

TITULNÍ LIST PERIODICKÉ ZPRÁVY 2010 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:

---

## 2. SKUTEČNOST ZA UPLYNULÉ OBDOBÍ - 2010

---

### 2.1. PROJEKTOVÝ TÝM A ŘEŠITELSKÉ TÝMY

---

#### 2.1.1. PROJEKTOVÝ TÝM

---

IČ organizace 68378271  
Obchodní jméno - název **Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.**  
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	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)

---

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)
-

---

### 2.1.3. ZMĚNY V PROJEKTOVÉM A ŘEŠITELSKÝCH TÝMECH - rok 2010

---

Pč.	Typ	Popis
1	změny v projektovém týmu a řešitelských týmech	<p>Ve FZÚ AV ČR ukončili práci v Centru k 31. 7. 2010 v souvislosti s přechodem na jiné projekty Ing. Martin Divoký, Ing. Ondřej Novák a Ing. Martin Smrž. Pracovní poměr v Centru ukončil 30. 9. 2010 Bc. Michal Kamas. V mateřské dovolené pokračovala Ing. Gabriela Kocourková.</p> <p>Ve složení řešitelských týmů v ÚFP AV ČR, v.v.i., a na ČVUT nenastaly v roce 2010 žádné změny.</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 2010 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. K původně plánovaným 25 aktivitám, rozděleným podle čtyř předdefinovaných dílčích cílů – výzkumných směrů přibýly navíc tři další. Všechny jsou podrobně charakterizovány v kap. 2.2.1. a jejich tématicky řazené výsledky jsou uvedeny a okomentovány v kap. 4.1.2 této zprávy a doloženy citacemi nejvýznamnějších publikací z celkem 170 vědeckých časopiseckých prací a konferenčních ústních referátů a posterových příspěvků, uveřejněných pracovníky Centra v roce 2010.

Na většině z nich se podíleli doktorandi a studenti Centra. V příloze „Publikace pracovníků CLP 2010 je navíc uvedeno dalších 16 čistě studentských tj. doktorských, diplomových a ročníkových prací, vypracovaných pod vedením či odborným dohledem pracovníků Centra. Celkem se na pracích Centra v roce 2010 podílelo 27 doktorandů, z nichž 3 obhájili v tomto roce své doktorské práce. Za celou dobu projektu bylo na problematice řešené v Centru obhájeno již 20 doktorských prací a další jsou chystány k obhajobě v roce 2011. Úplný přehled studentů a doktorandů Centra uvádíme jako každoročně v kap. 4.1.5. průběžné zprávy.

Vyškolení dostatečného počtu mladých vědeckých pracovníků v oboru fyziky a technologie laserů a laserového plazmatu je naprosto nezbytnou podmínkou pro úspěch velkých ambiciózních laserových projektů, jež si na svá bedra vzala Česká republika – ELI-Beamlines a HiLASE. Proto také má výchova mladé vědecké generace v Centru laserového plazmatu absolutní prioritu. Řada mladých badatelů získala díky dotaci MŠMT pracovní úvazek v Centru laserového plazmatu na dobu řešení projektu a dostala tak šanci absolvovat kvalitní vědeckou přípravu. Velmi závažnou otázkou však zůstává jak zajistit další kontinuitu přípravy mladých od roku 2012, tj. po skončení projektu Centra.

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 bude 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. Podstatná redukce dotace na provozní náklady Centra v posledním roce projektu však již v roce 2011 negativně ovlivní provoz dalších experimentálních zařízení Centra, jako jsou kapilární lasery a magnetické pinče na KFE FJFI a KF FEL ČVUT i ve FZÚ a v ÚFP AV ČR. V roce 2011 již také nebude v provozu zkušební laserová laboratoř SOFIA, jejíž výzkumný program byl k 31. 12. 2010 ukončen a její experimentální prostory byly dány k dispozici pro potřeby projektu HiLASE.

