně odzkoušena nová zařízení pro zvýšení kvality XUV svazku rentgenového laseru na vlnové délce 30 nm, využívajícího ionizační optický pole. Dalším významným úspěchem bylo dokončení nového systému synchronizace fs laseru s laserem PALS. Dosažená přesnost synchronizace 100 ps již plně dostačuje pro experimenty s kombinací nanosekundových a femtosekundových laserových pulzů, jejichž první fáze je plánována na rok 2012.

Vedle domácích zařízení využívali pracovníci Centra i v roce 2011 další velké výzkumné aparatury v zahraničí např. laser s volnými elektrony FLASH v DESY Hamburk, unikátní plazmový fokus PF-1000 v Polsku a pinčové zařízení S-300 v Rusku. Podíleli se rovněž na vývoji rentgenových zesilovacích řetězců v rámci společné výzkumné aktivity SFINX konsorcia LASERLAB II a na přípravě nového konsorcia projektu LASERLAB III (2012-2015), jenž bude slavnostně zahájen 15. března 2012 v Bratislavě, Výzkumná infrastruktura PALS v něm bude i nadále patřit k významným „access“ poskytujícím laserovým laboratořím, budeme spolupracovat na vývoji intenzivních zdrojů záření, včetně záření rentgenového, v rámci společné výzkumné aktivity INREX a nově též na vývoji laserových urychlovačů nabitých částic v rámci aktivity CHARPAC.

Konečným schválením záměru vybudovat v České republice klíčový pilíř evropského ESFRI projektu ELI-ERIC, zařízení ELI Beamlines, a paralelně i nové vývojové centrum vysokorepetičních výkonových diodově čerpaných laserů HiLASE započala zcela nová fáze českého laserového výzkumu. Oba projekty jsou velmi významnými „spin-offs“ Centra laserového plazmatu. Jejich domácími iniciátory jsou bývalí klíčoví pracovníci Centra Bedřich Rus a Tomáš Mocek, do jejich nově vzniklých realizačních týmů přešla v průběhu roku 2011 i řada dalších pracovníků Centra. Tato skutečnost je pro dnes již ukončený projekt Centra tím nejlepším vysvědčením, ale zároveň staví celou českou výzkumnou komunitu v oblasti laserového plazmatu před zcela nové náročné úkoly, z nichž nejdůležitější je zajistit pro oba projekty i po ukončení činnosti Centra nezbytné domácí experimentální zázemí a výchovu potřebného množství mladých vědeckých pracovníků a techniků. Podmínky ke splnění prvního z úkolů vytvořilo vládní rozhodnutí o udělení účelové podpory projektu PALS jako jedné z velkých českých výzkumných infrastruktur. Ke splnění druhého úkolu však zbývá vykonat ještě mnoho práce, již bývalí pracovníci Centra hodlají věnovat veškeré své další úsilí.

---

## 2.2.0. PŘEHLED DÍLČÍCH CÍLŮ SCHVÁLENÉ- SKUTEČNOST 2011

	Číslo	Dílčí cíl podrobně	Datum plnění
	V001	<p><b>Dílčí cíl</b> V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně specifikované jako plánované aktivity s kódovým označením LP, kap. 2.2.1. Realizovat vybrané experimentální projekty v rámci výzkumu koordinovaného konsorciem LASERLAB-EUROPE.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Dosažené dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1, aktivity uskutečněné č. LP1101-LP1105 a v kap. 2.4.1., výsledek č. 1-7.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledky č. 1-7 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Žádné</p>	1.1.2011 31.12.2011
	V002	<p><b>Dílčí cíl</b> V oblasti vývoje a výzkumu rtg laserů realizovat projekty zaměřené na vědecké a technologické aplikace plazmových rentgenových laserů čerpaných ns i fs laserovými impulsy, podrobně charakterizované v kapitole 2.2.1. jako aktivity s kódovým označením RL.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. RL1101-RL1102 a v kap. 2.4.1., výsledek č. 8.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledek č. 8 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Žádné</p>	1.1.2011 31.12.2011
	V003	<p><b>Dílčí cíl</b> V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušky diagnostických systémů a numerických metod pro experimentální i teoretický výzkum pinčujícího plazmatu v souladu s aktivitami s kódovým označením KP, kap. 2.2.1.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. KP1101-KP1104 a v kap. 2.4.1., výsledky č. 9-11.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledky č. 9-11 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Žádné</p>	1.1.2011 31.12.2011
	V004	<p><b>Dílčí cíl</b> Vyvíjet nové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, testovat zařízení pro studium interakce laserového záření s hmotou v sub-ps oblasti. Realizovat vybrané projekty navazující na projekty HIPER-PP a ELI-PP. Viz aktivity LS, kap. 2.2.1.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. LS1101-LS1103 a v kap. 2.4.1., výsledek č. 12.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledek č. 12 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.</p>	1.1.2011 31.12.2011



	<b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b>	
--	---	--

	Žádné	
--	-------	--

---

## 2.2.1. AKTIVITY USKUTEČNĚNÉ v roce 2011

---

### Číslo aktivity

A11\_01

### Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

### Název (cíl)aktivity

Odborná a logistická podpora mezinárodních experimentů na laserovém systému PALS

### Zahájení aktivity

1.1.2011

### Ukončení aktivity

31.12.2011

### Popis aktivity

Tato aktivita se vztahuje k dílčím cílům V001, V002 a V003. Je součástí integrovaného evropského výzkumu koordinovaného jednak administrativním centrem projektu LASERLAB-EUROPE 2 (březen 2009 – květen 2012), jednak pracovní skupinou IFE WG (Inertial Fusion Energy Working Group), EURATOM. V rámci projektu LASERLAB-EUROPE 2 poskytovala laboratoř PALS v roce 2011 evropským účastníkům vybraných experimentálních projektů přístup (Access) ke svým laserovým zařízením a účastnila se společné výzkumné aktivity SFINX (Sources of Femtosecond Intense X-rays). Obdobně jako v minulých letech pracovníci Centra zajišťovali komplexní technickou a odbornou podporu pro společné mezinárodní experimenty, a to od návrhu a přípravy potřebného experimentálního hardwaru, až po realizaci experimentálních kampaní a vyhodnocení a interpretaci výsledků. Připravovali rovněž podrobné plány experimentů a zajišťovali průběh experimentálních kampaní i po logistické stránce (J. Ullschmied).

### Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity

V roce 2011 jsme v souladu plánem uživatelských experimentů připravili a realizovali celkem 4 mezinárodní experimentální kampaně v rámci projektu LASERLAB 2 a prodloužené přípravné fáze projektu HiPER. V první polovině roku 2011 to byly experimenty zaměřené na vývoj laserových sekundárních zdrojů iontů (projekt „High energy proton/ion beams production by sub-ns, kJ-laser plasma interaction“, vedoucí Lorenzo Torrisi, Università di Messina, Itálie), ve druhé polovině roku pak na studium procesů využitelných pro tzv. rázové zapálení inerciální fúze: „The effect of preformed plasma on a laser-driven shock produced in a planar target at the conditions relevant to shock ignition“, vedoucí Jan Badziak, IPPLM, Varšava, a „Study of the effect of supra-thermal electrons on the shockwave generation efficiency in shock ignition relevant regime“, vedoucí Petra Koester, Istituto Nazionale di Ottica, Pisa. Na těchto experimentech se aktivně podíleli pracovníci a studenti ze všech výzkumných složek Centra. Poslední dvě kampaně realizované v listopadu a prosinci 2011 byly věnovány výzkumu laserem generovaných plazmových jetů: „Plasma jet creation and its interaction with plasmas and other jets“, vedoucí Tadeusz Pisarczyk, IPPLM, Varšava, a „New probing of radiative shocks: X ray laser imaging and multi-wavelength space resolved photometry“, vedoucí Chantal Stehle, Observatoire de Paris, LERMA, Meudon. V posledně jmenovaném experimentu byl pro stínové zobrazení rázových vln v plazmovém jetu použit náš zinkový rentgenový laser s vlnovou délkou 21,2 nm.

### Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity

Publikace výsledků společných experimentů formou odborných článků a konferenčních příspěvků.

Zpráva o průběhu a výsledcích mezinárodních experimentů prováděných v laboratoři PALS, předkládaná koordináčnímu centru projektu LASERLAB 2 v Berlíně ([www.laserlab-europe.eu](http://www.laserlab-europe.eu)) a zpráva koordináčnímu výboru IFE-CC aktivit v oblasti inerciální fúze EURATOMu, na jejímž základě byl zpracován tzv. Watching Brief Report za období 2009-2011 – viz internetové stránky <http://www.luli.polytechnique.fr/pages/IFE-KIT/>

---

### Číslo aktivity

A11\_02

### Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

### Název (cíl)aktivity

Odborná příprava mladých výzkumných pracovníků

## **Zahájení aktivity**

1.1.2011

## **Ukončení aktivity**

31.12.2011

## **Popis aktivity**

Tato aktivita se vztahuje se ke všem dílčím cílům projektu. Do řešení projektu byli na všech pracovištích Centra i v roce 2011 zapojeni bakalářští a magisterští studenti a doktorandi. Výsledky výzkumu v Centru byly použity při jejich výuce. Pracovníci Centra vedli doktorandy jako školitelé a školitelé-specialisti a podíleli se na výuce v magisterském oboru Fyzika a technika termonukleární fúze na FJFI ČVUT a doktorského studia Fyzika plazmatu FEL ČVUT. Celkem se v roce 2011 na práci Centra různými formami podílelo nebo bylo pracovníky Centra školeny 7 bakalářských studentů, 19 magisterských studentů a 25 doktorandů (Luboš Bednárik, Tomáš Burian, Martin Divoký, Martin Ferus, Jiří Hitschfel, Pavel Homer, Jaroslav Huynh, Jakub Hübner, Jaromír Chalupský, Jiří Kortánek, Miroslav Krůs, Ekaterina Litseva, Michaela Martínková, Jaroslav Nejd, Michal Nevrkla, Ondřej Novák, Veronika Picková, Peter Pira, Karel Řezáč, Ondřej Slezák, Martin Smrž, Martina Toufarová a nově přijatí Michal Šmíd a Jan Velechovský). Z toho 4 doktorandi v roce 2011 obhájili nebo k obhajobě připravili své doktorské práce. Prostřednictvím P. Vrby (ÚFP) jako školitele-specialisty byli do práce Centra v roce 2011 zapojeni též student a doktorandi FBMI ČVUT Bc. Tomáš Parkman, Ing. Šárka Vondrová a Ing. M. Stefanovič.

## **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Dokončení konkrétních studentských a doktorských prací. V průběhu roku byla dokončena a na Katedře fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze obhájena disertační práce Ing. M. Divokého „Disperzní systémy pro velmi krátké optické pulsy“ (školitel V. Kubeček, školitel specialista P.Straka). M. Martínková podala doktorskou disertační práci, její obhajoba bude na začátku roku 2012. J. Hübner a M. Nevrkla složili státní doktorskou zkoušku a sepisují disertační práce. V rámci této aktivity byla též vypracována a obhájena diplomová práce „Interpretace rentgenových spekter emitovaných nehomogenním plazmatem“ Bc. M. Šmída z katedry Fyziky a techniky termojaderné fúze FJFI (vedoucí diplomové práce O. Renner). Výsledky získané v rámci aktivity se současně staly podkladem pro doktorandské studium M. Šmída (datum zahájení 1.10.2011, školitel O. Renner, školitel-specialista J. Limpouch).

Na FEL ČVUT v roce 2011 dokončil a obhájil svou doktorskou práci K. Řezáč, diplomovou práci J. Kořínek.

## **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Aktivní účast pracovníků Centra na výuce zavedeného studijního zaměření Fyzika a technika termojaderného slučování na FJFI ČVUT (Diagnostika plazmatu, Magnetické pinče) a Doktorského studia Fyzika plazmatu FEL ČVUT (Elektrické výboje a jejich aplikace, Magnetohydrodynamika) . Dokončené studentské ročníkové, bakalářské, diplomové a doktorské práce. Spoluúčast studentů na publikačních výstupech Centra. Podrobněji viz kap. 3.2.5 a 3.2.8 a příloha "Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011" této zprávy.

## **Číslo aktivity**

KP1101

## **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V003 - V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušk...

## **Název (cíl)aktivity**

Vliv změny opakovací frekvence a předpulsu na EUV emisi kapilárního výboje

## **Zahájení aktivity**

1.1.2011

## **Ukončení aktivity**

31.12.2011

## **Popis aktivity**

Ze dvou rázových generátorů GIN 400-0,06/5 byl sestaven stíněný Marxův generátor a použit pro autonomní repetiční napájení zařízení CAPEX. Byly porovnány amplitudy záření argonového kapilárního laseru v režimu jednotlivých impulsů a v repetičním režimu. S cílem snížit hlavní proud kapilárním výbojem a tím zvýšit životnost kapilární výbojové trubice byla provedena srovnávací měření v širokém rozsahu hlavního a předpulsního proudu a pro každou kombinaci nalezen optimální tlak argonu v kapiláře. Pro účinnou fokusaci záření argonového laseru

byla navržena nová multivrstvá zrcadla. Fokusované záření argonového laseru bylo použito pro demonstraci nanostrukturování povrchu PMMA (polymethymethakrylátu) a GaAs. (Karel Koláček)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

S novým generátorem bylo dosaženo stabilního výstupu argonového laseru v repetičním režimu. Snížením amplitudy hlavního proudu kapilárního výboje na 15 kA jsem docílili podstatného zvýšení životnosti kapiláry, ale i výrazného snížení emise částic z prostoru kapiláry. Tím jsou experimenty mnohem čistší a odpadá i nutnost použití separující rychlé závěrky. Experimentálně jsme prokázali, že fluence záření našeho kapilárního argonového laseru CAPEX je dostatečná k vyhloubení dvoudimenzionálního difrakčního obrazce na povrchu PMMA nebo GaAs i pouhým jediným výstřelem.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Získané výsledky jsou náplní 3 časopiseckých publikací a 5 konferenčních příspěvků. Podrobněji viz Výsledek č. 09, Kap 2.4.1. této zprávy

---

#### **Číslo aktivity**

KP1102

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V003 - V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušk...

#### **Název (cíl)aktivity**

Interakční experimenty s fokusovaným vysoce intenzivním EUV zářením argonové kapiláry

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

Byly provedeny experimenty s kapilárou plněnou argonem a dusíkem v režimu zesílené spontánní emise v EUV oblasti záření a ověřena koherence generovaného záření. EUV vyzařování argonové kapiláry bylo fokusováno a využito pro experimentální studium interakce EUV záření s látkou. Získané poznatky byly využity v oblasti EUV diagnostiky a EUV litografie. Zařízení nové generace s pinčujícím výbojem v laserovém režimu bylo dále zdokonalováno. (L. Pína)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Provedené testy zařízení v režimu zesílené spontánní emise v EUV oblasti záření. Získané nové poznatky o vyzařování pinčujícího kapilárního výboje pro potřeby diagnostiky, EUV litografie a využití EUV zdrojů v biologii a medicíně. Nové poznatky týkající se fokusace intenzivního EUV záření slouží pro vývoj a aplikaci plazmových zdrojů EUV záření na FJFI, ve společné laboratoři PALS a ve WAT Varšava.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Práce publikované ve vybraném vědeckém časopise a příspěvky prezentované na mezinárodních konferencích – podrobněji viz Výsledek č. 10, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

KP1103

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V003 - V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušk...

#### **Název (cíl)aktivity**

Počítačové modelování vyzařovacích spekter výbojů v cylindrických a kónických kapilárách

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

Byla provedena optimalizace rychlého kapilárního výboje v dusíku, jakožto zdroje nekoherentního monochromatického záření v tzv. "vodním okně". Byly nalezeny vhodné parametry zařízení s proudovou

amplitudou 13,5 kA s periodou pulzu rovnou 280 ns pro aluminovou kapilárou o poloměru 0,16 cm. Přitom byla detekována intenzivní spektrální čára o vlnové délce 2,88 nm, odpovídající kvantovému přechodu  $1s2p \rightarrow 1s2$  heliu -podobnému iontu dusíku. Byla zkoumána rovněž možnost vytvoření maximální inverze populace (zisku) Balmer alfa přechodu u vodíku-podobných iontů uhlíku a dusíku, a to dodatečnou kompresí rozpadajícího se pinče materiálem odablovaným ze stěny kapiláry. V závislosti na materiálu (alumina, bornitrid) a poloměru kapiláry, tlaku náplně (pro uhlík a dusík), velikosti a tvaru proudového impulsu byl stanoven vliv jednotlivých parametrů. Tato část aktivity byla řešena doktorandem J. Hübnerem. (P. Vrba)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

V souvislosti s konstrukcí a modelováním nekoherentního zdroje XUV záření bylo sestrojeno zařízení laserového plazmatu vytvářené v plynném terči emitující záření v oblasti vodního okna. Plazma je vytvářeno fokusací 800 mJ/7 ns Nd:YAG laserového pulzu na plynový (gas-puff) terčik. V obou případech bylo provedeno detailní porovnání naměřených a vypočtených hodnot záření.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Výsledky aktivity byly publikovány formou 2 časopiseckých článků a 6 konferenčních příspěvků. Podrobněji viz Výsledek č. 10, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

KP1104

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V003 - V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušk...

#### **Název (cíl)aktivity**

Pokročilá neutronová, rentgenová a interferometrická diagnostika horkého a hustého plazmatu

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

Ve třech měřících kampaních v Institute Plasma Physics and Laser Microfusion byla prováděna neutronová a interferometrická měření na aparatuře PF-1000 s deuteriovou náplní, a to jednak pro modifikovaný elektrodový systém s katodovým diskem, jednak při použití magnetických sond registrujících jak azimutální tak axiální komponentu magnetického pole. Pokračoval vývoj modifikované simulační metody pro vyhodnocování neutronových signálů a softwarového zpracování interferogramů. Pinčová aparatura na FEL byla využívána pro výuku studentů a pro měření v rámci dvou diplomových prací. Na pracovišti laseru PALS byla realizována rentgenová a neutronová diagnostika v rámci měřících kampaní Prof. Pisarczyka a Dr. Krásky. (P. Kubeš)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Byly vyhodnoceny naměřené signály z-pinčového plazmatu a zformulována interpretace jejich časových a prostorových souvislostí. Registrace rentgenového záření terčového plazmatu na laserovém systému PALS umožnila doplnit charakterizaci vlastností plazmových výtrysků – viz též Aktivita A11\_01. Neutronová, rentgenová a interferometrická diagnostika použitá na aparatuře plazmového fokusu PF-1000 s deuteriovou náplní umožnila mj. určit doby emise neutronů jednak v konečné fázi imploze, jednak při rozvoji nestabilit. Ukázalo se, že koreluje s formováním a rozpadem hustých struktur. Energetická spektra neutronů a deuterionů byla určována rekonstrukční Monte Carlo metodou, popsanou v disertační práci K. Řezáče. Na jejich základě byla v daném experimentu prokázána tvorba termonukleárních neutronů.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Výsledky aktivity byly publikovány formou 3 odborných článků, další 4 byly přijaty do tisku a 2 jsou v recenzním řízení. Výsledky byly prezentovány též v 19 příspěvcích na mezinárodních konferencích v zahraničí i v tuzemsku. Na jejich základě byla dokončena 1 magisterská a 1 doktorská studentská práce. Podrobněji viz Výsledek č. 11, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1101

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V001 - V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně spec...

**Název (cíl)aktivity**

Laserové generování plazmových jetů pro inerciální fúzi i laboratorní astrofyziku

**Zahájení aktivity**

1.8.2011

**Ukončení aktivity**

31.12.2011

**Popis aktivity**

Cílem výzkumu laserem generovaných plazmových jetů, prováděného v laboratoři PALS s využitím terawattového jódového laseru, je jednak simulovat v miniaturním měřítku některé astrofyzikální jevy, pozorované např. u tzv. protostelárních jetů typu Herbigových-Haroových objektů, jednak využít jedinečných vlastností generovaných plazmových jetů pro praktické aplikace. V roce 2011 jsme se zaměřili na využití vzájemné interakce plazmových jetů různého složení, rychlosti a tvaru pro jejich efektivní směřování, tvarování a kompresi a na urychlování plazmových shustků s využitím metody LICPA (Laser Induced Cavity Pressure Acceleration). Experimenty v laboratoři PALS probíhaly ve spolupráci s IPPLM Varšava, LNS Catania a všech pracovišť Centra. Byly při nich využity veškeré v Centru a ve spolupráci s IPPLM vyvinuté systémy pro iontovou, rentgenovou, neutronovou a optickou diagnostiku plazmatu. Na interpretaci experimentů se podíleli pracovníci Centra na FJFI (viz aktivita LP1102) a dále teoretičtí fyzici z CELIA Bordeaux a z FIAN Moskva. (J. Ullschmied)

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Výzkum laserem generovaných plazmových jetů prováděný v laboratoři PALS podstatnou měrou přispěl k objasnění vlivu několika vzájemně si konkurujících fyzikálních mechanismů na jejich tvar a dynamiku. Získané výsledky posloužily jako základ pro numerické simulace studovaných procesů a pro ozřejnění některých rysů analogických procesů pozorovaných v dalekém Vesmíru. Demonstrují mj. možnost vytvářet plazmové jety a urychlovat plazmové projektily šité na míru aplikacím v laboratorní astrofyzice, termojaderném, kosmickém a materiálovém výzkumu.

**Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

V roce 2011 byly získané výsledky uveřejněny ve 4 článcích v impaktovaných vědeckých časopisech 4 referátech na mezinárodních konferencích a další publikace jsou připraveny. Podrobněji viz Výsledek č. 01, Kap. 2.4.1. této zprávy.

**Číslo aktivity**

LP1102

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V001 - V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně spec...

**Název (cíl)aktivity**

Fluidní modelování dynamiky terčů ozářených nanosekundovými laserovými pulzy

**Zahájení aktivity**

1.1.2011

**Ukončení aktivity**

31.12.2011

**Popis aktivity**

Ve spolupráci s CELIA, Bordeaux Francie a LANL, Los Alamos, USA jsme dále rozvíjeli numerické metody řešení fluidních rovnic se zaměřením na modelování laserového plazmatu. Zaměřili jsem se na numerické metody pro multimateriálové proudění nemíchajících a míchajících se plazmat z různých materiálů, na vylepšení numerických metod pro konzervativní interpolaci (remapování) a vyhlazování sítě pro metodu ALE a vývoj Lagrangeovských metod. S pomocí multifluidního kódu MULTIF zahrnujícího míchání jsme simulovali interakci dvou proti sobě se pohybujících plazmat z dvou materiálů odpovídající experimentu interakce plazmatu se stěnou prováděném na laseru PALS. Vyvíjeli jsme vlastní multifluidní kód zahrnující míchání. Pokračovali jsme ve studiu vzniku jetů v terčích ozářených laserovým svazkem s minimem intenzity uvnitř svazku. S pomocí našeho hydrodynamického kódu PALE (Prague Arbitrary Lagrangian Eulerian code) jsme modelovali urychlování plazmového projektilu v

kanálu s kavitou a bez kavitou a jeho náraz do terčíku. Studovali jsme laserem buzenou ionizační vlnu v podkritických plynech a pěnách. Vybudovali jsme rozhraní mezi naším kódem PALE a kódem pro post-processing CRETIN modelujícím spektra. (R.Liska)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Byly vyvinuty nové numerické metody pro Lagrangeovské a ALE hydrodynamické modelování multimateriálového plazmatu. Výsledky hydrodynamických simulací byly využity k interpretaci experimentů na laseru PALS s plazmovými jety, s dvoufoliovými terčíky (pro výzkum interakce plazmatu se stěnou) a s urychlováním plazmového projektilu v kanále s kavitou a bez kavitou.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Bylo publikováno 8 článků v mezinárodních impaktovaných časopisech, 5 článků bylo zasláno k publikaci. Bylo publikováno 5 příspěvků ve sbornících na mezinárodních konferencích a 3 prezentované příspěvky byly zaslány k publikaci. Podrobněji viz Výsledek č. 03, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1103

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V001 - V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně spec...

#### **Název (cíl)aktivity**

Studium interakce intenzivních piko- a femtosekundových pulsů s terčí

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

V rámci pokračující spolupráci s CELIA, Bordeaux Francie bylo prováděno částicové modelování parametrických nestabilit v koróně terčů pro zapálení fúze rázovou vlnou (shock-ignition). Tyto výpočty modelují experimenty prováděné na laseru Omega v USA a na laseru PALS. Dále bude 2D PIC kódem modelováno plazma se započtením ionizace urychlování iontů v různých terčích, zvláště pak v clusterech. Ve spolupráci s APRI, GIST Gwanju, Korea, je pro podmínky společných experimentů simulováno urychlování protonů ve folích s mikrostrukturou tvořenou monovrstvou nanokuliček, první experimentální výsledky z GISTu ukazují na dobrý souhlas se simulacemi. Na femtosekundovém laseru na FJFI byly provedeny experimenty zaměřené na laserovou ablaci. (J. Limpouch)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Byly nalezeny podmínky dosažení účinné absorpce intenzivního krátkého pulzu pro shock ignition. Byla vypočtena teplota rychlých elektronů v různých podmínkách a byl identifikován režim, kdy rychlé elektrony přispějí k účinné generaci rázové vlny. Byly navrženy vhodné podmínky pro urychlování iontů v různých terčích, byly navrženy a připraveny vhodné terče pro experiment. Byly interpretovány experimenty na laseru Omega v USA, v laboratoři PALS a v GIST, Gwanju. Korea.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Byly publikovány 3 články v mezinárodních impaktovaných časopisech, 1 byl zaslán publikaci. Bylo publikováno 6 příspěvků ve sbornících mezinárodních konferencích a 2 prezentované příspěvky byly zaslány k publikaci. Podrobněji viz Výsledek č. 03, Kap. 2.4.1. této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1104

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V001 - V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně spec...

#### **Název (cíl)aktivity**

Interakce laserového plazmatu se stěnami

#### **Zahájení aktivity**

1.6.2011

## **Ukončení aktivity**

30.9.2011

### **Popis aktivity**

Směřované výtrysky laserového plazmatu generované při optimalizovaných podmínkách vzniku jetů byly využity ke studiu jevů doprovázejících interpenetraci vstřícných iontových svazků a jejich interakci se sekundárními terčíky (stěnami). Energetické toky vysoce ionizovaných atomů Al, Mg, Ag, Cu a Ta produkované při ozařování fóliových a masivních terčů intenzivními laserovými svazky byly zkoumány metodami optické interferometrie, časově rozlišeného rentgenového zobrazování, optické a rentgenové spektroskopie. Na experimentech se vedle domácích pracovníků podíleli zahraniční vědci z IPPLM Varšava a Université Sorbonne, Pierre et Marie Curie UPMC, experimentální data byla analyzována a teoreticky interpretována s využitím fluidních a kinetických simulačních kódů (spolupráce s FJFI ČVUT, UPMC Paříž a CEA Bruyère, Francie). V součinnosti s UPMC a LULI École Polytechnique, Palaiseau, byla současně testována i nová varianta přesného rentgenového spektrometru pro diagnostiku laserového plazmatu. (O. Renner)

### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Interakční experimenty byly realizovány s využitím plazmových jetů generovaných při kolmém a šikmém dopadu laserových svazků na terčíky. Soubory získaných diagnostických dat poskytly komplexní údaje o makroskopických charakteristikách interagujícího plazmatu (elektronové hustotě a teplotě, distribuci nábojových stavů, stupni kolimace a rychlostních profilech iontů) a o odezvě materiálů sekundárních terčů na dopad energetických iontů. Přesná experimentální data byla současně použita k verifikaci simulačních kódů popisujících evoluci laserového plazmatu a interakci energetických iontů s povrchy pevných látek.

### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Výsledky aktivity byly publikovány formou 2 časopiseckých článků, 1 zvaného referátu a 4 příspěvků na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz Výsledek č. 05, Kap. 2.4.1. této zprávy.

## **Číslo aktivity**

LP1105

### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V001 - V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně spec...

### **Název (cíl)aktivity**

Studium plazmochemických procesů probíhajících při vysokých hustotách energie

### **Zahájení aktivity**

1.3.2011

### **Ukončení aktivity**

31.10.2011

### **Popis aktivity**

Pracovníci Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR pod vedením Svatopluka Civiše a ve spolupráci se skupinou Libora Juhy (FZÚ) studovali v laboratoři PALS plazmochemické procesy probíhající v laserových jiskrách pod vlivem kombinovaném účinku laserového záření a vlastního UV vyzařování jiskrového plazmatu. Jednotlivými pulzy jódového laseru iniciovali jiskrové výboje v reagenčních směsích umístěných ve speciálních pro tento účel zhotovených ultračistých velkoobjemových kyvetách. Záření plazmatu analyzovali pomocí vysoce rozlišující infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR), produkty reakcí pak pomocí chromatografických technik a hmotové spektroskopie s proudem vybraných iontů (SIFT). Sledovali mj. tvorbu malých organických molekul ve směsích plynů simulujících silně redukční nebo slabě oxidační ranou zemskou atmosféru a vliv laserového plazmatu na tvorbu jednotlivých enantiomerů určité sloučeniny. Většina experimentů s laserovými jiskrami byla realizována v závěru roku 2011, další budou pokračovat i v lednu 2012. (L. Juha)

### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Na základě provedených přesných spektroskopických a analytických měření byly získány nové experimentální poznatky o vlivu elektrických a magnetických polí v laserovém plazmatu na zastoupení optických izomerů modelové sloučeniny v exponovaných reakčních směsích. Výsledky testů na modelových směsích plynů simulujících složení planetárních pra-atmosfér mohou přispět k řešení problému počátečního vzniku malých organických molekul působením jevů o vysokých hustotách energie.



## **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Ozářené vzorky jsou nyní předmětem důkladné laboratorní analýzy. Její výsledky budou zpracovány k publikaci v roce 2012 a budou zahrnuty též do připravované doktorské práce RNDr. Mgr. Martina Feruse.

---

### **Číslo aktivity**

LS1101

### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V004 - Vytvořit nové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, testovat zařízení ...

### **Název (cíl)aktivity**

Konstrukce parametrického předzesilovače ultrakrátkých laserových pulzů čerpaného s opakovací frekvencí 10 Hz

### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

### **Popis aktivity**

Bylo dokončeno zpracování rozsáhlého souboru údajů z finálních měření zesilování ultrakrátkého laserového pulzu metodou OPCA s využitím krystalových zesilovačů čerpaných jódovým laserem. Na tyto práce navázala stavba prvního stupně optického parametrického předzesilovače na nelineárním krystalu BBO s opakovací frekvencí 10 Hz, kde zesilovaným svazkem byl frekvenčně modulovaný ultrakrátký pulz Ti:safírového laseru. Byly proměřeny jeho základní charakteristiky, tj. závislost zesílení na energii čerpacího svazku a příslušná spektra signálového svazku před a po zesílení. K tomu bylo zapotřebí modifikovat komerční čerpací Nd:YAG laser pro generaci 2. harmonické a na základě předchozích zkušeností nově vybudovat trasu a diagnostiku čerpacího a signálového svazku v režimu s opakovací frekvencí 10 Hz. (P. Straka)

### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Shromážděný materiál představuje kompletní informaci o signálovém (Ti:safírový laser) a čerpacím (3. harmonická jódového systému SOFIA) svazku v procesu parametrického zesilování ve dvoustupňovém parametrickém zesilovači (LBO, KDP) pracujícím v režimu jednorázového výstřelu a následné komprese. V oblasti zesilování femtosekundových pulzů se v naší laboratoři podařilo dosáhnout několika celosvětových prvenství. Vůbec poprvé tu bylo dosaženo frekvenčně širokopásmového parametrického zesílení femtosekundových pulzů krystaly KDP v oblasti vlnové délky 800 nm, přičemž femtosekundové laserové pulzy byly zesíleny pomocí energie frekvenčně úzkopásmového plynového laseru - jódového laseru SOFIA. Dosažený terawattový výkon v pulzu časové délky 27 fs odpovídá výkonu současného nanosekundového svazku laserového systému PALS. Výsledky jsou o to závažnější, že byly dosaženy v režimu napodobujícím výkonové petawattové zesilovače a umožňujícím využití pouze jednotlivých laserových pulzů. Naměřená data souhlasí s výpočtenými závislostmi přes několik řádů zesílení. Lze proto předpokládat, že zesílený svazek má potřebné kvality pro zesílení v dalších stupních, event. pro následnou kompresi. Potvrzuje se tak rovněž reálnost našeho návrhu přední části (front end) laserového systému PALS pro případ stavby jeho petawattového modulu.

### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Výsledky byly publikovány Ing. O. Novákem na 8th Int. Conf. on Ultrafast Optics UFOVIII, Monterey, USA, 26-30.9.2011 Další výsledky budou publikovány i na konferenci SPIE Photonics West, San Francisco, 21.-26.1.2012 a v souvisejícím sborníku SPIE Proceedings. Dále byly odeslány k publikaci dva články popisující problematiku zesilování femtosekundových pulzů jódovým laserem (Optics Letters, Appl. Phys. B), třetí článek je rozpracován. Podrobněji viz Výsledek č. 12, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

### **Číslo aktivity**

LS1102

### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V004 - Vytvořit nové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, testovat zařízení ...

### **Název (cíl)aktivity**

Využití Brillouinova rozptylu na fázově konjugujícím zrcadle (SBS PCM) pro inerciální fúzi

## **Zahájení aktivity**

1.1.2011

## **Ukončení aktivity**

31.12.2011

## **Popis aktivity**

V rámci spolupráce s univerzitou KAIST (Jižní Korea) jsme experimentálně studovali laserový kanál s automatickou navigací s ohledem na optimální ozařování IFE terčů. Současně byly provedeny experimenty zaměřené na kvalitu primárního nízkoenergetického záření reflektovaného z terčů z hlediska možnosti jeho úspěšného následného zesílení při průchodu systémem zesilovačů, SBS PCM odrazu, zesílení při zpětném průchodu, konverze na vyšší harmonickou a automatické modifikace finální části zásahové trajektorie. Pokračovala rovněž spolupráce v oblasti matematického popisu a experimentálního ověření speciálních metod aplikace SBS PCM za účelem realizace optimalizovaného fázového závěsu nezbytného pro úspěšnou kombinaci laserových svazků. Ve spolupráci s partnery z Lebeděva fyzikálního ústavu (Ruská Federace) jsme se věnovali problematice akceptovatelného předehřevu kryogenních terčů nízkoenergetickým primárním laserovým pulzem. (M. Kálal)

## **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Získání pokročilých teoretických i experimentálních poznatků pro využití technologie SBS PCM v procesu inerciální fúze. Tato technologie by při úspěšném zvládnutí měla umožnit samonavigaci laserových svazků na injektované IFE pelety, jakož i kombinaci velkého počtu laserových svazků pracujících separátně s menší energií. Každý z těchto obou aspektů významným způsobem usnadní realizaci laserů pracujících s opakovací frekvencí potřebnou pro IFE.

## **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Získané výsledky byly prezentovány na mezinárodních konferencích a publikovány v odborných časopisech – podrobněji viz Výsledek č. 04, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

## **Číslo aktivity**

LS1103

## **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V004 - Vyvíjet nové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, testovat zařízení ...

## **Název (cíl)aktivity**

Femtosekundová diagnostika laserového plazmatu a příprava interakčních experimentů na fs laseru v laboratoři PALS

## **Zahájení aktivity**

1.1.2011

## **Ukončení aktivity**

31.12.2011

## **Popis aktivity**

Během uplynulého roku se podařilo dokončit systém synchronizace 1 kHz Ti-Sa laserového systému Legend s jódovým laserovým systémem PALS. Původní plán předpokládal nejprve dosažení prvního stupně přesnosti synchronizace, tzv. hrubé synchronizace, pohybující se zhruba v rozmezí  $\pm 1$  ns. V následujícím roce mělo docházet k postupnému zpřesňování synchronizace až pod  $\pm 50$  ps. Díky využití nejmodernějších technologií v oblastech řízení a komunikace se podařilo dosáhnout přesnosti synchronizace  $\pm 150$  ps již v roce 2011. Současně se využitím metody tzv. přímého vyřezávání podařilo odstranit neurčitost okamžiku generace oscilátorového pulzu jódového laseru. Zdroj pro hlavní vyřezávací Pockelsovu celou je nyní přímo řízen pomocí nového generátoru pulzů s rubidiovou časovou základnou Stanford DG 645 a speciálně zkonstruované resynchronizační jednotky. V závěru roku probíhalo systematické měření přesnosti jednotlivých prvků synchronizačního systému z hlediska jejich dlouhodobé frekvenční stability a příprava propojení obou laserových systémů vakuovými optickými linkami. (J. Dostál)

## **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Nejvýraznějšího pokroku bylo dosaženo v procesu řízení časování spouštěcích jednotek pro start zesilovačů a elektronických měřicích zařízení. Původní manuální systém nastavování dílčích zpoždění byl nahrazen centrální řídicí jednotkou Compact Rio od National Instruments, která je programovatelná v rozhraní LabView a lze ji řídit

přes ethernetovou síť. Celá komunikace mezi centrální jednotkou a jednotlivými trigrovacími jednotkami byla přebudována z elektrické na optickou. Pro vlastní centrální jednotku byla vybudována Faradayova klec, jež eliminuje vliv silného elektromagnetického rušení vznikajícího během nabíjení kondenzátorových baterií a během výstřelu laseru. Tyto úpravy spolu novým systémem přímého vyřezávání, umožňujícím odstranit časovou neurčitost generace pulzu oscilátoru jódového laseru, představují úspěšné dokončení velmi důležité etapy na cestě k využití synchronního Ti-Sa laserového systému pro femtosekundovou diagnostiku plazmatu v laserových interakčních experimentech. Bude tak možno studovat rychlé procesy v průběhu interakce laserového pulzu s plazmatem, nedostupné pro stávající diagnostické metody.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Některé dílčí výsledky aktivity byly prezentovány na LASERLAB NAHEL Meeting 2011, 30-31.5.2011 v Darmstadtu a na 68th Scottish Universities Summer School in Physics (SUSSP68) and NATO Advanced Study Institute on the topic of Laser Plasma Interactions and Applications, .14 - 27 August 2011, University of Strathclyde, Glasgow. Časopisecká publikace se připravuje.

---

#### **Číslo aktivity**

RL1101

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V002 - V oblasti vývoje a výzkumu rtg laserů realizovat projekty zaměřené na vědecké a ...

#### **Název (cíl)aktivity**

Vývoj laserových rentgenových zesilovačů

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

V rámci této aktivity byly v laboratoři PALS vyvíjeny nové optické a detekční systémy umožňující přesnou charakterizaci svazku stávajícího zinkového rentgenového laseru – systém pro měření časové koherence a profilu spektrální čáry a také nová experimentální schémata využívající svazku femtosekundového Ti:safírového laseru např. pro generaci XUV záření metodou OFI (Optical Field Ionization) nebo GRIP (GRazing Incidence Pumping). Byl navržen nový senzor pro měření vlnoplochy svazku XUV záření a odzkoušen na svazku vysokých harmonických (HHG) v oblasti vlnových délek 30 nm, generovaných paprskem Ti:safírového laseru. Práce na vývoji rentgenových laserových zesilovacích řetězců probíhaly koordinovaně ve spolupráci s dalšími účastníky celoevropské společné výzkumné aktivity SFINX projektu LASERLAB II, zejména s nově budovanou laboratoří LASERIX ve Francii. (M. Kozlová).

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Nově navržený PDI (Point Diffraction Interferometer) senzor pro měření vlnoplochy laserového svazku v XUV oblasti byl otestován na HHG svazku záření s vlnovou délkou v oblasti 30 nm. Systém prokázal schopnost detekovat fázový tvar čela svazku a na základě změřených hodnot následně nastavit adaptivní člen (deformovatelné zrcadlo), který zajistí korekci optických aberací ve svazku. Toto zařízení významně přispěje ke zvýšení kvality XUV svazku a tím ke zlepšení jeho fokusovatelnosti. Definovaný tvar vlnoplochy umožní např. i interferometrické experimenty, které se stávající kvalitou fázového čela HHG svazku nebyly doposud realizovatelné.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Interní technická zpráva o výsledcích laboratorních testů PDI senzoru. Zpráva o postupu prací v rámci aktivity JRA5 „SFINX“ projektu 7. RP EU Laserlab II.

---

#### **Číslo aktivity**

RL1102

#### **Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

V002 - V oblasti vývoje a výzkumu rtg laserů realizovat projekty zaměřené na vědecké a ...

#### **Název (cíl)aktivity**

Experimenty využívající zinkový rentgenový laser na vlnové délce 21,2 nm

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.8.2011

#### **Popis aktivity**

Zinkový rentgenový laser s vlnovou délkou 21,2 nm, čerpaný lineárně fokusovaným paprskem terawattového jódového laseru, byl v laboratoři PALS využit pro vytváření nanostruktur a WDM (Warm Dense Matter) a jako nástroj pro sondování rázových vln. Rázové vlny generované jódovým laserem v plynové cele plněné xenonem byly v laboratoři PALS studovány v závěru roku v rámci pokračující spolupráce s laboratoří LUTH, Observatoire de Paris, Meudon. Cílem tohoto společného astrofyzikálně motivovaného experimentu bylo modelovat radiativní rázové vlny v akrečních tocích mladých hvězdných objektů. Paprsek rentgenového laseru, příčně prosvěcující interakční prostor, byl využit pro časově rozlišené zobrazení struktury a polohy čela generované rázové vlny. (M. Kozlová)

#### **Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Podstatná vylepšení rentgenového zobrazovacího systému, spočívající ve zlepšení kvality zobrazovacího XUV zrcadla, ve využití nových okének interakční cely s větší propustností pro XUV záření a nového systému plnění cely xenonem přímo v evakuované interakční komoře, umožnilo získat velmi kvalitní snímky polohy čela a struktury generované rázové vlny. Získaná data o struktuře a dynamice rázových vln budou využita ke zpřesnění stávajících modelů tvorby rázových vln v astrofyzikálních objektech.

#### **Skutečné prostředky ověření - forma zpracování a předání výsledku aktivity**

Viz publikace 01-04 ve Výsledku č. 08, Kap 2.4.1. této zprávy.