Výzkumné práce ve společné laboratoři PALS se v roce 2010 řídily podrobným harmonogramem přidělování experimentálního laserového času schváleným domácím a evropským projektům. Harmonogram sestavoval opět vedoucí laboratoře na základě požadavků domácích i zahraničních uživatelů, se zřetelem k optimálnímu využití laseru a s ohledem na nezbytnou pravidelnou údržbu experimentálních zařízení. V roce 2010 se v laboratoři PALS uskutečnilo vedle domácích experimentů celkem 5 mezinárodních uživatelských projektů v rámci společných výzkumných programů LASERLAB-EUROPE II a EURATOM. V první polovině roku 2010 to byly experimenty spojené s přípravnou fází projektu HiPER, zaměřené na studium interakce rázových vln v koróně laserového plazmatu (Study of laser-plasma coupling in a regime relevant for shock ignition of fusion targets, vedoucí projektu D. Batani, UMB Milán, Itálie) a dvě kampaně astrofyzikálně motivovaných experimentů s laserem buzenými radiativními rázovými vlnami (Radiative shock waves: XUV diagnostics, vedoucí projektu Ch. Stehlé, LERMA, Observatoire de Paris, Francie). Ve druhé polovině roku byly realizovány komplexní kooperativní experimenty zaměřené na urychlování plazmatu v dutinových tzv. LICPA (Laser Induced Cavity Pressure Accelerator) akcelérátorech (Highly efficient acceleration and collimation of high-density plasma for fusion-related applications, vedoucí J. Badziak, IPPLM Varšava) a na studium vzájemné interakce laserem generovaných plazmových jetů (Plasma jet interaction with plasmas and other jets, T. Pisarczyk, IPPLM, Varšava).

Většina experimentálního času laseru PALS byla i v roce 2010 vyhrazena domácím projektům. Skupina pracovníků Centra vedená M. Kozlovou a J. Nejdlem (FZÚ) prováděla práce zaměřené na výzkum horké husté hmoty a na diagnostiku hustého plazmatu pomocí rentgenových laserů. Skupina vedená J. Krásou (FZÚ)

studovala vliv hydrogenizace laserových terčů na množství a energii v laserovém plazmatu urychlovaných protonů. L. Juha (FZÚ) se svými spolupracovníky pokračovali ve studiu rentgenové ablace a ve spolupráci se Sv. Civišem a jeho studenty z ÚFCH-JH též plazmochemických procesů v laserem iniciovaných jiskrových výbojích. O. Renner (FZÚ) společně s pracovníky z IPPLM Varšava prováděli experimenty se vstřícnými plazmovými jety s využitím rentgenové spektroskopie s vysokým rozlišením a tříkanálové laserové interferometrie,

Pracovníci Centra z ČVUT se podíleli na experimentálních pracích v laboratoři PALS svými diagnostickými aparaturami pro měření rentgenového a neutronového vyzařování horkého plazmatu. Teoretici Centra J. Limpouch a R. Liska (FJFI), K. Rohlena a M. Mašek (FZU), P. Vrba (ÚFP) a další poskytovali teoretické zázemí prováděným experimentům a přispívali k jejich interpretaci svými numerickými simulacemi.

Vývoj kapilárních XUV laserů v ÚFP a FZÚ a na FJFI přešel v roce 2010 do stadia aplikačních experimentů v oblasti rentgenové ablační litografie. Vysokorepetiční titan-safírový laser v laboratoři PALS je připraven pro experimenty s urychlováním iontů femtosekundovými pulzy a s rentgenovými lasery čerpanými ionizačním optickým polem. Pro experimenty s kombinací nanosekundových a femtosekundových laserových pulzů, plánované na rok 2011, bude hlavním úkolem dokončit synchronizaci fs laseru s laserem PALS.

Úspěšný postup prací Centra v loňském roce je výsledkem těsné spolupráce všech jeho pracovišť a zejména jejich široce rozvinuté spolupráce se zahraničními partnery. Vedle naší laboratoře PALS využívají pracovníci Centra ke svým experimentům např. velká výzkumná laserová zařízení ve Francii, Itálii, Španělsku, Portugalsku a Koreji, laser s volným elektronem FLASH v DESY Hamburk, plazmový fokus PF-1000 v Polsku a pinčové zařízení S-300 v Rusku.

Evropský výzkum laserů a laserového plazmatu přechází v současné době od stadia koordinace do stadia integrace. Na jeho koordinaci se vedoucí pracovníci Centra aktivně podílejí již od roku 2004 v rámci evropského konsorcia LASERLAB-EUROPE, jehož další tentokrát tříletý projekt započal svou činnost v rámci I3 aktivit RP7 v březnu 2009 pod akronymem LASERLAB-EUROPE II. Navíc je v současné době již ve schvalovacím řízení návrh čtyřletého projektu LASERLAB-EUROPE III pro léta 2012-2015, zpracovaný v roce 2010. Pracovníci Centra se rovněž aktivně podíleli na koordinaci částí přípravných fází projektů velkých evropských laserů HiPER (High Power laser facility for Energy Research) a ELI (Extreme Light Infrastructure).