---

---

---

## 2.2.2. AKTIVITY NEUSKUTEČNĚNÉ v roce 2011

---

Číslo aktivity

Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

Název (cíl)aktivity

Zahájení aktivity

Ukončení aktivity

Popis aktivity

Důvody, proč se aktivitu nepodařilo uskutečnit

---

## 2.3.NÁKLADY PROJEKTU - 2011

### 2.3.1. NÁKLADOVÉ TABULKY ZA JEDNOTLIVÉ SUBJEKTY

Projekt - Rok - Typ **LC528 - 2011 - skutečné**  
 Organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.  
 Role organizace příjemce - koordinátor

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b>	<b>Náklady skutečně vynaložené tis. Kč</b>	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč</b>
F1. - Osobní náklady nebo výdaje na zaměstnance, kteří se podílejí na řešení projektu a jim odpovídající povinné zákonné odvody a případné přídělky do FKSP	<b>5390</b> Schváleno: 5390 tis. Kč	<b>2890</b> Schváleno: 2890 tis. Kč
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	<b>166</b> Schváleno: 100 tis. Kč	<b>166</b> Schváleno: 100 tis. Kč
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>1458</b> Schváleno: 1450 tis. Kč	<b>954</b> Schváleno: 1000 tis. Kč
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>92</b> Schváleno: 245 tis. Kč	<b>87</b> Schváleno: 220 tis. Kč
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	<b>128</b> Schváleno: 73 tis. Kč	<b>128</b> Schváleno: 73 tis. Kč
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>424</b> Schváleno: 400 tis. Kč	<b>418</b> Schváleno: 360 tis. Kč
F8. - Doplňkové (režijní) náklady nebo výdaje vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu, např. administrativní náklady, náklady na pomocný personál a infrastrukturu, energii a služby neuvedené výše	<b>500</b> Schváleno: 500 tis. Kč	<b>280</b> Schváleno: 280 tis. Kč
F9. CELKEM	Suma (F1 až F8)=8158 <b>8158</b> Schváleno: 8158 tis. Kč	Suma (F1 až F8)=4923 <b>4923</b> Schváleno: 4923 tis. Kč
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	<b>0</b>	<b>322</b>

Projekt - Rok - Typ

LC528 - 2011 - skutečné

Organizace

Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.

Role organizace

příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b>	<b>Náklady skutečně vynaložené tis. Kč</b>	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč</b>
F1. - Osobní náklady nebo výdaje na zaměstnance, kteří se podílejí na řešení projektu a jim odpovídající povinné zákonné odvody a případné příděly do FKSP	<b>2936</b> Schváleno: 2936 tis. Kč	<b>1286</b> Schváleno: 1286 tis. Kč
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	<b>1632</b> Schváleno: 1965 tis. Kč	<b>1386</b> Schváleno: 1715 tis. Kč
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>1421</b> Schváleno: 1186 tis. Kč	<b>1046</b> Schváleno: 816 tis. Kč
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>481</b> Schváleno: 383 tis. Kč	<b>481</b> Schváleno: 383 tis. Kč
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	<b>15</b> Schváleno: 32 tis. Kč	<b>15</b> Schváleno: 32 tis. Kč
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>178</b> Schváleno: 160 tis. Kč	<b>178</b> Schváleno: 160 tis. Kč
F8. - Doplnkové (režijní) náklady nebo výdaje vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu, např. administrativní náklady, náklady na pomocný personál a infrastrukturu, energii a služby neuvedené výše	<b>600</b> Schváleno: 600 tis. Kč	<b>500</b> Schváleno: 500 tis. Kč
F9. CELKEM	Suma (F1 až F8)=7263 <b>7263</b> Schváleno: 7262 tis. Kč	Suma (F1 až F8)=4892 <b>4892</b> Schváleno: 4892 tis. Kč
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	<b>0</b>	<b>361</b>

Projekt - Rok - Typ

LC528 - 2011 - skutečné

Organizace

České vysoké učení technické v Praze

Role organizace

příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b>	<b>Náklady skutečně vynaložené tis. Kč</b>	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč</b>
F1. - Osobní náklady nebo výdaje na zaměstnance, kteří se podílejí na řešení projektu a jim odpovídající povinné zákonné odvody a případné příděly do FKSP	<b>3248</b> Schváleno: 3255 tis. Kč	<b>2578</b> Schváleno: 2585 tis. Kč
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>292</b> Schváleno: 232 tis. Kč	<b>292</b> Schváleno: 232 tis. Kč
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>36</b> Schváleno: 50 tis. Kč	<b>36</b> Schváleno: 50 tis. Kč
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	<b>14</b> Schváleno: 40 tis. Kč	<b>14</b> Schváleno: 40 tis. Kč
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>231</b> Schváleno: 244 tis. Kč	<b>231</b> Schváleno: 244 tis. Kč
F8. - Doplnkové (režijní) náklady nebo výdaje vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu, např. administrativní náklady, náklady na pomocný personál a infrastrukturu, energii a služby neuvedené výše	<b>340</b> Schváleno: 340 tis. Kč	<b>120</b> Schváleno: 120 tis. Kč
F9. CELKEM	Suma (F1 až F8)=4161 <b>4161</b> Schváleno: 4161 tis. Kč	Suma (F1 až F8)=3271 <b>3271</b> Schváleno: 3271 tis. Kč
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	<b>0</b>	<b>100</b>



## 2.3.2. NÁKLADOVÁ TABULKA ZA PROJEKT

Projekt - Rok - Typ  
PROJEKT

LC528 - 2011 - skutečné  
LC528 - CELKEM

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b> tis. Kč	<b>Náklady skutečně vynaložené</b> tis. Kč	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory</b> tis. Kč
F1. - Osobní náklady nebo výdaje na zaměstnance, kteří se podílejí na řešení projektu a jim odpovídající povinné zákonné odvody a případné přiděly do FKSP	<b>11574</b> Schváleno: 11581 tis. Kč	<b>6754</b> Schváleno: 6761 tis. Kč
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč	<b>0</b> Schváleno: 0 tis. Kč
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	<b>1798</b> Schváleno: 2065 tis. Kč	<b>1552</b> Schváleno: 1815 tis. Kč
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>3171</b> Schváleno: 2868 tis. Kč	<b>2292</b> Schváleno: 2048 tis. Kč
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>609</b> Schváleno: 678 tis. Kč	<b>604</b> Schváleno: 653 tis. Kč
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	<b>157</b> Schváleno: 145 tis. Kč	<b>157</b> Schváleno: 145 tis. Kč
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>833</b> Schváleno: 804 tis. Kč	<b>827</b> Schváleno: 764 tis. Kč
F8. - Doplnkové (režijní) náklady nebo výdaje vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu, např. administrativní náklady, náklady na pomocný personál a infrastrukturu, energii a služby neuvedené výše	<b>1440</b> Schváleno: 1440 tis. Kč	<b>900</b> Schváleno: 900 tis. Kč
F9. CELKEM	Suma (F1 až F8)=19582 <b>19582</b> Schváleno: 19581 tis. Kč	Suma (F1 až F8)=13086 <b>13086</b> Schváleno: 13086 tis. Kč
	<b>PŘEVOD DO fondu</b> tis. Kč	<b>POUŽITÍ Z fondu</b> tis. Kč
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	<b>0</b>	<b>783</b>

---

### 2.3.3. ZDŮVODNĚNÍ ZMĚN V ČERPÁNÍ

---

Souhrnně i u jednotlivých příjemců byla dotace MŠMT na projekt v roce 2011 vyčerpána na 100 % a na 100 % byly vyčerpány i veškeré prostředky uložené v minulých letech u jednotlivých příjemců do FÚUP.

V přesném souladu s plánem byly využity všechny prostředky plánované na režii projektu. Žádný z příjemců neměl v roce 2011 plánovány žádné investiční výdaje.

Celkové osobní náklady dotace byly vyčerpány na 99,9 %, zbývající částka 7 tis Kč. byla použita na posílení věcných položek rozpočtu.

Drobné odchylky od plánu čerpání věcných prostředků (vlastních i dotace), z nichž žádná nepřesahuje povolenou toleranci, se v celkovém součtu i u jednotlivých příjemců vzájemně kompenzují. Tak např. celková dotace projektu na provoz a údržbu hmotného majetku byla vyčerpána z 85,54 % a výdaje na služby z 92,49 %, ale naopak dotace na další provozní náklady byla přečerpána o 11,91 %, na zveřejnění výsledků o 7,87 % a na cestovní náhrady o 8,27 %.

Příjemce FZÚ AV ČR, v.v.i., v roce 2011 čerpal celkovou dotaci i vlastní prostředky projektu v přesném souladu s plánem, stejně tak osobní i režijní náklady projektu. Na 100 % využil i všechny prostředky z FÚUP v částce 321,898 tis. Kč. V čerpání věcných položek rozpočtu dotace došlo k drobným odchylkám, nepřesahujícím 10 % celkových věcných nákladů, jež se v celkovém součtu vzájemně kompenzují. Jmenovitě v položce "služby" vykázal příjemce náklady dotace o 133,19 tis. Kč nižší a v položce "další provozní náklady" o 45,94 tis. Kč nižší oproti plánu a tyto částky využil na posílení položek "provoz a údržba", "zveřejnění výsledků" a "cestovní náhrady".

Rovněž tak příjemce ÚFP AV ČR, v.v.i., v roce 2011 čerpal celkovou rozpočtovanou dotaci i vlastní prostředky projektu v přesném souladu s plánem, stejně jako plánované osobní i režijní náklady projektu i celkové věcné prostředky. Na 100 % využil i všechny prostředky uložené ve FÚUP v částce 361,292 tis. Kč. Odchylky oproti plánu v čerpání jednotlivých věcných položek rozpočtu nepřesahují povolenou toleranci a vzájemně se kompenzují. Částky ušetřené v položkách "provoz a údržba" (328,707 tis. Kč) a "cestovní náhrady" (18,013 tis. Kč) byly využity na úhradu zvýšených nákladů spojených s inovací experimentálního vybavení a přípravou společných experimentů v laboratoři PALS v položkách "další provozní náklady" a "služby" a na zveřejnění výsledků.

Příjemce ČVUT vyčerpával v roce 2011 dotaci na 100 %, na 100 % využil i plánované vlastní prostředky a 100 tis. Kč uložených do FÚUP. V položce "osobní náklady" dotace vykázal čerpání o 7 tis. Kč nižší a využil tuto částku na posílení věcných položek rozpočtu. V položkách "služby", "zveřejnění výsledků" a "cestovní náhrady" vykázal náklady v celkovém součtu o 60 tis. Kč nižší oproti plánu a použil tuto částku na posílení položky "další provozní náklady".

---

---

#### **2.3.4. NEVYUŽITÉ FINANČNÍ PROSTŘEDKY**

---

Dotace na projekt byla v roce 2011 vyčerpána přesně na haléř, stejně tak prostředky uložené do FÚUP v minulých letech.

---

---

### 2.3.5. SEZNAM HMOTNÉHO A NEHMOTNÉHO MAJETKU - 2011

---

Pořadí	1
Název	V posledních 2 letech projektu nebylo pořízení hmotného ani nehmotného majetku plánováno.
Podíl užití majetku pro řešení v %	
Pořizovací cena v tis. Kč	
Uznaný náklad v tis. Kč	
Uhrazeno z dotace v tis. Kč	
Datum dodání	
Datum zprovoznění	
Dodavatel	

---

---

### 2.4.1. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

---

#### 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/01/2011**

Název výsledku

Laserové urychlování plazmových projektilů a formování plazmových jetů

##### Abstrakt

Práce uváděné v tomto bloku přinášejí nové výsledky systematického experimentálního studia tvorby a komprese směrových plazmových proudů (plazmových jetů) a urychlování plazmových shustků, prováděného v laboratoři PALS ve spolupráci s pracovníky Ústavu fyziky plazmatu a laserové mikrofúze (IPPLM) ve Varšavě. Naše společné experimenty prokázaly, že využitím tlaku plazmatu a záření vznikajícího ve vstupní dutině speciálně konstruovaného laserového terče je možno urychlovat plazmové shustky (projektily) ve směru i proti směru laserového paprsku s účinností řádově převyšující hodnoty dosahované při standardním ablačním urychlování – dokumenty [01 a 07]. Další naše experimenty byly zaměřeny na využití vzájemné interakce dvou plazmových jetů rozličné konfigurace a iontového složení k jejich efektivnímu směřování, tvarování a kompresi. Ukázali jsme rovněž, že cylindrický plazmový jet z těžkého kovového materiálu (měď nebo hliník) lze velmi účinně komprimovat pomocí i relativně velmi tenké koaxiální obálky tvořené lehkým (např. polyetylenovým) plazmatem. Využitím rozdílných tlaků těžkého a lehkého plazmatu je možno vytvářet plazmové proudy různých konfigurací – např. ve tvaru ostré jehly nebo trubky – viz dokumenty [02-06, 08].

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

#### 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Práce v oblasti experimentálního studia generování a interakce laserem vytvářených plazmových jetů a urychlování plazmových projektilů, prováděné v laboratoři PALS, nemají co do množství a kvality získaných výsledků ve světě obdoby. Naše publikace vztahující se k tomuto výzkumnému tématu podstatnou měrou přispěly k objasnění složitých ablačních procesů ovlivňujících tvar a dynamiku generovaných plazmových jetů a byly v období let 2009-2011 celkem jedenáctkrát poctěny výběrem pro US Virtual Journals of Ultrafast Science. Dříve byly experimenty s plazmovými jety doménou megajoulových mnohasvazkových superlaserů typu japonského GEKKO XII nebo amerického systému NOVA. Experimenty v laboratoři PALS ukázaly, že velmi stabilní husté plazmové jety různých konfigurací lze vytvářet, formovat a urychlovat již při energiích laseru 10 – 100 J. Nová metoda urychlování plazmatu, využívající laserem indukovaného tlaku v dutém terči (technika LICPA – Laser Induced Cavity Pressure Acceleration), experimentálně ověřená v naší laboratoři PALS, je mnohonásobně účinnější než doposud užívané standardní ablační metody.

#### 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Nová vysoce účinná metoda urychlování plazmových shustků, využívající laserem indukovaného tlaku v dutině, umožňuje urychlovat plazmové projektily na nadzvukové rychlosti. Jejich budoucí uplatnění očekáváme v materiálovém, termojaderném a kosmickém výzkumu. Vzájemně interagující plazmové proudy vytvářené laserem na speciálních terčích z různých materiálů nám slouží k laboratorní simulaci procesů probíhajících v astrofyzikálních protostelárních objektech a k vytváření laboratorních plazmových jetů rozličných konfigurací, šitých na míru praktickým aplikacím.

#### 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Ullschmied Jiří Ing. CSc.**

Spojení

266 053 246 ullsch@ipp.cas.cz

Organizace

61389021 Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i Za Slovankou 1782 3 18200  
Praha 8 www.ipp.cas.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	S. Borodziuk, J. Badziak, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Ullschmied, E. Krousky, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, P. Pisarczyk: Forward and Backward Cavity Pressure Acceleration of Macroparticles, Applied Phys, Let. 99, 231501 (2011)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, S.Yu. Gus'kov, N.N. Demchenko, D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, J. Ullschmied, E. Krousky, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, P. Pisarczyk: Plastic plasma as a compressor of aluminium plasma at the PALS experiment, Laser and Particle Beams 0263-0346/11 (2011), doi: 10.1017/S0263034611000528	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, P. Parys, J. Ullschmied, E. Krousky, M. Pfeifer, J. Skala, D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, P. Pisarczyk: Interaction of Cu and plastic plasmas as a method of forming laser produced Cu plasma streams with a narrow jet or pipe geometry, Physics of Plasmas 18, 044503 (2011), doi:10.1063/1.3579396	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
04	A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Badziak, S. Borodziuk, T. Chodukowski, S.Yu. Gus'kov, N. N. Demchenko, D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, J. Ullschmied, P. Pisarczyk: Interaction of a laser-produced copper plasma jet with ambient plastic plasma, Plasma Physics and Controlled Fusion 53 (2011) 095003, doi: 10.1088/0741-3335/53/9/095003	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
05	Z. Kalinowska, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, S.Yu. Gus'kov, N.N. Demchenko, J. Ullschmied, E. Krousky, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, P. Pisarczyk: Investigations of mechanism of laser radiation absorption at PALS, The 49th Course 'Atoms and Plasmas in Super-Intense Laser fields' Erice, Sicily, Italy on July 14-24, 2011.		ANG
06	T. Pisarczyk, A.Kasperczuk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, S.Yu. Guskov, N.N. Demchenko, O. Renner, E. Krousky, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, J. Ullschmied, D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, P. Pisarczyk: Al plasma jet formation based on compressing Al plasma stream by a surrounding light (CH-plastic) plasma envelope, Proc. IFSA 2011, 12-16 Sep. 2011, Bordeaux, Francie	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

- 07 J. Badziak, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, S. Borodziuk, S. Jablonski, Z. Kalinowska, A. Kasperczuk, P. Parys, P. Raczka, M. Rosinski, J. Wolowski, E. Krousky, M. Pfeifer, J. Skala, J. Ullschmied, R. Liska, M. Kucharik, K. Tomaszewski, P. Pisarczyk, Yong-Joo Rhee. Laser-induced cavity pressure acceleration - a novel highly efficient scheme of acceleration of dense matter. P5.016, 38th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, France, 2011, ECA Vol.35G, ISBN 2-914771-68-1 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 08 T. Chodukowski et al.: Interaction of plastic and copper plasmas in axially symmetrical geometry, Proc. IFSA 2011, poster P.Mo\_9, Bordeaux, France, Sept. 12-16, 2011 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: LC528/02/2011

Název výsledku

Interakce ultrakrátkých laserových impulsů s terči

### Abstrakt

V souvislosti s výzkumem možnosti tzv. rázového zapálení inerciální fúze (shock ignition) byl pomocí 1D3V PIC simulací studován přechod mezi srážkovou absorpcí v extenzivní koróně laserového plazmatu při intenzitě maxima laserového pulzu 1015 W/cm<sup>2</sup> a bezsrážkovou absorpcí při intenzitě maxima 1016 W/cm<sup>2</sup>. V obou režimech byla prokázána možnost potlačit odraz laserového záření od plazmové koróny, k němuž dochází v důsledku stimulovaného Brillouinova rozptylu (SBS). Na základě dříve získaných výsledků jsme navrhli vhodné terče, připravili je na naší katedře a pro parametry vyrobených terčů provedli příslušné 2D3V PIC simulace. Naše výpočty potvrdil společný pilotní experiment na 100-TW laseru v GIST, Korea.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Naše PIC simulace ukázaly, že absorpce ostrého maxima laserového impulsu, používaného pro rázové zapálení („shock ignition“) inerciální fúze, může být podstatně zvýšena proti původním odhadům v důsledku nelineárních efektů snižujících SBS odraz. Tento výsledek je v souladu s experimenty na laseru Omega v USA, pro jejichž parametry byly výpočty prováděny. Teoreticky i experimentálně jsme ukázali, že použití mikrostruktur na povrch u terče může podstatně zvýšit účinnost urychlování a energii laserem urychlených protonů.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Naše studie absorpce laserového záření v režimu shock ignition spolu s experimenty v americké laserové laboratoři LLE, Rochester, a na české výzkumné infrastruktuře PALS otvírají možnost využít shock ignition při realizaci inerciální fúze pro průmyslové energetické využití. Ve spolupráci s APRI GIST Gwanju Korea byl proveden experiment demonstrující pozitivní vliv mikrostruktury na účinnost urychlování iontů a na maximální energii urychlených iontů. V budoucnu by takové terče mohly být využívány pro různé aplikace např. v lékařství.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno Limpouch Jiří Prof. Ing. CSc.

Spojení 283 072 275 jiri.limpouch@fjfi.cvut.cz

Organizace 68407700 ČVUT Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Břehová 7 11519  
Praha 1 www.fjfi.cvut.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	O. Klimo, J Psikal, J Limpouch, J Proška, F Novotny, T Ceccotti, V Floquet, S Kawata, Short pulse laser interaction with micro-structured targets: simulations of laser absorption and ion acceleration, New Journal of Physics 13 (2011) 053028, doi:10.1088/1367-2630/13/5/053028 [IFAK 3.849]	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	O. Klimo, V. T. Tikhonchuk, X. Ribeyre, G. Schurtz, C. Riconda, S. Weber, J. Limpouch, Laser plasma interaction studies in the context of shock ignition— Transition from collisional to collisionless absorption, Physics of Plasmas 18 (2011) 082709 (12 pp.),	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG



- |    |  |   |     |
|----|--|---|-----|
| 03 | J. Psikal, O. Klimo, J. Limpouch, Field ionization effects on ion acceleration in laser-irradiated clusters, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 653 (2011) 109–112, doi:10.1016/j.nima.2011.01.068 [IFAK 1.142]   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 04 | S. Jacquemot, F. Amiranoff, S.D. Baton, J.C. Chanteloup et al. and O. Klimo, Studying ignition schemes on European laser facilities, Nuclear Fusion 51 , 094025 (2011), 094025 (9 pp), doi:10.1088/0029-5515/51/9/094025 [IFAK:3.303]  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 05 | J. Psikal, O. Klimo, J. Limpouch, 2D PIC simulations of ion acceleration in laser irradiated submicron clusters including field ionization, submitted to Phys. Plasmas   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 06 | J. Psikal, J. Limpouch, O. Klimo, V. Tikhonchuk, Generation of high energy electrons and ion acceleration in small structured targets, Acta Technica 56 (2011), T183-T188  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 07 | M. Martinkova, M. Kalal, Y.Y. Rhee, Analysis of the complex interferometry diagnostics applicability to deuterium clusters spatial density distribution measurement, Fusion Science and Technology 60 (2011), 84-89 [IFAK 0.658]   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 08 | V. Picková, A. Darebníček, M. Drahokoupil, O. Klimo, L. Švéda, Measuring the pulse shape of the fs laser, Acta Technica 56 (2011), T123 – T133   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 09 | J. Psikal, J. Limpouch, O. Klimo, On the ion acceleration in microstructured targets by ultrashort intense laser pulses, Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering "14th International Conference "Laser Optics 2010", 7822, art.no. 78220S  | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 10 | Kawata, S Andreev, AA Takahashi, T Satoh, D Barada, D, Klimo, O Limpouch, J Kong, Q Wang, PX Ma, YY Sheng, ZM Wang, WM, Efficient high-quality ion beam generation in laser-foil interaction. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering "14th International Conference "Laser Optics 2010", 7822, art.no. 78220T | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 11 | Psikal J. Klimo O. Limpouch J., PIC simulations of ion acceleration in laser irradiated submicron droplets, Proceedings of SPIE "Laser Acceleration of Electrons, Protons, and Ions and Medical Applications of Laser-   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |

- 12 Klimo, O Psikal, J Limpouch, J Proska, J Ceccotti, T Floquet, V Kawata, S, Simulations of short pulses laser interaction with targets having a submicron surface structure - energy absorption and ion acceleration, Proceedings of SPIE, “Laser Acceleration of Electrons, Protons, and Ions and Medical Applications of Laser-Generated Secondary Sources of Radiation and Particles”, Vol. 8079 Article Number: 80790V D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 13 J. Psikal, O. Klimo, J. Limpouch, Simulation studies on laser ion acceleration in micro-structured targets and larger multispecies clusters, 38th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, Francie, 2011, ECA Vol.35G, P5.015, ISBN 2-914771-68-1 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 14 O. Klimo, C. Riconda, S. Weber, J. Limpouch, X. Ribeyre, G. Schurtz, V. Tikhonchuk, Physics of laser plasma interaction in the context of shock ignition, O4.21538th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, Francie, 2011, ECA Vol.35G, ISBN 2-914771-68-1 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 15 J. Limpouch, O. Klimo, J. Psikal, J. Proska, F. Novotny, D. Margarone, A. Velyhan, and L. Torrasi, Efficient ion beam generation in laser interactions with micro-structured targets, IFSA 2011, Bordeaux, European Physical Journal: Web of Conferences (in print) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 16 O. Klimo, V. T. Tikhonchuk, M. Lafon, X. Rybeire, G. Schurtz, C. Riconda, S. Weber, J. Limpouch, Laser Plasma Physics in Shock Ignition - Transition from Collisional to Collisionless Absorption, IFSA 2011, Bordeaux, European Physical Journal: Web of Conferences (in print) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/03/2011**

Název výsledku

Fluidní modelování dynamiky terčů ozářených nanosekundovými laserovými pulzy

### Abstrakt

V rámci rozvoje numerických lagrangeovských a ALE hydrodynamických metod pro modelování laserového plazmatu jsme vyvinuli nové metody pro multimateriálové remapování, pro remapování typu FCT, vyhlazování výpočetních sítí, pro metodu klouzajících linek a pro Lagrangeovskou hydrodynamiku. Hydrodynamické simulace vybraných experimentů (dvoufoliové terčičky pro výzkum interakce plazmatu se stěnou, terčičky pro urychlování plazmového projektilu v kanále a experimenty s plazmovými jety) posloužily k interpretaci experimentů na laseru PALS. Byla studována absorpce laseru v podkritické pění.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Byla vyvinuta nová metoda multimateriálového remapování. Lagrangeovská metoda klouzavých linek byla vylepšena interpolací interakčních sil a zahrnutím obdoby povrchového napětí na klouzavé lince. Interakci plazmatu se stěnou jsem modelovali se zahrnutím míchání dvou plazmat ze dvou materiálů. Byl navržen nový model absorpce laserového záření v podkritické pění, založený na mechanismu zpoždění.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Nové numerické algoritmy pro lagrangeovskou a ALE hydrodynamiku přispívají k přesnějšímu simulování interakce laserového záření s různými terči. Hydrodynamické simulace interakce laseru s terčičky pomocí kódu PALE jsou podstatné pro interpretaci řady experimentů na laseru PALS. Nový model absorpce laserového záření v pěnách dovoluje jejich realistické modelování.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Liska Richard Doc. Ing. CSc.**

Spojení

224 358 614 liska@siduri.fffi.cvut.cz

Organizace

68407700 ČVUT Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Břehová 7 11519  
Praha 1 www.fffi.cvut.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	S. Yu. Gus'kov, J. Limpouch, Ph. Nicolai, and V. T. Tikhonchuk, Laser-supported ionization wave in underdense gases and foams, PHYSICS OF PLASMAS 18, 103114 (2011) 10 pp), doi:10.1063/1.3642615 [IFAK 2.320]	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	S Depierreux, C Goyon, K Lewis, H Bandulet, D T Michel, G Loisel, V Yahia, V Tassin, C Stenz, N G Borisenko, W Nazarov, J Limpouch, P E Masson Laborde, P Loiseau, M Casanova <sup>1</sup> , Ph Nicolai, S Hüller, D Pesme, C Riconda, V T Tikhonchuk, and C Labaune, Interaction physics for the shock ignition scheme of inertial confinement fusion targets, Plasma Phys. Control. Fusion 53 (2011) 124034, doi:10.1088/0741-3335/53/12/124034 [IFAK 2.466]	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

03	M. Berndt, J. Breil, S. Galera, M. Kucharik, P.-H. Maire, M. Shashkov: Two Step Hybrid Remapping (Conservative Interpolation) for Multimaterial Arbitrary Lagrangian-Eulerian Methods, Journal of Computational Physics, 230 (17), 6664-6687, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
04	M. Kucharik, J. Breil, S. Galera, P.-H. Maire, M. Berndt, M. Shashkov, Hybrid Remap for Multi-Material ALE, Computers & Fluids, 46(1), 293-297, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
05	R. Liska, M. Shashkov, P. Váchal, B. Wendroff, Synchronized Flux Corrected Remapping for ALE Methods, Computers & Fluids 2011, 46(1), 312-317	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
06	P. Váchal, P.-H. Maire, Discretizations for Weighted Condition Number Smoothing on General Unstructured Meshes, Computers & Fluids 2011, 46(1), 479-485	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
07	P.-H. Maire, R. Loubere, P. Váchal, Staggered Lagrangian Discretization Based on Cell-centered Riemann Solver and Associated Hydrodynamics Scheme, Communications in Computational Physics 2011, 10(4), 940978	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
08	R. Liska, M. Shashkov, and B. Wendroff. The early influence of Peter Lax on computational hydrodynamics and an application of Lax-Friedrichs and Lax-Wendroff on triangular grids in Lagrangian coordinates. Acta Mathematica Scientia, 31(6):21952202, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
09	V. Kmetík, J. Limpouch, R. Liska, P. Váchal, Modeling of annular-laser-beam-driven plasma jets from massive planar targets, submitted to Laser and Particle Beams	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
10	M. Kucharik, R. Loubere, L. Bednarik, R. Liska, Lagrangian Sliding Lines Revisited, submitted to Computers & Fluids, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
11	M. Kucharik, M. Shashkov, One-Step Hybrid Remapping Algorithm for Multi-Material Arbitrary Lagrangian-Eulerian Methods, submitted to Journal of Computational Physics, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
12	J. Velechovsky, R. Liska, and M. Shashkov. High-order remapping with piecewise parabolic reconstruction. submitted to Computers and Fluids, 2011	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
13	J. Limpouch, S. Yu. Gus'kov, V.T. Tikhonchuk, Propagation of laser-supported ionization wave in an underdense target, P1.041, 38th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, Francie, 2011, ECA	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

- 14 M. Kucharik, M. Shashkov, Flux-Based Approach for Conservative Remap of Multi-Material Quantities in 2D Arbitrary Lagrangian-Eulerian Simulations, Finite Volumes for Complex Applications VI Problems & Perspectives, FVCA 6, 2011, pp. 623-631, eds.: J. Fořt, J. Furst, J. Halama, R. Herbin, F. Hubert, volume 1, Springer Proceedings in Mathematics Vol. 4, Springer Verlag, ISBN 978-3-642-20670-2, ISSN 2190-5614 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 15 R. Liska, M. Kuchařík, J. Limpouch, O. Renner, P. Váchal, L. Bednárik, J. Velechovský, ALE Method for Simulations of Laser-Produced Plasmas, Finite Volumes for Complex Applications VI - Problems & Perspectives FVCA 6, 2011, pp. 57-72, eds.: J. Fořt, J. Furst, J. Halama, R. Herbin, F. Hubert, volume 2, Springer Proceedings in Mathematics Vol. 4, Springer Verlag, ISBN 978-3-642-20670-2, ISSN 2190-5614, doi: 10.1007/978-3-642-20671-9\_87 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/04/2011**

Název výsledku

Analýza možnosti využití SBS PCM pro IFE

### Abstrakt

V rámci precizace pracovníky Centra navržené unikátní metody plně automatické samonavigace laserových svazků na injektované termonukleární terčičky využívající metody fázově konjugovaných zrcadel realizovaných pomocí stimulovaného Brillouinova rozptylu, která může potenciálně hrát důležitou roli v inerciální fúzi (metoda přímého ohřevu), bylo dosaženo dalšího významného pokroku při hledání způsobů eliminace nezkonvertované základní harmonické laseru. Popis výsledků získaných v tomto roce byl přijat k publikaci do několika významných vědeckých časopisů a tuto technologii bylo možné prezentovat i na nejvýznamnějších mezinárodních konferencích. Do tohoto směru bádání se nyní začínají postupně zapojovat i další laboratoře (Korea, Japonsko, HiPER). Byl rovněž učiněn další významný pokrok při hledání korektního matematického řešení popisu speciálních metod využití SBS PCM za účelem realizace co nejdokonalejšího fázového závěsu pro kombinaci laserových svazků. Úspěchu jsme dosáhli též při návrhu konfigurace systému, která povede ke zjednodušení konstrukce terčové komory.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Byla nalezena alternativní konfigurace umožňující použití stejných optických trajektorií při vstupu do terčové komory jak v případě iluminačních, tak i výkonových laserových svazků. To významným způsobem zjednodušuje konstrukci terčové komory. Při použití navržené metody navíc odpadá nutnost mechanického dostavování rozměrných finálních zrcadel, což umožní použití většího počtu laserových svazků, které tak lze snáze zkonstruovat pro potřebnou opakovací frekvenci. Zároveň byly specifikovány podmínky pro konstrukci pelet, při jejichž splnění by bylo dosaženo optimalizace interakčního procesu pro danou technologii samonavigace. Nejdůležitějším inovačním výsledkem je nalezení originální metody pro eliminaci dopadu nezkonvertované základní harmonické laseru na injektovanou peletu s využitím speciální konstrukce Faradayova izolátoru. Tato originální metoda byla posledním důležitým prvkem celého systému samonavigace laserových svazků využívajícího principu fázově konjugovaného zrcadla založeného na stimulovaném Brillouinově rozptylu.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Navržené technice se dostává velmi vlídného přijetí na mezinárodní scéně, neboť doposud neexistuje jiná alternativní metoda navádění svazků pro metodu přímého ohřevu, která by se jevila jako v praxi aplikovatelná. Začíná se rozšiřovat i okruh zájemců o spolupráci v tomto oboru. To by mělo umožnit realizaci experimentů ve větším měřítku než doposud. Nyní je již smysluplné zahájit konkrétní práce na aplikaci nové metody na jednom laserovém kanálu s cílem nalézt maximální možnou úroveň energie, se kterou by takový kanál dokázal spolehlivě pracovat. Touto cestou se již např. rozhodla vydat jedna nově zakládaná laserová laboratoř v Koreji (HGU). A zajímají se o ní živě i konstruktéři zařízení HiPER.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Kálal Milan Doc. Ing. CSc.**

Spojení 224 358 662 milan.kalal@jfifi.cvut.cz

Organizace 68407700 ČVUT Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Břehová 7 11519  
Praha 1 www.jfifi.cvut.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	T. Omatsu, H.J. Kong, S. Park, M. Kalal, O. Slezak, et	J – článek v odborném	ANG

	al., The Current Trends in SBS and Phase Conjugation, Laser and Particle Beams (in print)	periodiku (časopise) (RIV 2009)	
02	M. Kalal, H.J. Kong, and O. Slezak, Overview and latest proposals in SBS PCM based IFE technology featuring self-navigation of lasers on injected direct drive pellets, PD4.05, 38th EPS Conference on Plasma Physics, Strasbourg, Francie, 2011, ECA Vol.35G, ISBN 2-914771-68-1	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
03	M. Kalal and O. Slezak: Overview and recent progress in SBS PCM approach to self-navigation of lasers on direct drive IFE targets. In Conference on Diode-Pumped High Energy and High Power Lasers/ELI: Ultrarelativistic Laser-Matter Interactions and Petawatt Photonics/HiPER: the European Pathway to Laser Energy. Bellingham (stát Washington): SPIE, 2011, p. 808021-1-808021-6. ISBN 978-0-8194-8670-7	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
04	M. Kalal, H.J. Kong, and O. Slezak, Principles and Issues Related to SBS-PCM Based Self-Navigation of Lasers on Injected Pellets, IFSA 2011, Bordeaux, European Physical Journal: Web of Conferences (in print)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
05	M. Martinkova, M. Kalal, and M.L. Shmatov, Analysis of damaging effects of laser-plasma accelerated target fragments on protecting glass shield, IFSA 2011, Bordeaux, European Physical Journal: Web of Conferences (in print)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/05/2011**

Název výsledku

Interakce laserového plazmatu se stěnami

### Abstrakt

Směřované výtrysky laserovém vytvářeného plazmatu jsou využívány jako účinný nástroj ke studiu interakce iontových svazků s pevnými terčíky v souvislosti s problematikou odolnosti tzv. první stěny budoucích termojaderných reaktorů. V laboratoři PALS zkoumal O. Renner se svými spolupracovníky z IPPLM Varšava a Université Sorbonne, Pierre et Marie Curie UPMC vzájemný průnik vstříčných iontových svazků a jejich interakci se sekundárními terčíky, reprezentujícími stěnu reaktoru. Využívali k tomu energetických toků vysoce ionizovaných atomů Al, Mg, Ag, Cu a Ta vytvářených pulzním výkonovým laserem s energií řádu stovek joulů při kolmém a šikmém dopadu laserového svazku na pevné fóliové a masivní terčíky. Interakci iontových svazků sledovali metodami optické interferometrie, časově rozlišeného rentgenového zobrazování, optické a rentgenové spektroskopie. Získaná data analyzovali a teoreticky interpretovali s využitím fluidních a kinetických simulačních kódů ve spolupráci s FJFI ČVUT a francouzskými laboratořemi UPMC Paříž a CEA Bruyère.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Naměřené komplexní soubory diagnostických dat poskytly nové poznatky o makroskopických charakteristikách interagujícího plazmatu, tj. elektronové hustotě a teplotě, distribuci nábojových stavů, stupni kolimace a rychlostních profilech iontů, a o odezvě materiálů sekundárních terčů na dopad energetických iontů. Jemná struktura pozorovaná v rentgenových emisních čarách emitovaných dvojfóliovými terči Al/C byla interpretována jako projev výměny náboje mezi plně ionizovanými atomy C a vodíku podobnými ionty Al spektroskopická identifikace procesů nábojové výměny byla podpořena výsledky analytických a numerických výpočtů. V součinnosti s UPMC a LULI École Polytechnique, Palaiseau, byla současně otestována i nová varianta přesného rentgenového spektrometru pro diagnostiku laserového plazmatu.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Výzkum přechodných jevů probíhajících na povrchích materiálů vystavených intenzívním tokům nabitých částic přispívá k pochopení příslušných interakčních mechanismů, je nezbytný pro ověření teoretických modelů a pro vývoj nových technologických koncepcí. Velký význam má zejména pro připravované projekty budoucích termojaderných energetických reaktorů, založených na využití magnetické a inerciální fúze.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Renner Oldřich Ing. DrSc.**

Spojení

266 052 136 renner@fzu.cz

Organizace

68378271 Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 1999 2 18221 Praha  
8 www.fzu.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	O. Renner, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, E. Krouský, T. Pisarczyk, M. Šmíd, J. Ullschmied, E. Dalimier: Plasma-wall interaction studies with optimized laser-produced jets. Physics of Plasmas 18 (2011) 093503, DOI: 10.1063/1.3626944	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	O. Renner, E. Krousky, R. Liska, M. Smid, O. Larroche,	J – článek v odborném	ANG



	E. Dalimier: Ion collisions and deceleration in laser-produced plasma-jet interaction with walls. Acta Technica 56 (2011) T165-T174	periodiku (časopise) (RIV 2009)	
03	O. Renner, J. Cihelka, L. Juha, J. Krása, E. Krouský, J. Nejd, J. Skála, A. Velyhan, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, A. Kasperczuk, P. Pisarczyk, R. Liska, M. Šmíd, P. Váchal, J. Velechovský, J. Ullschmied: Plasma Jets Production at Laser-Burnt-Through Foils and their Interaction with Secondary Targets. 5th Int. Conf. on the Frontiers of Plasma Physics and Technology, April 18-22, 2011, Singapore (invited talk). (IAEA Proc., submitted)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
04	O. Renner, E. Krouský, M. Šmíd, R. Liska, P. Váchal, F.Y. Khattak, E. Dalimier, and E. Oks: X-ray spectroscopic study of charge exchange phenomena in plasma-wall interaction. 7th Int. Conf. on Inertial Fusion Science and Applications, Bordeaux, September 12-16, 2011 (EPJ Web of Conferences, submitted)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
05	O. Larroche, R. Liska, O. Renner, and E. Dalimier: Modelling of ion deceleration in interpenetrating laser generated plasma plumes. 7th Int. Conf. on Inertial Fusion Science and Applications, Bordeaux, September 12-16, 2011 (EPJ Web of Conferences, submitted)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
06	E. Galtier, O. Renner, E. Krouský, F. Rosmej: HIDEX: a new high resolution x-ray spectrometer for detailed line profile measurements. 7th Int. Conf. on Inertial Fusion Science and Applications, Bordeaux, September 12-16, 2011 (EPJ Web of Conferences, submitted)	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
07	O. Renner, E. Dalimier, E. Oks, R. Liska, M. Šmíd: Charge Exchange Phenomena Accompanying Laser-Produced Plasma-Wall Interaction. 17th Int. Conf. on Atomic Processes in Plasmas, July 19-22, 2011, Belfast (poster 3-2)		ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/06/2011**

Název výsledku

Laserové urychlování iontů

### Abstrakt

V tomto bloku uvádíme výsledky studia laserového urychlování iontů prováděného v laboratoři PALS J. Krásou, D. Margarone a A. Velyhanem (FZÚ) ve spolupráci s pracovníky z INFN LNS Catania a Università di Messina a s pracovníky Centra z FEL ČVUT. Cílem jejich experimentů bylo dosáhnout co největšího výtěžku iontů a urychlit ionty na maximální energie. Využívali k tomu plnou energii laserového systému PALS a speciální laserové terčičky obohacené vodíkem či zhotovené z deuterovaného polyetylénu. K charakterizaci iontových proudů využívali řadu pokročilých metod iontové diagnostiky – Thomsonův iontový analyzátor s velkým rozlišením, elektrostatický iontový analyzátor, speciální iontové kolektory, rychlé detektory záření a energetických částic a spektroskopické metody diagnostiky plazmatu. Získaná data analyzovali s využitím originálních dekonvolučních metod analýzy iontových spekter.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Prováděné experimenty poskytly přesné údaje o hustotách proudů a energetických spektrech urychlených iontů a o maximálních dosažitelných energiích v jednotlivých interakčních režimech. Ze srovnání parametrů iontových svazků generovaných při interakci subnanosekundového a femtosekundového laseru s terčičkem ukázalo, že maximální energie iontů je při srovnatelných podmínkách obou experimentů v podstatě stejná (více jak 3 MeV pro protony), ale množství iontů je v případě subnanosekundového laseru podstatně větší díky daleko větší pulzní energii jeho paprsku. Zcela novým výsledkem je průkaz účinného urychlování iontů ve směru subnanosekundového laserového paprsku při jeho interakci s velmi tenkými foliovými terčičky, a to na energie srovnatelné s energiemi dosaženými při zpětném urychlování při interakci paprsku s masivními terčičky. Až dosud převládala totiž názor, že k urychlování iontů ve směru laserového paprsku jsou vhodné pouze femtosekundové lasery.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Vedle jejich vědecké hodnoty spočívá hlavní význam citovaných prací v jejich přínosu pro přípravu budoucích experimentů s laserovými sekundárními iontovými zdroji v rámci ESFRI projektu ELI-Beamlines.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Krása Josef RNDr. CSc.**

Spojení 266 052 619 [krasa@fzu.cz](mailto:krasa@fzu.cz)

Organizace 68378271 Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 1999 2 18221 Praha 8 [www.fzu.cz](http://www.fzu.cz)

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	D. Margarone, J. Krasa, L. Giuffrida, A. Picciotto, L. Torrisi, T. Nowak, P. Musumeci, A. Velyhan, J. Prokupek, L. Laska, T. Mocek, J. Ullschmied, B. Rus: Full characterization of laser-accelerated ion beams using Faraday cup, silicon carbide, and single-crystal diamond detectors, J. of Appl. Phys., 109 (10) 103302 (2011) DOI: 10.1063/1.3585871	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