Tato koordinační fáze vyvrcholila konsorciální dohody tří 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 vysokorepetičních 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, kteří v něm na počátku jeho dnes již jedenáctileté činnosti získali své první vědecké ostruhy – Bedřich Rus a Tomáš Mocek. Ustavením nových a z nezávislých zdrojů financovaných realizačních skupin pod jejich vedením se tak současně v míře vrchovatě naplnil i žádaný spin-off efekt, jenž byl jedním z cílů programu podpory (výzkumných) center základního výzkumu od samého počátku.

---

## 2.2.0. PŘEHLED DÍLČÍCH CÍLŮ SCHVÁLENÉ- SKUTEČNOST 2010

	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 č. LP1001-LP1009. Realizovat vybrané experimentální projekty v rámci výzkumu koordinovaného konsorciem LASERLAB-EUROPE.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Viz uskutečněné aktivity č. LP1001-LS1009, kap. 2.2.1. Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 4.1.2., výsledek 01-03 a 06-10.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Viz citace publikovaných prací ve výsledcích 01-03 a 06-10 a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Nebyly specifikovány.</p>	1.1.2010 - 31.12.2010
	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.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Viz uskutečněné aktivity č. RL1001-RL1004, kap. 2.2.1. Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 4.1.2., výsledek 04 a 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 citace publikovaných prací ve výsledcích 04 a 11 a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Nebyly specifikovány.</p>	1.1.2010 - 31.12.2010
	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 jako perspektivního zdroje záření.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Viz uskutečněné aktivity č. KP1001-KP1005, kap. 2.2.1. Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 4.1.2., výsledek 12-14.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Viz citace publikovaných prací ve výsledcích 12-14 a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Nebyly specifikovány.</p>	1.1.2010 - 31.12.2010
	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 v rámci projektů HIPER-PP a ELI-PP.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Viz uskutečněné aktivity č. LS1001-LS1005, kap. 2.2.1. Získané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 4.1.2., výsledek 05 a 09.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Viz citace publikovaných prací ve výsledcích 05 a 09 a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.</p>	1.1.2010 - 31.12.2010



	<b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b> Nebyly specifikovány.	
--	--	--

---

## 2.2.1. AKTIVITY USKUTEČNĚNÉ v roce 2010

---

### Číslo aktivity

A10\_01

### Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

### Název (cíl)aktivity

Odborná a logistická podpora mezinárodních experimentů na laserovém systému PALS

### Zahájení aktivity

1.1.2010

### Ukončení aktivity

31.12.2010

### Popis aktivity

Tato aktivita se vztahuje k dílčím cílům V001, V002 a V003. Výzkum laserového plazmatu vytvářeného fokusovaným paprskem terawattového jódového laseru a vývoj a aplikace plazmových rentgenových laserů prováděný v laserové laboratoři PALS je součástí integrovaného evropského výzkumu, koordinovaného jednak výborem IFE CC (Inertial Fusion Energy Coordination Committee) EURATOMu, jednak koordináčním centrem projektu LASERLAB-EUROPE, jenž v roce 2009 vstoupil do své další tříleté fáze (LASERLAB 2, březen 2009 – únor 2012). V rámci projektu LASERLAB 2 poskytuje laboratoř PALS evropským účastníkům vybraných experimentálních projektů přístup (Access) ke svým laserovým zařízením, účastní se společné výzkumné aktivity SFINX (Sources of Femtosecond Intense X-rays). Pracovníci Centra zajišťovali v roce 2010, obdobně jako v minulých letech, 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. Přípravovali rovněž podrobné plány experimentů a zajišťovali průběh experimentálních kampaní i po logistické stránce. Koncem roku 2010 započala rovněž příprava dalších 4 mezinárodních projektů, s jejichž realizací se počítá v roce 2011. Garant: J. Ullschmied.

### Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity

V roce 2010 jsme připravili a realizovali celkem 5 mezinárodních uživatelských experimentálních kampaní v rámci Keep-in-Touch aktivit Euratomu a evropského projektu LASERLAB 2. V první polovině roku 2010 to byly experimenty spojené s přípravnou fází projektu HiPER, zaměřené na studium interakce rázových vln v koróně laserového plazmatu (Study of laser-plasma coupling in a regime relevant for shock ignition of fusion targets, vedoucí projektu D. Batani, UMB Milán, Itálie) a dvě kampaně astrofyzikálně motivovaných experimentů s laserem buzenými radiativními rázovými vlnami (Radiative shock waves: XUV diagnostics, vedoucí projektu Ch. Stehlé, LERMA, Observatoire de Paris, Francie). Ve druhé polovině roku byly realizovány komplexní kooperativní experimenty zaměřené na urychlování plazmatu v dutinových tzv. LICPA (Laser Induced Cavity Pressure Accelerator) akcelerátorech (Highly efficient acceleration and collimation of high-density plasma for fusion-related applications, vedoucí J. Badziak, IPPLM Varšava) a na studium vzájemné interakce laserem generovaných plazmových jetů (Plasma jet interaction with plasmas and other jets, T. Pisarczyk, rovněž IPPLM, Varšava). Na většině těchto kampaní se aktivně podíleli pracovníci i studenti ze všech výzkumných složek Centra, např. pracovníci FEL ČVUT pro ně poskytli své vybavení pro rentgenovou diagnostiku horkého plazmatu.

### 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 je zpracováván tzv. Watching Brief Report (viz např. [http://www.luli.polytechnique.fr/pages/IFE-KiT/220310\\_Ullschmied.pdf](http://www.luli.polytechnique.fr/pages/IFE-KiT/220310_Ullschmied.pdf) nebo <http://www.luli.polytechnique.fr/pages/IFE-KiT/IFEKiT-CzechRepublik.htm>).

---

### Číslo aktivity

A10\_02

### Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

**Název (cíl)aktivity**

Odborná příprava mladých výzkumných pracovníků

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

Tato aktivita se vztahuje se ke všem čtyřem dílčím cílům. Na výzkumných činnostech všech pracovišť Centra se v roce 2010 stejně jako v předchozích letech podíleli studenti a bakalářského, magisterského studia a doktorandi. Výsledky výzkumu v Centru se promítaly rovněž do jejich výuky. Pracovníci Centra vedli studenty jako školitelé a školitelé-specialisti a podíleli se též na výuce v magisterském oboru Fyzika a technika termonukleární fúze na FJFI ČVUT a doktorského studia Fyzika plazmatu na FEL ČVUT. Na problematice Centra obhájili 4 studenti bakalářského studia své bakalářské práce (2 na FJFI a 2 na FEL). Z celkem 15 magisterských studentů zapojených do práce Centra 5 studentů obhájilo v roce 2010 své diplomové práce. Do aktivit Centra bylo různými formami zapojeno celkem 27 doktorandů FJFI ČVUT, FEL ČVUT, MFF UK a PŘF UK, z toho 4 noví (Tomáš Burian, J. Hitchfel, Jiří Kortánek a Petr Kubelík). 3 doktorandi Centra v roce 2010 úspěšně ukončili studium obhajobou svých doktorských prací a 3 doktorandi předložili své práce ke státní doktorské zkoušce. Podrobněji viz Kap. 4.1.5 "Plnění podmínek programu" této zprávy. Garanti: školitelé a vedoucí studentských prací.

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Dokončení bakalářských prací studentů J. Vyskočila, A. Prchala na FJFI ČVUT, J. Cikhardta a J. Stodůlky na FEL a FS ČVUT.

Obhajoba diplomových prací J. Hitschfela, M. Filingerové (FEL ČVUT), J. Žigmonda (FBMI ČVUT), T. Buriana: (FJFI ČVUT) a M. Kamase (PŘF UK).

Obhájené doktorské disertační práce Mgr. Martina Civiše (PŘF UK), Mgr. K. Jakubczaka (FJFI ČVUT) a Ing. M. Kozlové (FEL ČVUT). Plánované odevzdání disertační práce K. Řezáče na FEL ČVUT bylo pozdrženo, aby do ní bylo možno zahrnout nová fakta týkající se interpretace energetických spekter neutronů, jež byla výsledkem prací ve druhé polovině roku 2010.

Ocenění: Doktorand J. Chalupský se v červnu 2010 umístil na třetím místě v soutěži o cenu Milana Odehnala (soutěž o nejlepší vědeckou práci mladých fyziků organizovaná ČFS a JČMF) a v listopadu 2010 získal cenu Doctorandus v soutěži organizované společností Česká hlava.

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

Aktivní účast pracovníků Centra na výuce v rámci studijního zaměření Fyzika a technika termojaderného slučování na FJFI ČVUT. Dokončené a obhájené studentské ročníkové, bakalářské, diplomové a doktorské práce. Spoluúčast studentů na publikačních výstupech Centra - viz seznam studentských prací v příloze této zprávy "Seznam publikací pracovníků Centra 2010".