- |    |  |   |     |
|----|--|---|-----|
| 02 | A. Picciotto , D. Margarone M. Crivellari, P. Bellutti, S. Colpo, L. Torrisi, J. Krasa, A. Velyhan, J. Ullschmied: Microfabrication of Silicon Hydrogenated Thin Targets for Multi-MeV Laser-Driven Proton Acceleration, Applied Physics Express (2011), 126401-3, DOI: 10.1143/APEX.4.126401 4  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 03 | L. Torrisi, L. Giuffrida, M. Cutroneo, P. Cirrone, A. Picciotto, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, L. Laska, J. Ullschmied, J. Wolowski, J. Badziak, M. Rosinski: Proton emission from thin hydrogenated targets irradiated by laser pulses at 1016 W/cm <sup>2</sup> , Rev. Sci. Instr. 2011 (in press)   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 04 | L. Torrisi, S. Cavallaro, M. Cutroneo, L. Giuffrida, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, J. Kravarik, J. Ullschmied, J. Wolowski, A. Szydlowski and M. Rosinski: Monoenergetic proton emission from nuclear reaction induced by high intensity laser-generated plasma, Rev. Sci. Instr. 2011 (in press)  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 05 | L. Torrisi, M. Cutroneo, S. Cavallaro, L. Giuffrida, P. Cirrone, G. Bertuccio, D. Puglisi, C. Verona, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, L. Laska, E. Krousky, M. Pfeiffer, J. Skála, J. Ullschmied, J. Wolowski, J. Badziak, M. Rosinski, L. Ryc, A. Szydlowski: Proton acceleration driven by high intensity laser pulses irradiating thin hydrogenated targets, Submitted to Appl. Surf. Sci. 2011 | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 06 | L. Torrisi, S. Cavallaro, M. Cutroneo, L. Giuffrida, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, J. Kravarik, J. Ullschmied, J. Wolowski, A. Szydlowski, M. Rosinski: Deuterium-deuterium nuclear reaction induced by high intensity laser pulses, Submitted to Appl. Surf. Sci. 2011  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 07 | J. Wołowski, J. Badziak, M. Cutroneo, J. Krasa, E. Krousky, L. Laska, , P. Parys, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Ullschmied, M. Rosiński, L. Torrisi: Studies of fast ion streams produced by high power laser at different target irradiation conditions, Submitted to Appl. Surf. Sci. 2011  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 08 | L. Láska, J. Badziak, K. Jungwirth, J. Krása, E. Krouský, D. Margarone, P. Parys, M. Pfeifer, K. Rohlena, M. Rosiński, L. Ryć, J. Skála, L. Torrisi, J. Ullschmied, A. Velyhan, J. Wołowski: Studies of intense-laser plasma instabilities, Submitted to Appl. Surf. Sci. 2011   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 09 | D. Margarone, A. Velyhan, L. Torrisi, M. Cutroneo, L. Giuffrida, A. Picciotto, J. Krasa, J. Limpouch, O. Klimo, J. Proška: Influence of the ablation threshold fluence on laser-driven acceleration, Submitted to Appl. Surf. Sci.   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |

- 10 M. Marinelli, E. Milani, G. Prestopino, C. Verona, G. Verona-Rinati, M. Cutroneo, L. Torrisci, D. Margarone, J. Krasa, E. Krousky: Analysis of laser-generated plasma ionizing radiation by synthetic single crystal diamond detectors, Submitted to Appl. Surf. Sci. 2011 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 11 D. Margarone, J. Krasa, A. Picciotto, A. Velyhan, J. Prokupek, E. Krousky, M. Pfeifer, Laska, J. Ullschmied, B. Rus, L. Torrisci, L. Ryc, P. Parys: High current, high energy proton beams accelerated by a sub-nanosecond laser, Nucl. Instr. And Methods in Phys Res. A 653, 2011, pp. 159-163, doi: 10.1016/j.nima.2010.12.118 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 12 J. Krása, A. Lorusso, V. Nassisi, L. Velardi, A. Velyhan: Revealing of hydrodynamic and electrostatic factors in the center-of-mass velocity of an expanding plasma generated by pulsed laser ablation Laser Part. Beams 29 (2011) 113 – 119, doi: 10.1017/S0263034611000103 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 13 D. Margarone, J. Krása, A. Picciotto, J. Prokúpek: Real-time diagnostics of fast light ion beams accelerated by a sub-nanosecond laser, Nukleonika 56 (2011) 137 - 141 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 14 L. Torrisci, S. Cavallaro, M. Cutroneo, L. Giuffrida, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, J. Kravarik, J. Ullschmied, J. Wolowski, A. Szydowski, M. Rosinski: Monoenergetic proton emission from nuclear reaction induced by high intensity laser-generated Plasma, ICIS Conference, Giardini Naxos (ME), September 12th-16th, 2011 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 15 L. Torrisci, M. Cutroneo, S. Cavallaro, L. Giuffrida, P. Cirrone, G. Bertuccio, D. Puglisi, C. Verona, J. Krasa, D. Margarone, A. Velyhan, L. Laska, E. Krousky, M. Pfeiffer, J. Skala, J. Ullschmied, J. Wolowski, J. Badziak, M. Rosinski, L. Ryc, A. Szydowski: Proton acceleration driven by high intensity laser pulses irradiating thin hydrogenated targets, 5th PPLA2011 Conference, Catania 21-23 September 2011-12-19 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/07/2011**

Název výsledku

Vyzařování plazmatu při vysokých hustotách energie: jeho diagnostika a využití

### Abstrakt

Byla studována emise plazmatu, která může odpovídat za chemické procesy v něm indukované, a to jak emise extrémní ultrafialové a rentgenové, tak emise nabitých částic (viz především dokumenty 01, 04 a 05). V dalších dokumentech je demonstrován náš podíl na vývoji a implementaci instrumentace umožňující tyto procesy, spojené s dosažením a diagnostikou různých stavů hmoty při vysokých hustotách energie, efektivně studovat. Dále jsme sledovali, jak krátkovlnné záření modifikuje molekulární soustavy, jež představují model finálních produktů účinků plazmatu vyprodukovaného výkonovými lasery v molekulárních plynech, především biopolymery. Provedli jsme ozařovací experimenty s radiačně citlivými soustavami, např. plazmidovou DNA. Pro určení výtěžku zlomů řetězce DNA je klíčové velmi přesné stanovení energie extrémního ultrafialového záření v pulzu realizované ve spolupráci s kolegy z IFPLM (Varšava) a IFJ (Krakov). Dále byly experimentálně sledovány účinky laserového plazmatu a jeho krátkovlnného vyzařování i na malé molekuly v plynné fázi, především na formamid a chirální aminoalkoholy. Přechod na kratší vlnové délky, tedy z extrémní ultrafialové do rentgenové spektrální oblasti, si vynutil práci s novými materiály, které mají vyšší hustotu a střední protonové číslo a krátkovlnné záření s nimi tedy interaguje silněji.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Hlavního výsledku se zřejmých inovačním potenciálem jsme dosáhli při testování wolframenu olovnatého (viz dokument 02 a 013) jako materiálu vhodného k realizaci ablačních otisků fokusovaných svazků rentgenových laserů. Nová třída laserů s volnými elektrony generujícími záření o vlnových délkách v desetínách nanometru již nemůže ke snímání ablačních otisků využívat organických polymerů. Rentgenové laserové záření jimi totiž proniká do značných hloubek a negarantuje podmínku lokálního účinku. Na LCLS (Linac Coherent Light Source) jsme prokázali, že PbWO<sub>4</sub> (se svou enormní hustotou a vysokým středním protonovým číslem a tedy očekávanou krátkou atenuační délkou rentgenového laserového záření) splňuje materiálové požadavky na charakterizaci fokusovaného svazku rentgenového laseru velmi dobře. To nás opravňuje předpokládat, že popsaná technika nalezne uplatnění nejen na již zprovozněných (SACLA, Japonsko) i nově budovaných (European XFEL, SRN) rentgenových laserech s volnými elektrony, ale i na budoucích kompaktních zdrojích krátkovlnného záření vyvíjených pro technologické a biomedicínské aplikace.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Informace o kvalitě a kvantitě emise z vysokoparametrového plazmatu generovaného různými typy především krátkovlnných laserů slouží potenciálním uživatelům nejen k diagnostice stavu předmětného plazmatu, ale především k získání přesného a spolehlivého popisu pole záření či odhadu toku částic pro plánování a realizaci aplikačních a uživatelských experimentů.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Juha Libor Ing. CSc.**

Spojení 266 052 741 juha@fzu.cz

Organizace 68378271 Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 1999 2 18221 Praha 8 www.fzu.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	J. Andreasson, B. Iwan, A. Andrejczuk, E. Abreu, M.	J – článek v odborném	ANG

- Bergh, C. Caleman, A.J. Nelson, S. Bajt, J. Chalupský, H. N. Chapman,<sup>8,9</sup> R. R. Fäustlin, V. Hájková, P.A. Heimann, B. Hjørvarsson, L. Juha, D. Klinger, J. Krzywinski, B. Nagler, G.K. Pálsson, W. Singer, M.M. Seibert, R. Sobierajski, S. Toleikis, T. Tschentscher, S.M. Vinko, R.W. Lee, J. Hajdu, N. Tîmneanu: Saturated ablation in metal hydrides and acceleration of protons and deuterons to keV energies with a soft-x-ray laser, *Phys. Rev. E* 83 (2011) 016403(1) - 016403(7). doi: 10.1103/PhysRevE.83.016403
- periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- 02 J. Chalupský, P. Boháček, V. Hájková, S.P. Hau-Riege, P.A. Heimann, L. Juha, J. Krzywinski, M. Messerschmidt, S.P. Moeller, B. Nagler, M. Rowen, W.F. Schlotter, M.L. Swiggers, J.J. Turner: Comparing different approaches to characterization of focused X-ray laser beams, *Nucl. Instrum. Meth. A* 631 (2011) 130 - 133. doi: 10.1016/j.nima.2010.12.040
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 03 Sh. Dastjani Farahani, J. Chalupský, T. Burian, H. Chapman, A.J. Gleeson, V. Hájková, L. Juha, M. Jurek, D. Klinger, H. Sinn, R. Sobierajski, M. Störmer, K. Tiedtke, S. Toleikis, T. Tschentscher, H. Wabnitz, J. Gaudina: Damage threshold of amorphous carbon mirror for 177 eV FEL radiation *Nucl. Instrum. Meth. A* 635 (2011) S39, doi: 10.1016/j.nima.2010.10.133
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 04 E. Galtier, F. B. Rosmej, T. Dzelzainis, D. Riley, F.Y. Khattak, P. Heimann, R.W. Lee, A.J. Nelson, S.M. Vinko, T. Witcher, J.S. Wark, T. Tschentscher, S. Toleikis, R.R. Fäustlin, R. Sobierajski, M. Jurek, L. Juha, J. Chalupský, V. Hájková, M. Kozlová, J. Krzywinski, B. Nagler: Decay of Cystalline Order and Equilibration during the Solid-to-Plasma Transition Induced by 20-fs Microfocused 92-eV Free-Electron-Laser Pulses *Phys. Rev. Lett.* 106 (2011) 164801(1) - 164801(4). doi: 10.1103/PhysRevLett.106.164801
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 05 E. Galtier, F.B. Rosmej, O. Renner, L. Juha, J. Chalupský, J.-C. Gauthier, S. White, D. Riley, S. Vinko, T. Witcher, J. Wark, B. Nagler, R.W. Lee, A.J. Nelson, S. Toleikis: Observation of K-Shell Soft X Ray Emission of Nitrogen Irradiated by XUV-Free Electron Laser FLASH at Intensities Greater than 1016 W/cm<sup>2</sup> *Contrib. Plasma Phys.* 51 (2011) 284 - 287. doi: 10.1002/ctpp.201000045
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 06 P. Heimann, O. Krupin, W. F. Schlotter, J. Turner, J. Krzywinski, F. Sorgenfrei, M. Messerschmidt, D. Bernstein, J. Chalupský, V. Hájková, S. Hau-Riege, M. Holmes, L. Juha, N. Kelez, J. Lüning, D. Nordlund, M. Fernandez Perea, A. Scherz, R. Soufli, W. Wurth, M.
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG

Rowen: Linac Coherent Light Source soft x-ray materials science instrument optical design and monochromator commissioning. *Rev. Sci. Instrum.* 82 (2011) 093104(1) - 093104(8). doi: 10.1063/1.3633947

- 07 R. Sobierajski, S. Bruijn, A.R. Khorsand, E. Louis, R.W.E. van de Kruijs, T. Burian, J. Chalupský, J. Cihelka, A. Gleeson, J. Grzonka, E.M. Gullikson, V. Hájková, S. Hau-Riege, L. Juha, M. Jurek, D. Klinger, J. Krzywinski, R. London, J. B. Pelka, T. Płociński, M. Rasiński, K. Tiedtke, S. Toleikis, L. Vyšín, H. Wabnitz, F. Bijkerk: Damage mechanisms of MoN/SiN multilayer optics for next-generation pulsed XUV light sources. *Opt. Express* 19 (2011) 193 - 205. doi: 10.1364/OE.19.000193 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 08 W. Wierzchowski, K. Wieteska, T. Balcer, D. Klinger, R. Sobierajski, D. Żymierska, J. Chalupský, V. Hájková, T. Burian, A.J. Gleeson, L. Juha, K. Tiedtke, S. Toleikis, L. Vyšín, H. Wabnitz, J. Gaudin: X-ray topographic investigation of the deformation field around spots irradiated by FLASH single pulses. *Radiat. Phys. Chem.* 80 (2011) 1036 - 1040. doi: 10.1016/j.radphyschem.2011.02.034 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 09 I. Matulková, I. Němec, J. Cihelka, M. Pojarová, M. Dušek: 2-Amino-1,3-thiazolium dihydrogen phosphate. *Acta Crystallogr. E* 67 (2011) o3410. doi: 10.1107/S160053681104935X J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 10 I. Matulková, I. Němec, J. Cihelka, M. Pojarová, M. Dušek: Tris(2-amino-1,3-thiazolium) hydrogen sulfate sulfate monohydrate. *Acta Crystallogr. E* 67 (2011) o3216. doi: 10.1107/S1600536811046010 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 11 A. Giglia, N. Mahne, A. Bianco, C. Svetina, R. Cucini, L. Vysin, T. Burian, L. Juha, S. Nannarone: FEL multilayer optics damaged by multiple laser shots: experimental results and discussion in *Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III*, edited by L. Juha, S. Bajt, R. A. London, Apr 18-20, 2011, Prague, Czech Republic, *Proceedings of SPIE Vol. 8077*, (SPIE, Bellingham, WA, 2011) 807711, ISBN: 978-0-81948-667-7 doi: 10.1117/12.886845 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 12 M. De Grazia, H. Merdji, T. Auguste, B. Carré, J. Gaudin, G. Geoffroy, S. Guizard, F. Krejci, J. Kuba, J. Chalupský, J. Cihelka, V. Hajkova, M. Ledinský, L. Juha: Desorption mechanisms in PMMA irradiated by high order harmonics in *Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III*, edited by L. Juha, S. Bajt, R. A. London, Apr 18-20, 2011, Prague, Czech Republic, *Proceedings of SPIE*

Vol. 8077, (SPIE, Bellingham, WA, 2011) 80770L, ISBN: 978-0-81948-667-7, doi: 10.1117/12.890093

- 13 V. Hájková, L. Juha, P. Boháček, T. Burian, J. Chalupský, L. Vyšín, J. Gaudin, P. A. Heimann, S. P. Hau-Riege, M. Jurek, D. Klinger, J. Pelka, R. Sobierajski, J. Krzywinski, M. Messerschmidt, S. P. Moeller, B. Nagler, M. Rowen, W. F. Schlotter, M. L. Swiggers, J. J. Turner, S. M. Vinko, T. Whitcher, J. Wark, M. Matuchová, S. Bajt, H. Chapman, R. Fäustlin, A. Singer, K. Tiedtke, S. Toleikis, I. Vartaniants, H. Wabnitz, T. Dzelzainis, D. Riley, J. Andreasson, J. Hajdu, B. Iwan, N. Timneanu, K. Saksl: X-ray laser-induced ablation of lead compounds in Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III, edited by L. Juha, S. Bajt, R. A. London, Apr 18-20, 2011, Prague, Czech Republic, Proceedings of SPIE Vol. 8077, (SPIE, Bellingham, WA, 2011) 807718, ISBN: 978-0-81948-667-7 doi: 10.1117/12.890134 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 14 E. Nováková, M. Davidková, L. Vyšín, T. Burian, L. Juha, M.E. Grisham, S. Heinbuch, J.J. Rocca: Damage to dry plasmid DNA induced by nanosecond XUV-laser pulses in Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III, edited by L. Juha, S. Bajt, R. A. London, Apr 18-20, 2011, Prague, Czech Republic, Proceedings of SPIE Vol. 8077, (SPIE, Bellingham, WA, 2011) Article CID Number 80770W, ISBN: 978-0-81948-667-7 Number. doi: 10.1117/12.887735 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 15 P. Pira, T. Burian, L. Vyšín, J. Chalupský, J. Lančok, J. Wild, M. Střížík, Z. Zelinger, J.J. Rocca, L. Juha: Ablation of ionic crystals induced by capillary-discharge XUV laser in Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III, edited by L. Juha, S. Bajt, R. A. London, Apr 18-20, 2011, Prague, Czech Republic, Proceedings of SPIE Vol. 8077, (SPIE, Bellingham, WA, 2011) 807719, ISBN: 978-0-81948-667-7. doi: 10.1117/12.890406 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)



## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/08/2011**

Název výsledku

Využití zinkového XUV laseru v experimentech s laserovým plazmatem

### Abstrakt

Zinkový rentgenový (XUV) laser s vlnovou délkou záření 21,2 nm a rekordním jasem je v laboratoři PALS využíván jako nástroj pro strukturování povrchu látek (dokument 01), pro vytváření tzv. horké husté hmoty (dokument 02) i jako neustále zdokonalovaný diagnostický prostředek pro měření parametrů hustého a horkého laserového plazmatu. Jeho využití pro rentgenovou (XUV) interferometrii laserového plazmatu v oblasti hustot mezi kritickým a ablačním povrchem a pro stínové zobrazení radiativních rázových vln ilustrují dokumenty 03 a 04.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Zcela nových výsledků bylo dosaženo při experimentálním ověření navrženého PDI (Point Diffraction Interferometer) senzoru, který slouží k měření vlnoplochy v oblasti XUV záření. Navržený systém je schopný detekovat fázový tvar čela svazku (emitujícího na vlnové délce 30 nm) a na základě změřených hodnot následně nastavit adaptivní člen (deformovatelné zrcadlo), které zajistí korekci optických aberací ve svazku. Tento proces by měl v budoucnu významně zlepšit kvalitu svazku (např. měl by mít pozitivní vliv na jeho fokusovatelnost, tj. na velikost, tvar a homogenitu ohniska). Definovaný tvar vlnoplochy umožní i nové druhy experimentů (např. interferometrických), které se stávající kvalitou fázového čela HHG svazku nebyly doposud možné.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Navržený a experimentálně ověřený PDI senzor umožní vylepšení vlnoplochy HHG svazku a tím výrazně přispěje ke zlepšení jeho fokusovatelnosti. Nové XUV zobrazovací zrcadlo zkvalitní zobrazování v experimentech využívajících rentgenového laseru jako sondovacího nástroje.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Kozlová Michaela Ing. Ph.D.**

Spojení

266 052 620 Kozlova@fzu.cz

Organizace

68378271 Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 1999 2 18221 Praha  
8 www.fzu.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	K. Jakubczak, T. Mocek, J. Chalupský, G. Hwang Lee, T. Keun Kim, S. Beom Park, Ch. Hee Nam, V. Hájková, M. Toufarová, L. Juha, B. Rus: Enhanced surface structuring by ultrafast XUV/NIR dual action New J. Phys. 13 (2011) 05049(1) - 05049(12). doi: 10.1088/1367-2630/13/5/053049	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	B. Rus, T. Mocek, M. Kozlová, J. Polan, P. Homer, M. Fajardo, M.E. Foord, H. Chung, S.J. Moon, R.W. Lee: High energy density matter generation using a focused soft-X-ray laser for volumetric heating of thin foils High Energy Density Physics 7 (2011) 11 - 16	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

- 03 L.M.R. Gartside, G.J. Tallents, A.K. Rossall, E. Wagenaars, D.S. Whittaker, M. Kozlová, J. Nejdí, M. Sawicka, J. Polan, M. Kálal, B. Rus: Extreme ultraviolet interferometry of laser plasma material between the critical and ablation surfaces, High Energy Density Physics 7 (2011) 91 - 97 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 Ch. Stehlé, M. Kozlová, J. Larour, J. Nejdí, N. Champion, P. Barroso, F. Suzuki-Vidal, O. Acef, P.-A. Delattre, J. Dostál, M. Krus, J.-P. Chièze: New probing techniques of radiative shocks, Optics Communications, Volume 285, Issue 1, 1 January 2012, Pages 64-69, ISSN 0030-4018 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/09/2011**

Název výsledku

Modifikace povrchů zářením argonového kapilárního laseru

### Abstrakt

V tomto bloku uvádíme výsledky aplikačních experimentů na inovovaném kapilárním EUV Ar<sup>8+</sup> laseru CAPEX se zvýšenou opakovací frekvencí a s prodlouženou životností kapilární výbojové trubice. Jeho záření má záření dostatečnou fluenci pro modifikaci povrchu terče zhotoveného z polymetylmetakrylátu nebo GaAs. V průběhu jediného výstřelu laseru je schopno vyhloubit reliéf s periodou blízkou se vlnové délce použitého záření. Pracovníci Centra J. Schmidt a V. Prukner se podstatnou měrou podíleli na inovaci zařízení CAPEX a na realizaci litografických experimentů a na vývoji diagnostik plazmatu kapilárních výbojů a drátkových pinčů.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Daný výsledek je příkladem úspěšného využití záření kapilárního argonového laseru, zkonstruovaného na základě originálního domácího projektu, pro modifikaci povrchů pevných látek. V případě demonstrováném v dokumentech č. 01-03 a 05 byl do substrátu vyhlouben relief dvoudimenzionálního difrakčního obrazce, který vzniká v oknech v kontaktu stojící mřížky.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Získané výsledky prokazují možnost využít argonový kapilární laser pro alternativní metodu nanostrukturování povrchů interferenční litografií s přímým zápisem, která nalezne uplatnění např. při vývoji optických procesorů, v plazmonice a dalších praktických aplikacích.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Koláček Karel RNDr. CSc.**  
Spojení 266 053 224 kolacek@ipp.cas.cz  
Organizace 61389021 Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. Za Slovankou 1782 3 18200  
Praha 8 www.ipp.cas.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	K.Kolacek, J.Straus, J.Schmidt, O.Frolov, V.Prukner, J.Sobota, T.Fort, A.Shukurov, EUV radiation of pulse high-current proximity-wall-stabilized discharges, in X-Ray Lasers 2010, Proc. 12th IC X-ray lasers, 30 May – 4 June 2010, Gwangju, Korea, Eds. Jongmin Lee, Chang Hee Nam, Karol A. Janulewicz, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, Canopus Acad. Publ. Ltd. 2011, ISSN 0930-8989, e-ISSN 1867-4941, ISBN 978-94-007-1185-3, e-ISBN 978-94-007-1186-0, DOI 10.1007/978-94-007-1186-0, Lib. of Congress 2011921002, pp. 263-268	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	K.Kolacek, V.Prukner, J.Schmidt, O.Frolov, J.Straus, A.Shukurov, V.Holy, J.Sobota, T.Fort, Nano-structuring of solid surface by extreme ultraviolet Ar <sup>8+</sup> laser, Laser and Particle Beams, doi:10.1017/S0263034611000681,	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

to be published

- 03 O.Frolov, K.Kolacek, J.Schmidt, J.Straus, V.Prukner, A.Shukurov, Surface modification by EUV laser beam based on capillary discharge, WASET International Journal of Science, Engineering and Technology, Issue 58, October 2011, pp. 484-487 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 J.Schmidt, K.Kolacek, O.Frolov, V.Prukner, J.Straus, Pre-pulse current measurement of the fast high-current capillary-discharge experiment, Proc. 2010 IEEE Int. Power Modulator and High Voltage Conference, 23-27.05.2010, Atlanta, Georgia, USA, Ed. Enis Tuncer, ISBN 978-1-4244-7129-4, CD-ROM, pp. 573-575 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 05 K.Kolacek, V.Prukner, J.Schmidt, O.Frolov, J.Straus, A.Shukurov, V.Holy, J.Sobota, T.Fort, Nano-structuring of solid surfaces by EUV Ar8+ laser, 5th IC Frontiers of Plasma Physics and Technology, 18-22.04.2011, Singapore, Singapore, Programme & Abstract Booklet, pp. 42-43 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 06 J.Straus, K.Kolacek, J.Schmidt, O.Frolov, V.Prukner, Result of optimization of the EUV capillary laser source CAPEX, WDS2011 Proceedings of Contributed Papers: Part II – Physics of Plasmas an Ionized Media, (eds. J. Šafránková and J. Pavlů), Prague, Matfyzpress, in press D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 07 V.Prukner, K.Kolacek, J.Schmidt, O.Frolov, J.Straus, Optical and electrical diagnostic of underwater Zn-wire explosion, 38th IEEE IC Plasma Science (ICOPS) & 24th IEEE Symp. Fusion Engineering, 26-30.6.2011, Chicago, IL, USA, IEEE Conf. Record – Abstracts, IEEE Catalog No: CFP11/CO-USB, ISBN: 978-1-61284-328-5, ISSN: 0730-9244, Paper No. 1P2E-54 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 08 J.Schmidt, K.Kolacek, O.Frolov, V.Prukner, J.Straus, Repetitive XUV laser based on the fast capillary discharge, Proc. SPIE International Symposium on Optical Engineering and Applications, (OP321) X-Ray Lasers and Coherent X-Ray Sources: Development and Applications, 21-25.08.2011, San Diego, California, USA, a) 2011 Optics + Photonics Technical Program, p.193, Paper No. 8140-41, b) Eds. James Dunn, Annie Klisnik, ISBN 9780819487506, ISSN 0277-786X, pp. 814015-1 to 814015-6 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: LC528/10/2011

Název výsledku

Teoretické a experimentální studium kapilárních zdrojů VUV a XUV záření

### Abstrakt

Pavel Vrba a jeho spolupracovníci numericky modelovali rychlý kapilární výboj v dusíku jako zdroj nekoherentního monochromatického záření ve spektrální oblasti "vodního okna". Hlavní pozornost věnovali generaci spektrální čáry vlnové délce 2,88 nm, jež odpovídá kvantovému přechodu  $1s2p \rightarrow 1s2$  v heliu-podobných dusíkových iontech. Radiálně-časové mapy vybraných parametrů plazmatu a intenzity specifikované spektrální čáry v podmínkách odpovídajících experimentální sestavě na FJFI (průměr kapiláry 3,2 mm, amplituda pulzního výbojového proudu 3.5 kA, čtvrtperioda výboje 72 ns) vypočetli pro různé počáteční tlaky dusíku. Maximální hodnota intenzity vyzařované čáry byla nalezena při tlaku okolo 50 Pa, ve shodě s laboratorním experimentem.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

V Centru vyvinutý komplexní počítačový model poskytuje údaje o časovém vývoji proudových parametrů a vyzařovacích spekter kapilárního výboje, jež lze přímo porovnávat s experimentem. Na základě počítačového modelování byly optimalizovány v Centru vyvíjené kapilární zdroje VUV a XUV záření, z nichž např. argonové kapilární zdroje na FJFI a v ÚFP již slouží k interakčním experimentům a k vytváření povrchových nanostruktur metodou VUV litografie.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Výsledky počítačového modelování kapilárních výbojů byly s úspěchem využity při návrhu a interpretaci experimentů s kapilárními zdroji EUV a XUV záření na pracovištích Centra. Výbojové kapilární zdroje jsou díky svým malým rozměrům, vysoké opakovací frekvenci a malé divergenci svazku generovaného intenzivního záření velmi perspektivní zejména z hlediska jejich možných četných biomedicínských aplikací.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno Vrba Pavel Ing. CSc.

Spojení 266 052 521 vrba@ipp.cas.cz

Organizace 61389021 Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. Za Slovankou 1782 3 18200  
Praha 8 www.ipp.cas.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	P. Vrba, M. Vrbova: Computer Modeling of Capillary Pinching Discharge for the Purpose of XUV Radiation Source Design, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 39, No.11, 2011, p. 2390	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	P. Vrba, S.V. Zakharov, A. Jancarek, M. Vrbova, M. Nevrlka and P. Kolar: Pinching capillary discharge as a water window radiation source, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Vol.184, No 3-6, 2011, p. 335 - 337, ISSN 0368-2048	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	M. Vrbova, P. Vrba, S. V. Zakharov, V. S. Zakharov, A.	D – článek ve sborníku	ANG

- Jancarek, M.Nevrkla, P. Kolar: Water Window Radiation Source Based on Capillary Z-Pinch, 8th Int. Conf. Dense Z-pinches, 5.6-9.6. 2011, Biarritz, France (RIV 2009)
- 04 M. Vrbova, P. Vrba, A. Jancarek, M. Nevrkla: Radial-Time Gain of Argon Laser Pumped by Pinching Capillary Discharge, ICOPS 2011 38th Int. Conf. Plasma Sci., 26.-30. 6. 2011, Chicago, USA D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 05 M. Nevrkla, A. Jancarek, J. Hübner, D. Sheftman, L. Pina, P. Vrba, M. Vrbova: Time-resolved XUV Radiation Diagnostics From Nitrogen Discharge Z-pinching Plasma, SPIE 11 X-Ray Lasers and Coherent X-Ray Sources:Develop. and Appl. 23.- 25.8. 2011, San Diego USA, Proc.SPIE 8140 (2011), art. no. 814016) doi:10.1117/12.893742 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 06 P. Vrba: XUV Radiation from Gaseous Target Laser Plasma, BIO-OPT-XUV Workshop 2011, 3- 4. 10. 2011, CTU FBME, Kladno, CR D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 07 P. Vrba , M. Vrbová, P. Brůža , D. Pánek: XUV Radiation from Gaseous Nitrogen and Argon Target Laser Plasmas, 14th Latin American Workshop on Plasma Physics, LAWPP 2011, 20-25. 2011, Mar del Plata Argentina D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 08 P. Pršanec, M. Stefanovič: Optimization and diagnostics of XUV source for application in biological, BIO-OPT-XUV Workshop 2011, 3- 4. 10. 2011, CTU FBME, Kladno, CR. [[https://www.sgs.cvut.cz/index.php?action=workshop\\_2011](https://www.sgs.cvut.cz/index.php?action=workshop_2011)] D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/11/2011**

Název výsledku

Experimentální výzkum magnetických pinčů

### Abstrakt

V tomto bloku uvádíme výsledky experimentálního studia dynamiky a vyzářování magnetických pinčů prováděného pracovníky FEL ČVUT pod vedením Pavla Kubeše. Časopisecká publikace 01 shrnuje nové poznatky o korelacích spojených s urychlením deuteronů a produkcí neutronů, další tři (02, 04, 09) přinášejí experimentální důkaz generace termonukleárních neutronů na aparatuře PF-1000 v Institute Plasma Physics and Laser Microfusion ve Varšavě a rozebírají podmínky jejich vzniku. Energetické přeměny v plazmatu vedoucí k účinnému urychlení deuteronů jsou diskutovány v dokumentu 05. Náplní článků 06 a 07 je rozbor příčin poklesu neutronového zisku při velkých pinčujících proudech řádu 1-2 MA. Při velkých proudech dochází k potlačení nestabilit vyšší hustotou proudu a silnějším magnetickým polem, produkují se deuterony s nižší energií a s podstatně menším účinným průřezem fúzní D-D reakce. Vedle časopiseckých článků byly výsledky výše uvedeného výzkumu publikovány v celé řadě konferenčních příspěvků, z nichž zde uvádíme 10 vybraných (dokumenty 10-19).

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Experimentální potvrzení existence termonukleárních neutronů bylo provedeno v historii výbojových zdrojů fúzních neutronů vůbec poprvé. Shodou příznivých faktorů při modifikované konfiguraci elektrod na PF-1000 byly v některých výstřelech dostatečně časově separovány jednotlivé neutronové impulsy tak, že při registraci ve směru za anodou byly jasně odlišitelné i ve vzdálenosti 24 m. Rovněž porovnání v různých časech sejmutých interferogramů hustoty plazmatu s časem produkce neutronů a jejich energetickým spektrem umožnila hlubší vhled do transformací struktur v plazmatických pinčích. Výsledky vzbudily pozornost a odezvu v plazmatické komunitě. Dokument 02 patřil k nejstahovanějším z článků uveřejněných v časopise APL v roce 2011.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Časový vývoj a korelace produkce neutronů s měkkým a tvrdým rentgenovým zářením, prostorovým rozložením hustot plazmatu a magnetických polí poskytují důležitá data pro plánované simulace fúzních experimentů na nejvýkonnějším 25 MA Z-pinči v Sandia Nat. Lab. (pozdání D. Klíra na seminář MagLIF Liner Fusion Workshop, Feb. 5-8, 2012 v Albuquerque). Větší rozměry, nižší hustota energie a častější frekvence výstřelů na menších megaampérových aparaturách umožňují použití detailnější diagnostiky s jemnějším časovým a prostorovým rozlišením. Příkladem je uplatnění závěrů o podmínkách generace termonukleárních neutronů na produkci neutronů na z-pinčové aparatuře GIT-12. Pro přesné určování rychlosti, energie a doby vzniku neutronů a deuteronů produkujících neutrony je možné použít Monte-Carlo numerické metody pro time-of-flight analýzu, shrnuté v dokončené a obhájené doktorské práci Ing. Karla Řezáče. Získané nové poznatky lze využít i při výzkumu horkého tokamakového, laserového a astrofyzikálního plazmatu.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Kubeš Pavel Prof. RNDr. CSc.**

Spojení 224 352 311 [kubes@fel.cvut.cz](mailto:kubes@fel.cvut.cz)

Organizace 68407700 ČVUT Fakulta elektrotechnická Technická 2 16627 Praha 6  
[www.fel.cvut.cz](http://www.fel.cvut.cz)

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk , M. Scholz, T.	J – článek v odborném	ANG

	Chodukowski, D. Klir, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, K. Tomaszewski, E. Zielinska, M. J. Sadowski: Spontaneous Transformation of Magnetic Fields as a Mechanism which Regulate Dynamics in Plasma Focus, IEEE Transactions on Plasma Science 39, (2011), 562-568	periodiku (časopise) (RIV 2009)	
02	D. Klir, P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Scholz, Z. Kalinowska, E. Zielinska, B. Bienkowska, J. Hitschfel, L. Karpinski, J. Kortanek, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, K. Tomaszewski, Experimental Evidence of Thermonuclear Neutrons in Modified PF-1000 Plasma Focus, Applied Physics Letters, 98, (2011), 071501	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, E. Litseva, K. Tomaszewski, L. Karpinski, M. Paduch, M. Scholz: Fusion Neutron Detektor for Time-of-Flight Measurements in Z-Pinch and Plasma Focus Experiments, Rev. Scient. Instruments 82, (2011), 033505	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
04	D. Klir, P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Schulz, Z. Kalinowska, B. Bienkowska, L. Karpinski, J. Kortanek, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, K. Tomaszewski, E. Zielinska: Search for Thermonuclear Neutrons in a Mega-Ampere Plasma Focus, PPCF (2012),015001	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
05	P. Kubes, D. Klir, J. Kravarik, K. Rezac, M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, K. Tomaszewski, E. Zielinska, M. J. Sadowski: Energy Transformation in Column with Plasma Focus Discharge with MA Currents, IEEE Transactions on Plasma Science, in print	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
06	P. Kubes, D. Klir, K. Rezac, M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, J. Hitschfel, J. Kortanek, J. Kravarik, I. Ivanova-Stanik, B. Bienkowska, L. Karpinski, E. Zielinska, M. J. Sadowski, K. Tomaszewski: Interferometry of the Plasma Focus Equipped with Forehead Cathode, Nukleonika, in print	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
07	P. Kubes, D. Klir, M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, K. Rezac, J. Kravarik, J. Hitschfel, J. Kortanek, B. Bienkowska, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, M. J. Sadowski, K. Tomaszewski and E. Zielinska: Characterization of the Neutron Production in the Modified MA Plasma-Focus, IEEE Transactions of Plasma Science, in review process	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
08	D. Klir, P. Kubes, K. Rezac, A.V. Shishlov, V.A.	J – článek v odborném	ANG



- Kokshenev, B.M. Kovalchuk, J. Kravarik, N. E. Kurmaev, A.Yu. Labetsky, and N.A. Ratakhin, Deuterium gas puff Z-pinch at currents of 2 to 3 mega-ampere, prepared for publication periodiku (časopise) (RIV 2009)
- 09 D. Klir, P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Scholz, Z. Kalinowska, E. Zielinska, B. Bienkowska, J. Hitschfel, L. Karpinski, J. Kortanek, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, K. Tomaszewski, Response to Comment on Experimental evidence of thermonuclear neutrons in a modified plasma focus, Appl. Phys. Lett. 99 (2012) in print J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 10 P. Kubes, D. Klir, J. Kortanek, J. Kravarik, K. Rezac M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, B. Bienkowska, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, M. J. Sadowski, K. Tomaszewski, E. Zielinska: Neutron and Interferometry Diagnostics of the 2 MA Plasma Focus, 8thDZP, Biarritz, France, 2011 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 11 D. Klir, J. Hitschfel, J. Kortanek, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, M. Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Scholz, Z. Kalinowska, B. Bienkowska, L. Karpinski, I. Ivanova-Stanik, E. Zielińska, Neutron Production of Mega-Ampere Deuterium Z-pinches, 8thDZP, Biarritz, France, 2011 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 12 P. Kubes, D. Klir, J. Kortanek, J. Kravarik, K. Rezac M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, B. Bienkowska, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, M. J. Sadowski, K. Tomaszewski, E. Zielinska: Mechanism of production of neutrons from D-D reaction in PF and Z-pinch Discharges, Presentations of the Tenth Kudowa Summer Schoule Towards Fusion Energy, Kudowa Zdrój, Poland, 2011, ISSN 2893-5884, 9/67 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 13 J. Cikhardt, D. Klir, J. Kravárik, P.Kubeš, K. Řezáč, L. Karpiński, M. Paduch, M. Scholz, E. Zielinska, The noise reduction of the measured signal in plasma diagnostic with adaptive filtration, Presentations of the Tenth Kudowa Summer Schoule Towards Fusion Energy, Kudowa Zdrój, Poland, 2011, ISSN 2893-5884, 18/16 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 14 J. Hitschfel, P. Kubes, M. Paduch, E. Zielinska : Determining the mean energy of neutrons and deuterons and determining of the proportion of slowed and delayed neutrons, Presentations of the Tenth Kudowa Summer Schoule Towards Fusion Energy, Kudowa Zdrój, Poland, 2011, ISSN 2893-5884, 28/13 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 15 O. Sila, P. Kubes, D. Klir, K. Rezac,: MCNP calculations D – článek ve sborníku ANG

- of the spectrum of scattered neutrons at PFZ device, (RIV 2009)  
Presentations of the Tenth Kudowa Summer Schoule  
Towards Fusion Energy, Kudowa Zdrój, Poland, 2011,  
ISSN 2893-5884, 29/23
- 16 J. Kortánek, J. Kravárik, K. Řezáč, D. Klír, M. Paduch, D – článek ve sborníku ANG  
M. Scholz, L. Karpinski, T. Pisarczyk, E. Zielinska, T. (RIV 2009)  
Chodu-kowski, A. Kowalevska, I. Ivanova-Stanik: Matlab  
applications for processing of interferograms and  
oscilograms from PF-1000 experiments, Presentations of  
the Tenth Kudowa Summer Schoule Towards Fusion  
Energy, Kudowa Zdrój, Poland, 2011, ISSN 2893-5884,  
33/27
- 17 P.Kubes, D.Klír, J. Kortanek, J.Kravarik, K.Rezac, J. D – článek ve sborníku ANG  
Hitschfel, M.Paduch, T.Pisarczyk, M.Scholz, (RIV 2009)  
T.Chodukowski, Z.Kalinowska, B.Bienkowska, I.Ivanova-  
Stanik, L.Karpinski, E.Zielinska, M.J.Sadowski,  
K.Tomaszewski, Interferometry of the Plasma Focus with  
Forehead Cathode, CD International Conference on  
Research and Application of Plasmas Plasma-2011,  
ISBN 978-83-926290-1-6, Warsaw 2011
- 18 M. Scholz, M.J. Sadowski, P. Kubes, V.Krauz, D – článek ve sborníku ANG  
K.Mitrofanov, Progress on MJ Plasma Focus Research (RIV 2009)  
at IPPLM, CD International Conference on Research and  
Application of Plasmas Plasma-2011, ISBN 978-83-  
926290-1-6, Warsaw 2011
- 19 J. Kortanek, P. Kubes: Determination of Inductance in D – článek ve sborníku ANG  
the Plasma Column on PF 1000, CD International (RIV 2009)  
Conference on Research and Application of Plasmas  
Plasma-2011, ISBN 978-83-926290-1-6, Warsaw 2011

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/12/2011**

Název výsledku

Nové laserové systémy využívající svazek jódového laseru SOFIA nebo PALS

### Abstrakt

V laboratoři SOFIA bylo dosaženo frekvenčně širokopásmového parametrického zesílení femtosekundových pulzů v krystalu KDP v oblasti vlnové délky 800 nm. Krystal KDP může být vypěstován o velkém průměru, a proto představuje klíčový konstituční prvek výkonových zesilovačů při stavbě petawattových laserů, ať již jsou parametricky čerpány jakýmkoliv laserem. K zesílení femtosekundových laserových pulzů se širokým spektrem metodou OPCPA byla využita technika OPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification) a energie frekvenčně úzkopásmového plynového jódového laseru.