**Číslo aktivity**

A10\_03

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Organizace mezinárodního workshopu PALS10

**Zahájení aktivity**

1.9.2010

**Ukončení aktivity**

31.10.2010

**Popis aktivity**

Pracovníci Centra uspořádali ve dnech 22. – 24. 9. 2010 mezinárodní workshop k 10. výročí zahájení mezinárodních experimentů na laserovém zařízení PALS. Součástí workshopu byla zasedání Management Board a Networking Board konsorcia LASERLAB-EUROPE a Mezinárodního poradního výboru laboratoře PALS. Workshop organizačně zajišťoval 12-členný místní organizační výbor, složený z pracovníků všech pracovišť Centra, ve spolupráci se sekretariátem konsorcia LASERLAB EUROPE, jež celou akci finančně podpořilo. Cílem

workshopu bylo zhodnotit dosavadní 10-leté mezinárodní aktivity laserového centra PALS a jeho roli při přípravě velkých evropských laserových ESFRI projektů ELI a HiPER a posoudit perspektivy jeho výzkumné a školící činnosti v dalších letech.

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

Mezi celkem 74 registrovanými účastníky Workshopu PALS 10 bylo 33 pozvaných významných badatelů a představitelů výzkumných institucí z oboru výkonových laserů a fyziky laserového plazmatu ze zahraničí. Celkem bylo na workshopu předneseno 24 zvaných referátů vztahujících se k minulosti, přítomnosti i budoucnosti laboratoře PALS v kontextu koordinovaného evropského laserového výzkumu. Zahraniční i domácí účastníci workshopu vesměs vysoce hodnotili desetiletou historii laboratoře PALS (Prof. Witte, jeden z "otců" původního laseru Asterix v MPQ Garching přímo jako "amazing success story") a zdůraznili roli její vysoké prestiže při evropských jednáních, jež vyústila v rozhodnutí představitelů 13 evropských zemí umístit jeden z pilířů projektu ELI – zařízení ELI-Beamlines - v České republice. Účastníci workshopu se mj. shodli na tom, že kromě svých aktivit v rámci konsorcia LASERLAB-EUROPE bude mít laboratoř PALS ve vazbě na projekt ELI v příštích 5 letech nezastupitelnou funkci zkušebního a školícího pracoviště.

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

Program workshopu, seznam účastníků a většina na workshopu přednesených vystoupení a prezentací jsou uveřejněny na internetové stránce workshopu <http://pals10.pals.cas.cz>.

---

#### **Číslo aktivity**

KP1001

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Studium ablace materiálů fokusovaným zářením Ar<sup>8+</sup> EUV laseru

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

V souladu s plánem prací bylo navrženo multivrstvé zrcadlo, které fokusuje paralelní laserový svazek o vlnové délce 46,88 nm ve vzdálenosti 1050 mm od jeho povrchu a 140 mm od osy dopadajícího svazku. Naše předběžné simulace ukázaly, že nejlepší pro tento účel nejsou vrstvy stejné optické tloušťky, ale stejné geometrické tloušťky. Zrcadlo bylo proto vyrobeno se 14 stejně silnými dvojevrstvami ( $13,15 \pm 0,3$  nm) Sc a Si s teoretickou odrazivostí 45% pro kolmý, nebo téměř kolmý dopad paprsků na zrcadlo. Ohnisko bylo hledáno skenováním PMMA vzorku podél osy odraženého svazku. Energie laseru se ukázala být dostačující pro silnou ablaci i při relativně velké (400x200  $\square$ m) laserové stopě. Stopa pak byla analyzována mikroskopem atomárních sil. Celá ablovaná část byla pokryta více či méně kontrastní periodickou strukturou s periodou  $\sim 2,8$  microm a s hloubkou (špička-špička)  $\sim 5-10$  nm (maximální hloubka pro 5 superponovaných výstřelů byla  $\sim 200$  nm). Nabízelo se přisoudit tyto struktury LIPSS-II („nekoherentní“ Laserem-indukovaná periodická povrchová struktura), které závisí hlavně na fluenci a na interakční/expoziční době, jinými slovy na „tavících účincích“ záření. Avšak kolem LIPSSů nebylo nalezeno žádné zbytkové napětí (vyšetřované mikroskopem se vzorkem mezi zkříženými polarizátory). Podle našeho názoru zde hraje dominantní roli kvantová ablace a termální efekty jsou zanedbatelné. V budoucnu by mělo být vypracováno nové vysvětlení mechanismu tvorby periodické struktury. Garant: K. Koláček.