Hlavní (1) a další (2-5) obory řešení výsledku (dle číselníku CEP, RIV)

1.- BL, 2.- BH, 3.- , 4.- , 5.-

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Jak v případě frekvenčně širokopásmového parametrického zesílení femtosekundových pulzů v krystalu KDP v oblasti vlnové délky 800 nm, tak v případě aplikace techniky OPCPA na jódový plynový laser jde o celosvětové prvenství. Náš výsledek jednoznačně prokázal možnost využít metodu OPCPA pro konverzi energie jódového laseru do femtosekundových laserových pulzů. Prokázali jsme rovněž, že experimentální data získaná při aplikaci metody OPCPA na laserových systémech s jódovým nebo neodýmovým čerpacím laseru skutečně odpovídají teoreticky očekávaným hodnotám. Tento výsledek má značný význam pro návrh a stavbu budoucích vysokovýkonových pulzních laserových systémů.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Výsledek dokládá zvládnutí problematiky generování výkonových femtosekundových laserových pulzů na národní úrovni. Získané poznatky mohou být využity při stavbě pulzních laserů s výkonem přesahujícím 100 TW.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Straka Petr Ing. CSc.**

Spojení 266 052 623 straka@fzu.cz

Organizace 68378271 Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 1999 2 18221 Praha 8 www.fzu.cz

## 5. DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

Číslo	Název dokumentu	Typ	Jazyk
01	O. Novák, H. Turčičová, M. Divoký, M. Smrž, J. Huynh, P. Straka, Femtosecond pulse amplification by an ultra-narrow-band high power gaseous laser, zasláno do Optics Letters (2011)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	O. Novák, H. Turčičová, M. Divoký, M. Smrž, J. Huynh, M. Pfeifer, P. Straka, Broadband femtosecond OPCPA system driven by the single-shot narrow-band iodine photodissociation laser SOFIA, zasláno do Applied Physics B (2012)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	O. Novák, H. Turčičová, M. Divoký, M. Smrž, J. Huynh, P. Straka, Ultra-Narrow-Band Gaseous Iodine Laser Pumping All-Stage OPCPA, Abstracts 8th International	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

- 04 O. Novák, H. Turčičová, M. Divoký, M. Smrž, J. Huynh, P. Straka, Broadband OPCPA pumped by Ultra-Narrowband Gaseous Iodine Laser, SPIE Photonics West, San Francisco, 21.-26.1., pp 156-157 (2012) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
-

---

## 2.4.2. PLNĚNÍ DÍLČÍCH CÍLŮ

---

### 2.4.2.1. ZPRÁVA O DOSAŽENÍ DÍLČÍHO CÍLE

---

Číslo dílčího cíle	V001
Název dílčího cíle	V oblasti výzkumu laserového plazmatu realizovat výzkumné projekty podrobně specifikované jako plánované aktivity s kódovým označením LP, kap. 3.2.1. Realizovat vybrané experimentální projekty v rámci výzkumu koordinovaného konsorciem LASERLAB-EUROPE.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2011

#### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Dosažené dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1, aktivity uskutečněné č. LP1101-LP1105 a v kap. 2.4.1., výsledky č. 1-7.

#### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledky č. 1-7 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.

---

### 2.4.2.1. ZPRÁVA O DOSAŽENÍ DÍLČÍHO CÍLE

---

Číslo dílčího cíle	V002
Název dílčího cíle	V oblasti vývoje a výzkumu rtg laserů realizovat projekty zaměřené na vědecké a technologické aplikace plazmových rentgenových laserů čerpaných ns i fs laserovými impulsy, podrobně charakterizované v kapitole 3.2.1. jako aktivity s kódovým označením RL.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2011

#### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. RL1101-RL1102 a v kap. 2.4.1., výsledek č. 8.

#### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledek č. 8 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.

---

#### 2.4.2.1. ZPRÁVA O DOSAŽENÍ DÍLČÍHO CÍLE

---

Číslo dílčího cíle	V003
Název dílčího cíle	V oblasti studia kapilárních výbojů a magnetických pinčů dokončit vývoj a zkoušky diagnostických systémů a numerických metod pro experimentální i teoretický výzkum pinčujícího plazmatu v souladu s aktivitami s kódovým označením KP, kap. 3.2.1.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2011

##### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. KP1101-KP1104 a v kap. 2.4.1., výsledky č. 9-11.

##### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledky č. 9-11 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.

---

#### 2.4.2.1. ZPRÁVA O DOSAŽENÍ DÍLČÍHO CÍLE

---

Číslo dílčího cíle	V004
Název dílčího cíle	Vyvíjet nové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, testovat zařízení pro studium interakce laserového záření s hmotou v sub-ps oblasti. Realizovat vybrané projekty navazující na projekty HiPER-PP a ELI-PP. Viz aktivity LS, kap. 3.2.1.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2011

##### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 2.2.1., aktivity uskutečněné č. LS1101-LS1103 a v kap. 2.4.1., výsledek č. 12.

##### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích - viz. publikace uvedené v kap. 2.4.1., výsledek č. 12 a další publikace z roku 2011 v příloze Seznam publikací pracovníků Centra v období 2005-2011.

---

### 3.1.NÁKLADY PROJEKTU - CELÉ OBDOBÍ

#### 3.1.1. NÁKLADOVÉ TABULKY ZA JEDNOTLIVÉ SUBJEKTY

Rok CELK  
Typ skutečné  
Organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.  
Role organizace příjemce - koordinátor

POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ		Náklady skutečně vynaložené tis. Kč	z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč	
F1,3,4,5,6,7,8. - Běžné položky uznaných nákladů		116231	41989	
F2. - Investiční položky uznaných nákladů		14787	6060	
F9. CELKEM		131018	48049	
		PŘEVOD DO fondu tis. Kč	POUŽITÍ Z fondu tis. Kč	
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků		0	0	
	ZDROJE FINANCOVÁNÍ CELKEM tis. Kč	- z toho Účelová podpora (DOTACE) tis. Kč	- z toho Ostatní veřejné zdroje tis. Kč	- z toho Neveřejné zdroje tis. Kč
Z9.	131018	48049	82969	0

Rok CELK  
 Typ skutečné  
 Organizace Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.  
 Role organizace příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b>		<b>Náklady skutečně vynaložené tis. Kč</b>	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč</b>	
F1,3,4,5,6,7,8. - Běžné položky uznaných nákladů		<b>87663</b>	<b>40381</b>	
F2. - Investiční položky uznaných nákladů		<b>10194</b>	<b>6860</b>	
<b>F9. CELKEM</b>		<b>97857</b>	<b>47241</b>	
		<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>	
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků		<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>ZDROJE FINANCOVÁNÍ CELKEM tis. Kč</b>	<b>- z toho Účelová podpora (DOTACE) tis. Kč</b>	<b>- z toho Ostatní veřejné zdroje tis. Kč</b>	<b>- z toho Neveřejné zdroje tis. Kč</b>
Z9.	<b>97857</b>	<b>47241</b>	<b>50616</b>	<b>0</b>



Rok CELK  
 Typ skutečné  
 Organizace České vysoké učení technické v Praze  
 Role organizace příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b>		<b>Náklady skutečně vynaložené tis. Kč</b>	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory tis. Kč</b>	
F1,3,4,5,6,7,8. - Běžné položky uznaných nákladů		<b>47075</b>	<b>30442</b>	
F2. - Investiční položky uznaných nákladů		<b>6001</b>	<b>3425</b>	
<b>F9. CELKEM</b>		<b>47076</b>	<b>33867</b>	
		<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>	
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků		<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>ZDROJE FINANCOVÁNÍ CELKEM tis. Kč</b>	<b>- z toho Účelová podpora (DOTACE) tis. Kč</b>	<b>- z toho Ostatní veřejné zdroje tis. Kč</b>	<b>- z toho Neveřejné zdroje tis. Kč</b>
Z9.	<b>47076</b>	<b>33867</b>	<b>13209</b>	<b>0</b>

**3.1.2. NÁKLADOVÁ TABULKA ZA PROJEKT**

Rok CELK  
Typ skutečné  
PROJEKT LC528 - CELKEM

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b> tis. Kč		<b>Náklady skutečně vynaložené</b> tis. Kč	<b>z toho skutečně hrazené z účelové podpory</b> tis. Kč	
F1,3,4,5,6,7,8. - Běžné položky uznaných nákladů		<b>250969</b>	<b>112812</b>	
F2. - Investiční položky uznaných nákladů		<b>30982</b>	<b>16345</b>	
F9. CELKEM		<b>275951</b>	<b>129157</b>	
<b>ZDROJE FINANCOVÁNÍ CELKEM</b> tis. Kč	<b>- z toho Účelová podpora (DOTACE)</b> tis. Kč	<b>- z toho Ostatní veřejné zdroje</b> tis. Kč	<b>- z toho Neveřejné zdroje</b> tis. Kč	
Z9.	<b>275951</b>	<b>129157</b>	<b>146794</b>	<b>0</b>

---

### 3.1.3. ZDŮVODNĚNÍ ZPŮSOBU ČERPÁNÍ ZA CELÉ OBDOBÍ

---

Podpora projektu ze strany MŠMT byla čerpána v přesném souladu se Smlouvou.

Podle shodného názoru členů Rady Centra i všech řešitelů byly uznané náklady čerpány efektivně a účelně z hlediska plnění cílů a uplatňování výsledků za současného plnění specifických podmínek programu.

Upozorňujeme pouze, že v žádné z šedě vyznačených kontrolních položek schválených nákladů za celou dobu projektu v nákladových tabulkách 3.1.1 v aplikaci e-projekty nejsou zřejmě omylem zahrnuty schválené náklady v 1. roce projektu, takže nesouhlas plánovaných a skutečných nákladů za celou dobu řešení projektu je jen zdánlivý.

---

---

## 3.2. SOUHRNNÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ - CELÉ OBDOBÍ

---

---

### 3.2.1. ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ PROJEKTU A ŘEŠITELSKÉHO TÝMU

---

#### Stručné zhodnocení průběhu celého řešení od zahájení do ukončení řešení

Jedním ze základních předpokladů úspěšné výzkumné a školící práce Centra byl jeho průběžně inovovaný a doplňovaný experimentální hardware, zahrnující jak výkonové laserové systémy pro výzkum laserového plazmatu, tak zařízení s kapilárními výboji a magnetickými pinči, včetně rozsáhlých souborů měřicích aparatur pro diagnostiku laserových svazků a horkého hustého plazmatu.

Páteř experimentálního programu Centra představuje terawattový jódový infračervený laser PALS s naší unikátní nadstavbou zinkového rentgenového laseru, pracující na vlnové délce 21,2 nm. Vývoj kapilárních XUV laserů v ÚFP a FZÚ a na FJFI přešel v roce 2010 do stadia aplikačních experimentů v oblasti rentgenové ablační litografie. Možnosti infrastruktury PALS do budoucna podstatně rozšiřuje přídavný Ti:safírový femtosekundový laser, na němž byl v průběhu roku 2009 uveden do rutinního provozu nový vysokorepetiční zdroj pulzů koherentního rentgenového záření o vlnové délce ~30 nm, umožňující experimenty s urychlováním iontů femtosekundovými pulzy a s rentgenovými lasery čerpanými ionizací optickým polem. Pro samostatné interakční experimenty s femtosekundovým laserem byla vybudována oddělená prostora, vybavená novými vakuovými komorami a dalšími zařízeními, pořízenými z prostředků Centra. Těsně před dokončením je synchronizace fs laseru s laserem PALS, jež umožní realizovat zcela unikátní experimenty s kombinací nanosekundových a femtosekundových laserových pulzů – tedy pokusy o řešení jednoho z klíčových momentů metody rychlého zapálení řízené termojaderné reakce (fast ignition), jež stála u zrodu mezinárodního projektu HiPER (High Power laser facility for Energy Research) s významnou účastí ČR.

Přestože většina experimentálního času byla na zařízeních Centra vyhrazena domácím projektům, byla druhým nezbytným předpokladem úspěšné činnosti Centra rozsáhlá mezinárodní spolupráce všech jeho pracovišť i jednotlivců. Pro Centrum klíčová laboratoř PALS byla po celou dobu projektu aktivním zakládajícím členem evropského konsorcia laserových laboratoří LASERLAB-EUROPE. Pracovníci Centra se aktivně podíleli na přípravných fázích projektů velkých evropských laserů HiPER a ELI (Extreme Light Infrastructure), někteří jako koordinátoři jejich programových balíků. B. Rus a T. Mocek se svými spolupracovníky připravili a ve druhé polovině roku 2009 předložili návrhy dvou velkých projektů operačního programu VaVpl – projekt realizace evropského centra ELI-Beamlines - jednoho z hlavních pilířů realizace integrovaného konsorciálního projektu ELI-ERIC a projekt výstavby vývojového centra vysokorepetičních výkonových laserů HiLASE.

Kromě toho pracovníci Centra, včetně studentů a doktorandů, absolvovali řadu pracovních pobytů v partnerských výzkumných laboratořích. Naopak zahraniční badatelé, studenti a doktorandi se nezdávka zúčastňovali prací v laboratořích Centra - většinou v laboratoři PALS, kam jich přijelo za dobu existence Centra celkem 198. Vzhledem k tomu, že někteří z nich přijížděli opakovaně, odpracovali tak celkem 2730 dnů při průměrné délce jednoho pracovního pobytu 10 dnů. Skupina pracovníků Centra na FEL ČVUT využívala svých unikátních aparatur pro měření rentgenového a neutronového vyzařování horkého plazmatu nejen na vlastním pinčovém zařízení PFZ, ale i v rámci společných mezinárodních experimentů v laboratoři PALS. Kromě toho těžila z jedinečné příležitosti provádět experimenty na největších evropských zařízeních svého druhu – na plazmovém fokusu PF-1000 v IPPLM ve Varšavě a na pinčovém zařízení S-300 v Kurčatovově ústavu v Moskvě.

K základním devizám Centra patřila tradičně výborná spolupráce jeho teoretických a experimentálních pracovníků. Teoretici Centra z FJFI ČVUT a FZÚ AV ČR poskytovali po celou dobu projektu potřebné zázemí prováděným experimentům a podíleli se též na jejich interpretaci. Svými teoretickými pracemi a numerickými simulacemi výrazně přispěli zejména k interpretaci výsledků v Centru prováděných experimentů s tvorbou plazmových jetů a jejich interakcí s okolním prostředím, s laserovým urychlováním iontů a s laserovými plazmovými zdroji koherentního i nekoherentního záření. Jejich práce v oborech laserové interakce s terčí a kinetické teorie laserového plazmatu však mají i širší význam při řešení základních otázek týkajících se termojaderné fúze obecně, např. interakce laserového záření s terčí s omezenou hmotností, urychlování iontů kruhově polarizovanými laserovými svazky nebo role tzv. ramanovské kaskády na přenos energie od laserového záření k rychlým elektronům (jeden z klíčových problémů při současných pokusech o zapálení fúze na největším laseru na světě – zařízení NIF v LLNL Livermore v Kalifornii),

Lze tedy konstatovat, že práce v rámci Centra laserového plazmatu probíhaly po celou dobu jeho existence za součinnosti všech zúčastněných subjektů ve spolupráci s jejich zahraničními partnery a za vydatné účasti studentů doktorského a magisterského studia v souladu s průběžně zpřesňovanými plány výzkumných aktivit. Soustředění technických i lidských kapacit umožnilo Centru provádět společný výzkum na daleko vyšší úrovni, než by to dokázaly jednotlivé laboratoře samotné.

Postupem času, s rostoucím renomé našeho Centra v rámci evropské odborné laserové komunity, bylo také stále zřejmější, že vyškolení co největšího počtu mladých vědeckých pracovníků v oboru fyziky a technologie laserů a laserového plazmatu je naprosto nezbytnou podmínkou nejen pro udržení získaných pozic, ale v současné době i pro úspěch jeho dceřiných velkých ambiciózních laserových projektů ELI-Beamlines a HiLASE, jež si na svá bedra vzala Česká republika, potažmo FZÚ AV ČR. Proto také měla výchova mladé vědecké generace v Centru laserového plazmatu absolutní prioritu, neboť bez odchovanců Centra, kteří od roku 2011 tvoří jejich základní kádr, by realizace projektů ELI-Beamlines a HiLASE byla nemyslitelná.

#### **Stručné zhodnocení řešitelského týmu**

Již předchozí úspěšná spolupráce na řešení projektu LN00A100 ukázala, že jsme měli při výběru ingrediencí směsi koktejlu odborníků z různých vědních oborů mimořádně šťastnou ruku jak po odborné stránce, tak i po stránce schopností vzájemné komunikace při řešení aktuálních badatelských problémů spolu s výchovou vědeckého dorostu založenou na jeho přímé účasti na pracích jednotlivých skupin.

Vlastní prací badatelů všech zúčastněných subjektů se pro Centrum klíčová experimentální infrastruktura PALS stala jedním s dominantních pracovišť konsorcia špičkových evropských laserových laboratoří LASERLAB-EUROPE. Spojení vysoké odbornosti pracovníků FZÚ v oblasti výkonových laserů s mezinárodně uznávanou skupinou odborníků ÚFP z oblasti vysokoteplotního plazmatu a výkonových svazků nabitých částic s vysokou erudicí vědců-pedagogů ze dvou klíčových fakult ČVUT (FJFI a FEL) umožnilo nejen rozšířit obor badatelské činnosti i o znalosti chování horké husté hmoty a o specifiku kapilárních výbojů jako alternativy k realizaci rentgenových laserů, ale zajistilo i dostatečný pool studentů a doktorandů, z nichž mnozí patří už dnes k mezinárodní špičce ve svém oboru.

Nezávislým potvrzením vhodnosti zvolené tematiky i skladby řešitelského týmu se stala skutečnost, že projekt Centra laserového plazmatu LC 528 byl již při svém startu vyhodnocen jako vůbec nejlepší projekt programu LC. To ovšem byla pro nás na příštích (jak se nakonec ukázalo) 7 let mimořádná výzva. Průběžná hodnocení i celkový zpětný pohled ukazují, že jsme původní výzvě nejen nezůstali nic dlužni, ale že jsme si průběžně zvyšovali laťku rozšiřováním a prohlubováním cílů projektu.

---

---

### 3.2.2. Seznam významných výsledků - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	LC528 vyznamne vysledky Dokument MS Word (188 kB) <a href="#">LC528 vyznamne vysledky_rev1.doc</a> (188 kB )

---

### 3.2.3. PŘÍNOSY PROJEKTU

Dosažené výsledky Centra překonaly všechna očekávání, která byla při jeho zakládání do něj vkládána. To platí nejen o tematické šíři, množství a kvalitě získaných nových vědeckých poznatků, ale i o úrovni vědecké výchovy nové badatelské generace, které se v rámci jejich magisterského a doktorandského studia dostalo příležitosti pracovat na unikátních špičkových zařízeních a podílet se na řešení skutečně prioritních výzkumných projektů vybraných mezinárodním panelem renomovaných odborníků. Znovu se tak potvrdilo, že vybavení laboratoří kvalitními přístroji a zařízeními je nutnou podmínkou kvalitního výzkumu.

Páteří experimentálního programu Centra byl a je terawattový jódový laser PALS, řadící se po bok třem současným největším evropským laserovým systémům, určeným výhradně pro civilní výzkum laserového plazmatu V experimentech s plazmovými jety, prováděných v laboratoři PALS, byly získány nové experimentální údaje o prostorovém rozložení a časovém vývoji plazmatu vytvářeného při interakci výkonového laserového svazku s vrstevnými a kaskádními terči z různých materiálů. Byl prokázán podstatný vliv primárního plazmatu, závisícího na materiálu terče, na prostorové rozložení intenzity laserového záření a tím i na proces tvorby plazmových jetů. Získané výsledky umožní aktivně řídit jejich parametry i s ohledem na možné aplikace v astrofyzice a termojaderném výzkumu. Pro řešení problematiky první stěny termojaderných reaktorů obecně mají význam též naše experimenty se vstřícnými plazmovými jety, využívající rentgenové spektroskopie s vysokým rozlišením a tříkanálové laserové interferometrie. V návaznosti na tyto práce bylo na terawattovém jódovém laseru otestováno rovněž několik zcela nových vysoce účinných způsobů ablačního laserového urychlování makročásteček a plazmových shustků.

Při studiu konverze energie laserového pulzu do rentgenové emise v oblasti keV fotonů a následné rezonanční absorpce rentgenového záření v stabilních izotopech byla v laboratoři PALS získána nová data charakterizující účinnost laserové aktivace nízkoenergetických jaderných přechodů, jež budou využita pro verifikaci teoretických modelů. Paralelně byl v laboratoři PALS studován vliv fyzikálních a chemických vlastností molekulárních plynových soustav, aktivovaných laserovými jiskrami, na tvorbu malých organických molekul. Byla mj. sejmuta VUV vyzařovací spektra laserových jisker v CO a CH<sub>4</sub> modelových raných zemských atmosférách.

Přímou vazbu na jeden klíčový Work Package budoucí infrastruktury ELI-Beamlines mají výsledky systematického experimentálního studia mechanismů vytváření a urychlování vysoce nabitých těžkých iontů v laserovém plazmatu generovaném na zařízení PALS. Byly diagnostikovány ionty emitované z tenkých fólií jak proti, tak po směru laserového svazku a studovány změny charakteristik iontových proudů emitovaných z terčů dopovaných těžšími i lehčími prvky. Výsledky těchto experimentů potvrzují podstatný vliv nelineárních procesů, jako je např. samofokuse laserového svazku, vygenerovaných v laserovém plazmatu nástupní hranou 300 ps dlouhého pulsu jódového laseru.

Unikátní v laboratoři PALS vyvinutý a stále zdokonalovaný plazmový rentgenový laser umožnil např. nejen získat prioritní výsledky v oblasti výzkumu vlastností horké husté hmoty, interakce rentgenového záření s hmotou a rentgenového nanostrukturování povrchů látek, ale též vyvinout a odzkoušet zcela nové metody rentgenové diagnostiky horkého hustého plazmatu, jako např. zpětné rentgenové prozařování plazmatu (backlighting), různé modifikace rentgenové interferometrie a rentgenové deflektometrie, či Thomsonův rozptyl rentgenového záření. Veškeré poznatky a zkušenosti získané v Centru s plazmovými zdroji rentgenového záření a urychlených nabitých částic naleznou své uplatnění např. při realizaci experimentů se sekundárními zdroji na zařízení ELI-Beamlines.

Centrum vždy kladlo velký důraz na výchovu mladých vědeckých pracovníků a studentů jako na jeden ze svých nejzávažnějších úkolů. Studenti se podíleli na výzkumných pracích Centra a získávali zde výsledky pro své semestrální, ročníkové, diplomové a doktorské práce. Naopak pracovníci Centra se podíleli na výuce studentů např. v nově otevřeném oboru magisterského studia Fyzika a technika termonukleární fúze na FJFI ČVUT.