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

K dispozici máme nyní jak vzorky PMMA ozářené fokusovaným zářením Ar<sup>8+</sup> laseru, tak výsledky jejich analýzy mikroskopem atomárních sil, provedené na Matematicko-fyzikální fakultě University Karlovy v Praze. Naše experimenty odpověděly na otázku, do jaké míry ovlivňuje výše zmíněná periodická struktura ablaci za otvorem relativně malých rozměrů. Proto byl PMMA ablován za otvory 7,5x7,5 microm v zlaté mřížce (krok 12,5x12,5 microm) umístěné na povrchu PMMA. Analýza mikroskopem atomárních sil ukázala jasně patrný difrakční obrazec, jehož perioda se mění od  $\sim 800$  nm u hrany difrakčního obrazce až k  $\sim 125$  nm ve středu obrazce. Malá nepravidelnost patrná na difrakčním obrazci sice může být přisouzena dříve pozorované periodické

strukturuje, ale její hloubka je malá a pro praktické nanostrukturování je možno její vliv zanedbat. Naše zařízení je tak nyní zcela připraveno k aplikačním litografickým experimentům plánovaným v příštím roce.

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

V roce 2010 byl na dané téma publikován 1 časopisecký článek a 8 konferenčních příspěvků.

---

#### **Číslo aktivity**

KP1002

#### **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

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Byly provedeny experimenty s fokusací EUV záření pro zvyšování intenzity EUV záření z kapilárního výboje ve fokální oblasti za účelem studia interakce EUV záření s látkou. Získané poznatky byly využity v oblasti EUV diagnostiky a EUV litografie. Zařízení s pinčujícím výbojem na FJFI bylo dále zdokonalováno. Ve spolupráci s Vojenskou technickou akademií (WAT) ve Varšavě jsme studovali fluorescenci vybraných materiálů buzenou EUV zářením. V laboratoři PALS jsme se podíleli na experimentech s generací vysokých harmonických v cele plněné plynem. Garant: L. Pína.

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

Výsledky testů zkompletovaného zařízení s pinčujícím výbojem na FJFI. Získání nových poznatků o vyzařování pinčujícího kapilárního výboje pro potřeby diagnostiky, EUV litografie, EUV zobrazování biologických objektů a jejich využití. Nové poznatky týkající se fokusace intenzivního EUV záření na zařízeních na FJFI, v laboratoři PALS a ve WAT Varšava.

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

Publikace ve vybraném vědeckém časopise a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz Výsledek č. 12, kapitola 4.1.2.

---

#### **Číslo aktivity**

KP1003

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Spektrální analýza záření generovaného v cylindrických a kónických kapilárách

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Byl navržen zdroj nekoherentního záření ve vodním okně založený na pinčujícím kapilárním výboji v dusíku. Prostorovo-časové vlastnosti pinčujícího plazmatu byly modelovány pomocí RHMD Z\*-engine kódu. Vstupní data kódu přesně popisují geometrii navrženého přístroje, parametry proudového zdroje, vlastnosti kapiláry a náplně. Výstupem byla časová závislost vyzařování ve vodním okně pro různé hodnoty počátečního tlaku dusíku. Maximální hodnota intenzity záření byla dosažena pro počáteční tlak 44 Pa v čase 60 ns. Prostorové rozdělení emitovaného záření ( $0,5 \text{ mJ/cm}^3$ ) je téměř homogenní uvnitř plazmového sloupce s poloměrem 200 microm. Optimalizace zařízení bylo dosaženo změnou geometrie, napětí na elektrodách a změnou počátečního tlaku náplně. Na základě výpočtů bylo navrženo vhodné zkrácení délky výbojového prostoru ( $R = 0,5 \text{ cm}$ ,  $L = 12 \text{ cm}$ ). Byly provedeny předběžné experimenty s aluminovou kapilárou zaplněnou dusíkem. Byla změřena silná

spektrální čára o vlnové délce 2,88 nm, odpovídající kvantovému přechodu  $1s2p \rightarrow 1s2$  heliu-podobného dusíkového iontu. Spočtené vlastnosti plazmatu zdroje a radiační vlastnosti se shodují s experimentálními údaji změřených spekter v oblasti vodního okna. Kromě toho byl navržen grid pro výpočet chování plazmatu v konické kapiláře a studovány jevy na jejím okraji. Garant: P. Vrba.

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

Byla ověřena možnost generace nekoherentního záření o vlnové délce 2,88 nm. Sestrojený zdroj záření s vysokou účinností se stal základním vybavením laboratoře na KE FJFI ČVUT.

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

Výsledky výzkumu byly v písemné a grafické formě prezentovány na mezinárodních konferencích a budou publikovány rovněž v odborných časopisech (viz příloha Seznam publikací pracovníků Centra).

---

#### **Číslo aktivity**

KP1004

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Neutronová, rentgenová a interferometrická diagnostika horkého a hustého plazmatu s vysokým časovým rozlišením

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Byly realizovány tři série měření na polském plazmovém fokusu PF-1000 ve varšavském Ústavu fyziky plazmatu a laserové mikrosyntézy (IFPILM). V konfiguraci experimentu s čelní katodou ve vzdálenosti 3 cm před čelem anody byla naší skupinou provedena interferometrická a neutronová diagnostická měření. Oddělení dvou impulsů neutronového spektra umožnilo určit termonukleární původ části neutronů. Na pinčové aparatuře PFZ v Praze byla instalována nová jiskřička a realizována nová opto-elektrická synchronizace. Rentgenová diagnostika vyvinutá pracovníky Centra na FEL ČVUT byla využita též v rámci domácích i zahraničních projektů na pražském laserovém systému PALS. Garant: P. Kubeš.

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

Zřetelný pokrok byl učiněn i v oblasti diagnostiky neutronové emise fúzního plazmatu. Pomocí Bonnerova spektrometru osazeného termoluminiscenčními dozimetry jsme určili energetické spektrum fúzních neutronů, které byly produkovány v impulsním plazmatu deuteria na zařízení PF-1000. Jako a priori spektrum energie rozptýlených neutronů, potřebné pro úspěšnou dekonvoluci změřených spekter, bylo vůbec poprvé užito spektrum rozptýlených neutronů, které jsme vypočítali metodou Monte Carlo se započtením zjednodušeného modelu výbojové komory. Byly rozlišeny 4 různé režimy generace fúzních neutronů a potvrzen termonukleární původu jejich části.

V rámci společných experimentů na zařízení PALS byly získány nové poznatky o vlastnostech rentgenového vyzařování plazmatu vytvářeného laserem na kombinovaných terčích z lehkých a těžkých prvků.

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

Výsledky aktivity jsou náplní 2 diplomových prací studentů FEL ČVUT, 2 publikací uveřejněných v IEEE Transactions on Plasma Science a Plasma Phys. Control. Fusion a 3 konferenčních příspěvků. Dalších 5 časopiseckých publikací se připravuje (viz též příloha Publikace pracovníků CLP 2010).

---

#### **Číslo aktivity**

KP1005

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Zpřesnění simulačních metod zpracování signálů a vymezení modelů popisujících urychlení energetických částic

## **Zahájení aktivity**

1.1.2010

## **Ukončení aktivity**

31.12.2010

## **Popis aktivity**

Simulační metody pro interpretaci experimentů byly rozšířeny o vliv radiální komponenty rychlosti a jsou souhrnně popsány v dokončované disertační práci K. Řezáče. Zároveň byly připraveny simulační aplikace pro vyhodnocení časového vývoje hustoty ze získaných densitogramů. Garant: P. Kubeš.

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

Bylo zjištěno, že v nové elektrodové konfiguraci zařízení PF-1000 urychlení deuteronů koreluje s formováním a explozí hustých sférických struktur. Byl odvozen výraz pro stanovení počtu termonukleárních neutronů pro plazmové fokusy a z-pinče. Pomocí zpřesněných simulačních metod pro vyhodnocení neutronových signálů získaných v experimentech s pinčovými výbojovými zdroji, zahrnujících rozptyl a zpomalení emitovaných neutronů vlivem okolního prostředí, byl stanoven podíl zpomalených a rozptýlených neutronů na 40-60 % všech registrovaných neutronů.

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

Výsledky aktivity jsou náplní 2 dalších diplomových prací studentů FEL ČVUT, 6 časopiseckých publikací (z nich 4 jsou v současné době v recenzním řízení) a celkem 13 příspěvků na mezinárodních zahraničních i tuzemských konferencích.