Významným příspěvkem ke zpřístupnění výzkumného programu Centra a získávání mladých pracovníků byly popularizační aktivity Centra. Centrum informovalo odbornou i laickou veřejnost o své činnosti prostřednictvím vlastní internetové stránky ([www.clp.cas.cz](http://www.clp.cas.cz)), internetových stránek jednotlivých pracovišť a laboratoře PALS ([www.pals.cas.cz](http://www.pals.cas.cz)). Pracoviště pořádala popularizační přednášky a pravidelné dny otevřených dveří, pro účastníky exkurzí různých věkových kategorií byly na pracovištích Centra připraveny názorné animované prezentace. Zejména laserové centrum PALS se těší neutuchajícímu zájmu návštěvníků z řad domácích i zahraničních středoškolských i vysokoškolských studentů - každoročně jich navštívilo PALS téměř 500.

Úspěšný postup prací Centra je výsledkem těsné spolupráce všech jeho pracovišť a zejména jejich široce rozvinuté spolupráce se zahraničními partnery. Kromě svých zařízení a naší společné laboratoře PALS využívají pracovníci Centra ke svým experimentům např. velká výzkumná laserová zařízení ve Francii, Itálii, Španělsku, Portugalsku a Koreji, laser s volným elektrony FLASH v DESY Hamburk, plazmový fokus PF-1000 v Polsku a pinčové zařízení S-300 v Rusku. Interakční experimenty s nanosekundovými i femtosekundovými lasery mají významnou oporu v pracích realizovaných teoretiky. Jejich účast je nejen cenným ukazatelem směru, kam mají experimentátoři napřít své úsilí, ale umožňuje též správnou interpretaci experimentálních výsledků. Proto Centrum spolupracovalo nejen s experimentátory, ale i s teoretickými pracovníky z renomovaných zahraničních pracovišť.

O úspěšném průběhu projektu Centra laserového plazmatu svědčí mj. i rostoucí množství prací publikovaných za dobu existence Centra, jejichž autory či spoluautory byli pracovníci Centra, a to i v situaci, kdy celá řada klíčových pracovníků v nejproduktivnějším věku postupně přecházela na spin off projekty ELI-Beamlines a HiLASE. Je potěšitelné a pro Centrum dobrým vysvědčením, že i po sedmi letech můžeme zopakovat větu z první průběžně zprávy:

„Laboratoř PALS zatím plní své úkoly v rámci konsorcia LASERLAB-EUROPE na výbornou. Jedinou potíží – pokud to tak lze nazvat – je neutuchající zájem domácích i zahraničních partnerů o využití jejích unikátních možností, které dlouhodobě přesahují naši kapacitu.“ Nyní, bez Centra, to bude ještě těžší. Ukončení činnosti Centra bezesporu negativně ovlivní provoz i jeho ostatních experimentálních zařízení, jako jsou kapilární lasery a magnetické pinče na KFE FJFI a KF FEL ČVUT i ve FZÚ a v ÚFP AV ČR. Již v roce 2010 byl ukončen provozu zkušební laserové laboratoře SOFIA, jejíž experimentální prostory byly uvolněny pro potřeby rozvíjejícího se projektu HiLASE. Velkou, i když jen částečnou pomocí v tomto směru je program podpory velkých výzkumných infrastruktur, do jehož vládou ČR již schválené první vlny byla zařazena i klíčová laboratoř Centra – Badatelské centrum PALS. Tím bylo na dalších 5 let zajištěno financování provozu unikátního terawattového jódového infračerveného laseru s nadstavbou stále bezkonkurenčního zinkového rentgenového laseru o vlnové délce 21,2 nm i s přidavným vysokorepetičním Ti:safírovým femtosekundovým laserem a v roce 2010 dokončenou laboratoří pro femtosekundové interakce. Umožněna je tak další činnost výzkumné infrastruktury PALS i jako nepostradatelného zkušebního a testovacího pracoviště pro potřeby budovaných nebo připravovaných velkých evropských laserových zařízení ELI a HiPER.

---

---

### 3.2.4. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ - TISKOVÁ ZPRÁVA

---

3.2.4.1. Zhodnocení výsledků - Tisková zpráva - česky (zpráva musí obsahovat dosažené cíle, resp. výsledky/výstupy řešení projektu; rozsah max. 400 znaků):

V návaznosti na úspěšný komplexní výzkum plazmatu vytvářeného svazky výkonových laserů, laserujícího hustého plazmatu, laserové úpravy materiálů a jejich povrchů, na vývoj nových typů vysokorepetičních laserů i na účast v aktivitách Konsorcia LASERLAB-EUROPE započala realizace dvou velkých "spin-off" projektů ELI-Beamlines a HiLASE 1. a 2. Prioritní osy OP VaVpl.

3.2.4.2. Zhodnocení výsledků - Tisková zpráva – anglicky (zpráva musí obsahovat dosažené cíle, resp. výsledky/výstupy řešení projektu; rozsah max. 400 znaků):

Based on complex research of plasmas generated by beams of high-power lasers, lasing dense plasmas, laser modification of materials and their surfaces, on essentially new types of high-repetition lasers as well as on participation in the LASERLAB-EUROPE activities, delivery phases of both large "spin-off" projects ELI-Beamlines and HiLASE have been approved and started.

---



### 3.2.5. PLNĚNÍ PODMÍNEK PROGRAMU

Obě základní specifické podmínky programu Centra základního výzkumu byly v případě projektu LC 528 naplněny vrchovatou měrou. V době, kdy evropský výzkum laserů a laserového plazmatu přechází od koordinace k integraci, rostl stále podíl pracovníků Centra na těchto aktivitách. Na koordinaci se vedoucí pracovníci Centra aktivně podílejí již od roku 2004 v rámci evropského konsorcia LASERLAB-EUROPE, na jehož druhý tentokrát tříletý projekt LASERLAB-EUROPE II v polovině roku 2012 naváže bez přerušení již na léta 2012-2015 schválený projekt LASERLAB-EUROPE III. Pracovníci Centra se rovněž aktivně podíleli na koordinaci částí přípravných fází projektů velkých evropských laserových infrastruktur HiPER-PP (High Power laser facility for Energy Research) a ELI-PP (Extreme Light Infrastructure).

Ve druhém případě vyvrcholila koordinační fáze konsorciální dohodou tří v rámci ELI-PP vybraných hostitelských zemí budoucího integrovaného projektu ELI-ERIC (ELI – European Research Infrastructure Consortium) a jednoznačným rozhodnutím představitelů celoevropské komunity v oblasti výkonových laserů vybudovat jeho klíčový pilíř, infrastrukturu ELI-Beamlines, v České republice. S tímto záměrem souvisí též projekt výstavby dalšího velkého laserového centra v ČR - vývojového centra vysokorepeticčních výkonových diodově čerpaných laserů HiLASE. Pro Centrum laserového plazmatu je jistě výborným vysvědčením skutečnost, že vědeckými manažery obou prestižních mimořádně náročných a finančně nákladných projektů se stali dva odchovanci Centra, Bedřich Rus a Tomáš Mocek, kteří v něm na počátku jeho dnes již jedenáctileté činnosti získali své první vědecké ostruhy. Ustavením nových a z nezávislých zdrojů financovaných realizačních skupin pod jejich vedením se tak současně v míře vrchovaté naplnil i žádoucí spin-off efekt, jenž byl jedním z cílů programu podpory (výzkumných) center základního výzkumu od samého počátku.

Specifické podmínky programu LC dále stanoví, že Centrum základního výzkumu se musí podílet na uskutečňování doktorských studijních programů tím, že na pracovištích Centra jsou vzdělávání studenti doktorských studijních programů, a že studenti magisterských a doktorských studijních programů se musejí podílet na činnosti Centra.

Aktivní účast studentů magisterských a doktorských studijních programů na činnosti Centra laserového plazmatu je jednou z nejdůležitějších součástí jeho náplně. Studenti se podílejí na práci Centra již v průběhu studia jako studentské vědecké síly, pracují zde pod vedením pracovníků Centra na svých ročníkových, bakalářských a diplomových pracích, čerpají materiál pro své doktorské práce. Vedle tuzemských studentů jsou na pracovištích Centra laserového plazmatu školeni v rámci studijních pobytů i zahraniční doktorandi.

Např. v roce 2011 se na činnosti Centra podílelo 7 bakalářských studentů ČVUT (David Fridrich, Václav Hanus, M. Jirka, René Grežďo, Matěj Klíma, Ravshan Khaydarov a Bohumil Vítovec). Z nich první tři v roce 2011 obhájili na problematice řešené v Centru své bakalářské práce a pokračují v práci v Centru v rámci magisterského studia.

#### Magisterské studium

Do práce Centra bylo v roce 2011 aktivně zapojeno celkem 19 magisterských studentů FJFI a FEL ČVUT (Jan Beránek, Jakub Cikhardt, Adam Darebníček, Jakub Havlík, Jan Kořínek, Petr Kubín, Miroslav Staněk, Michal Šmíd, Jan Velechovský, Václav Hanus, Jiří Hanuš, Milan Holec, Jan Novák, Miroslav Pekař, Jan Prokůpek, Aleš Prchal, Jiří Stodůlka, Ondřej Šíma a Jiří Vyskočil). Z nich prvních 7 obhájilo v roce 2011 své diplomové práce. Obhajoba diplomových prací Jana Prokůpka a Ondřeje Šímy se bude konat 3. února 2012.

#### Doktorské studium

Přehled doktorských disertačních prací obhájených v Centru laserového plazmatu od r. 2005:

Rok 2005

Ing. Pavel Barvíř - téma "Vysokoenergetické výboje za atmosférického tlaku"

Mgr. David Břeň - "Numerické simulace zářivých procesů v plazmatu"

Ing. Václav Kaizr – "Interakce laserového záření s hustým plazmatem v silných magnetických polích"

Ing. Daniel Klír – "The Study of a Fibre Z-Pinch"

(Tato práce získala Cenu 1. stupně rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci.)

#### Rok 2006

Ing. Milan Kuchařík – "Lagrangian-Eulerian methods in plasma physics"

(Tato práce získala Cenu 3. stupně rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci.)

Mgr. Libor Švéda – "Multi-Foil X-Ray Optical Systems and Image Analysis in High- Temperature Plasma Physics"

Ing. Michal Stránský. - "Helical Structures in Z-Pinches"

Mgr. Martin Mašek - "Kinetické procesy v plazmové koróně"

#### Rok 2007

Ing. Michal Bittner – "Ablace materiálů fokusovaným zářením XUV laserů"

Ing. Andriy Velyhan – "Interaction of charged particle beams with dust grains"

Ing. Ondřej Klimo - "Simulations of ultrashort-pulse laser solid-target interactions"

(Tato práce získala Cenu 1. stupně rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci a byla navržena na PhD Research Award Evropské fyzikální společnosti.)

#### Rok 2008

Mgr. Jaroslav Cihelka – "Charakterizace diodových laserů a jejich aplikace při monitorování atmosférického znečištění pomocí fotoakustické detekce" (S. Civiš, ÚFCH, L.Juha, FZÚ).

Ing. Lukáš Král – "Millimeter precision laser ranging", supervisor I. Procházka, FJFI (pracoval v laboratoři SOFIA, jeho práce však tématicky nezapadá do náplně Centra)

Ing. Pavel Váchal – "Rezoning and remapping for ALE simulations in fluid dynamics and plasma physics" (školitel R. Liska, FJFI ČVUT)

(Tato práce získala Cenu 2. stupně rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci.)

#### Rok 2009

Ing. Jan Dostál "Hybridní laserový systém SOFIA jako zdroj energie pro zesilování ultrakrátkých laserových pulzů" (vedoucí V. Kubeček, FJFI, konzultanti H. Turčičová a J. Skála, FZÚ)

Jan Pšikal "Ion acceleration in small-size targets by ultra-intense short laser pulses (simulation and theory)", školitelé J. Limpouch a V. Tikhonchuk, FJFI ČVUT

(Tato práce získala Cenu 1. stupně rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci a byla navržena na PhD Research Award Evropské fyzikální společnosti.)

#### Rok 2010

Mgr. Krzysztof Jakubczak (školitel L. Pína, FJFI, konzultant T. Mocek, FZÚ) obhájil 12. 8. 2010 doktorskou práci "Development and applications of coherent XUV sources driven by ultrashort laser pulses", viz [http://jakubczak.webs.com/files/Jakubczak\\_dissertation.pdf](http://jakubczak.webs.com/files/Jakubczak_dissertation.pdf)

Ing. Michaela Kozlová (školitel J. Kravářík, FEL) obhájila 20. 4. 2010 doktorskou práci "Advanced soft x-ray interferometer for diagnostics of dense plasmas and surface holography", viz [www.fel.cvut.cz/vv/doktorandi/obhajoby-archiv.html](http://www.fel.cvut.cz/vv/doktorandi/obhajoby-archiv.html)

Mgr. Martin Civiš (školitel J. Hovorka, PřF. UK) obhájil 13. prosince 2010 doktorskou práci "Stanovení resuspendovatelné frakce ve vzorcích půd a pouličního prachu s využitím resuspenzní komory". V Centru se v roce 2010 zúčastnil mj. experimentů s laserovou jiskrou.

#### Rok 2011

Ing. Martin Divoký (vedoucí V. Kubeček, FJFI, konzultant P. Straka, FZÚ) obhájil doktorskou disertační práci "Disperzní systémy pro velmi krátké optické impulsy".

Ing. Karel Řezáč (školitel P. Kubeš, FEL ČVUT) obhájil doktorskou disertační práci "Time-Resolved Energy Neutron Spectra in Fusion Reactions".

Ing. Pavel Homer (školitel J. Bernard, FS ČVUT, škol. spec. B. Rus, FZÚ) dokončil doktorskou disertační práci "Vývoj detektoru vlnoplochy rentgenového svazku s výstupem na fázový korektor" (obhajoba 17. 2. 2012).

Ing. Michaela Martínková (školitel M. Kálal, FJFI) dokončila doktorskou disertační práci na téma "Komplexní interferometrie laserového plazmatu" (obhajoba 10. 2. 2012).

V doktorském studiu v roce 2011 pokračovali nebo je započali:

Ing. Luboš Bednárik, 3. ročník., FJFI, obor Matematické inženýrství. (školitel R. Liska, FJFI ČVUT) – numerické metody pro řešení fluidních rovnic

Ing. Tomáš Burian – 2. ročník (školitel J. Wild, KFPP MFF UK, škol. spec. L. Juha, FZÚ) téma Spektroskopické studium interakce fokusovaného svazku rentgenového laseru s hmotou.

RNDr. Mgr. Martin Ferus - 4. ročník (PřF UK, školitel S. Civiš, ÚFCH)., téma "Spektroskopické studium procesů probíhajících v plazmatu". V Centru se zúčastnil experimentů s laserovou jiskrou.

Ing. Jiří Hitschfel – 3. ročník doktorského studia na FEL.

Ing. Jaroslav Huynh – 3. ročník (školitel M. Kálal, FJFI, škol. spec. H. Turčičová, FZÚ). Až do konce roku 2010 pracoval v laboratoři SOFIA.

Ing. Jakub Hübner – 5. ročník (školitel J. Limpouch, FJFI, škol. spec. P. Vrba, ÚFP), připravuje doktorskou práci na téma "Simulations of Atomic Physics and Line Emission from Hot Dense Plasmas".

Mgr. Jaromír Chalupský - 6. ročník (školitel L. Pína, FJFI, škol. spec. L. Juha, FZÚ) připravuje doktorskou práci na téma "Charakterizace svazků rtg. laserů různých typů pro jejich využití"

Ing. Jiří Kortánek –2. ročník doktorského studia na FEL.

Ing. Miroslav Krůs - 4. ročník doktorského studia na FJFI (školitel J. Limpouch, škol. spec. T. Mocek a D. Margarone, FZÚ), téma "Urychlování elektronů pomocí laserů".

Ing. Ekaterina Litseva - 6. ročník (školitel P. Kubeš, FEL) připravuje doktorskou disertační práci s názvem "Neutron Signal Processing and Interpretation in Z-Pinch Discharges".

Ing. Jaroslav Nejd - 3. ročník doktorského studia na FJFI (školitel J. Limpouch, škol. spec. T. Mocek, FZÚ). Téma "Studium fúzního plazmatu pomocí rentgenových laserů". V roce 2010 se významně podílel na experimentech s rentgenovými lasery laboratoři PALS. V roce 2010 úspěšně složil státní doktorskou zkoušku

Ing. Michal Nevřkla - 4. ročník (školitel A. Jančárek, FJFI), téma "Buzení laserů v XUV oblasti".

Ing. Ondřej Novák – 6. ročník doktorského studia na FJFI (školitel H. Turčičová, škol. spec. P. Straka, oba FZÚ) dokončuje doktorskou disertační práci na téma "Optické parametrické děje s pulzy femtosekundového laseru".

Ing. Veronika Picková – 5. ročník, téma: "Studium fokusace EUV záření pinčujícího kapilárního výboje" (školitel L. Pína, FJFI). V roce 2010 úspěšně složila státní doktorskou zkoušku.

Mgr. Peter Pira – 3. ročník (školitel J. Wild, KFPP MFF UK, škol. spec. L. Juha, FZÚ) téma "Charakterizace a fokusace svazku kapilárního XUV laseru pro účely depozice tenkých vrstev".

Ing. Ondřej Slezák - 4. ročník doktorandského studia na FJFI, obor Fyzikální inženýrství, téma "Využití SBS fázové konjugace pro inerciální fúzi" (školitel M. Kálal).

Ing. Martin Smrž - 5. ročník (vedoucí V. Kubeček, FJFI konzultant P. Straka, FZÚ) připravuje k obhajobě disertační práci na téma "Diagnostika laserových svazků s velmi krátkými impulsy".

Ing. Martina Toufarová – 4. ročník (školitel L. Juha, FZÚ, garant M. Pospíšil, KJCH FJFI), téma "Chemické přeměny celouhlíkatých nanostruktur vytvářených působením ionizujícího a neionizujícího záření". Pracuje v oddělení 52 Sekce výkonových systémů FZÚ.

Ing. Michal Šmíd - 1. ročník (školitel J. Limpouch FJFI ČVUT, školitel specialista O. Renner FZÚ) FJFI, obor Fyzikální inženýrství.

Ing. Jan Velechovský - 1. ročník KFE FJFI, obor Fyzikální inženýrství - od 1.8.2011.

Celkem se tedy např. v roce 2011 na aktivitách Centra různými formami podílelo 25 doktorandů, z nichž 2 v tomto roce úspěšně obhájili své doktorské disertační práce a 2 je dokončili a připravili k obhajobě.

---

---

### 3.2.6. PLNĚNÍ SMLOUVY O SPOLUPRÁCI

---

Spolupráce tří partnerských subjektů (FZÚ, ÚFP a ČVUT), jejichž pracovníci a studenti tvořili Centrum laserového plazmatu LC 528, byla založena na Smlouvě o poskytnutí podpory poskytovatelem včetně Dodatků k této smlouvě č. 1 a 2 a na Smlouvě o úpravě vzájemných vztahů mezi příjemci při zabezpečení činnosti Centra laserového plazmatu LC 528 a na Dodatcích k této Smlouvě č. 1 a 2.

Podmínky stanovené těmito dvěma Smlouvami a jejich Dodatky byly pak všemi třemi partnerskými subjekty po celou dobu trvání jejich spolupráce beze zbytku plněny.

---

---

### 3.2.7. SMLOUVA O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ a PLÁN UPLATNĚNÍ

---

	Pořadí	Soubor
		<i>V elektronické podobě soubor nebyl řešitelským týmem poskytnut.</i>

---

### 3.2.8. Seznam studentů podílejících se na Centru - seznam

	Pořadí	Soubor
	1	<b>Studenti tabulka</b> Soubor MS Excel (45 kB) <a href="#">studenti tabulka_rev2.xls</a> (46 kB )

---

## 4. PŘÍLOHY

---

### 4.1. DALŠÍ PŘÍLOHY - rok 2011

---

#### 4.1.1. Odborné a věcné přílohy zprávy - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	Publikace pracovníků Centra laserového plazmatu v období 2005-2011 dokument MS Word 2000, 521 kB <a href="#">Pub_centrum 2005_2011_def.doc</a> (521 kB )
	2	Popis řešení projektu LC528 v letech 2005-2011 Dokument Adobe .pdf (9,7 MB) <a href="#">LC528_textova_priloha_2005-11_cela.pdf</a> (9699 kB )

---

---

#### 4.1.2. Ostatní - seznam

---

	Pořadí	Soubor
		<i>V elektronické podobě soubor nebyl řešitelským týmem poskytnut.</i>

---



---

#### 4.1.3. Zápisy z projednání (oponentní řízení, atd.) - seznam

---

	Pořadí	Soubor
		<i>V elektronické podobě soubor nebyl řešitelským týmem poskytnut.</i>

---

---

#### 4.1.4. Zápisy a dokumenty z jednání s administrátory programu poskytovatele - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	LC528 dopis 15082/2011-31 dokument Adobe Acrobat .pdf 390 kB <a href="#">Lc528 dopis 15082 2011 31.pdf</a> (390 kB )

---

---

#### 4.1.5. Zápisy z jednání Rady projektu (Centra) - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	LC528 Zapis Rada 080211 Dokument Adobe Acrobat .pdf 569.975 kB <a href="#">LC528_Zapis Rada 080211.pdf</a> (569 kB )

---