## **Číslo aktivity**

LP1001

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

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

## **Název (cíl)aktivity**

Studium závislosti kinetické energie iontů a jejich stupně ionizace na příměsích v plazmatu

## **Zahájení aktivity**

1.1.2010

## **Ukončení aktivity**

31.12.2010

## **Popis aktivity**

Výzkum urychlování iontů v koróně laserového plazmatu, prováděný v laboratoři PALS skupinou pracovníků Centra pod vedením Josefa Krásy (FZÚ) ve spolupráci s italskými kolegy z LNS Catania a polskými fyziky z IPPLM Varšava je jedním z hlavních směrů vědeckého programu Centra. Studován je zejména vliv nelineárních procesů na proces emise iontů, dále závislost kinetické energie iontů a jejich stupně ionizace na příměsích v plazmatu a stabilita iontové emise. V roce 2010 byl v rámci této aktivity zkoumána možnost zvýšit množství a energii urychlených protonů použitím vyžíhaných hydrogenizovaných laserových terčů. V experimentech provedených v první polovině roku bylo plazma vytvářeno fokusovaným svazkem infračerveného subnanosekundového jódového laseru na povrchu jednak žíhaného hydrogenovaného krystalického křemíku, jednak monokrystalického křemíku pokrytého pouze samovolně chemisorbovanou vrstvou vzduchu. V další obdobné sérii experimentů byly použity laserové terče z čisté mědi a měděné terče s obsahem berylia. Nábojová a energetická spektra iontů emitovaných laserovým plazmatem byla registrována pomocí speciálních iontových diagnostických metod vyvinutých v předchozích letech projektu. Navíc byla použita nová metoda detekce MeV protonů a poprvé proměřena neutronová produkce laserového plazmatu. Byl rovněž úspěšně otestován nový druh CVD-diamantového detektoru pro současnou detekci rentgenového záření a iontů. Získaná data jsou analyzována s využitím v Centru pro tento účel zdokonalené metody dekonvoluční analýzy iontových spekter. Garant: J. Krása.

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

Porovnáním emise iontů z plazmatu vytvářeném laserovým svazkem na hydrogenizovaných a nehydrogenizovaných křemíkových terčích bylo prokázáno, že hydrogenizací lze docílit až 80% nárůstu kinetické energie protonů a 200% nárůstu jejich proudu. Byl zjištěn též významný nárůst emise Si iontů. Podobné výsledky byly získány pro Cu a Cu98/Be2 plazma. Tato fakta jsou jasným důkazem toho, že malá množství

příměsí v terčích připravených z čistých materiálů mohou významným způsobem ovlivnit emisi iontů z laserem generovaného plazmatu.

Hlavním výsledkem iontových experimentů prováděných v laboratoři PALS je dosažení reprodukovatelné laserové generace intenzivních svazků MeV iontů, jež naleznou praktické uplatnění při konstrukci injektorů pro urychlovače těžkých iontů a ve specifických vědeckých a technologických aplikacích založených na využití laserových iontových zdrojů. Podrobněji viz Výsledek č. 2, kapitola 4.1.2 této zprávy.

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

Celkem 10 publikací zpracovaných výsledků v recenzovaných časopisech a příspěvků na mezinárodních konferencích – viz Seznam publikací pracovníků Centra v roce 2010.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1002

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Výzkum urychlování plazmatu a interakce plazmových jetů

#### **Zahájení aktivity**

1.6.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Na laserovém zařízení PALS byla v roce 2010 experimentálně odzkoušena nová vysoce účinná metoda urychlování plazmových shustků (plazmových makročástic), navržená polskými fyziky z IPPLM Varšava. Nová metoda nazvaná Laser Induced Cavity Pressure Acceleration (LICPA) využívá laserem indukovaného ablačního tlaku v dutinovém terči. Metoda LICPA spojuje přednosti metod tzv. reverzního ablačního urychlování (RAS) a urychlování tlakem indukovaným v dutině (CPA) úspěšně realizovaných v laboratoři PALS v předchozím roce. V laboratoři PALS byly ve druhé polovině roku ve spolupráci s polskými, italskými a francouzskými fyziky rovněž systematicky studovány možnosti aktivně ovlivňovat tvar, hustotu a směr laserem vytvářených plazmových jetů výběrem tvaru a materiálu použitého laserového terče. Experimenty s plazmovými jety jsou motivovány jednak potřebou simulovat laboratoři některé astrofyzikální jevy (např. tzv. Herbigovy-Haroovy objekty), jednak jejich perspektivním uplatněním v tzv. impaktních schématech zapálení inerciální fúze. Naše společné experimenty prokázaly, že směr plazmových jetů lze řídit využitím interakce dvou paralelních plazmových jetů z lehkého a těžkého materiálu, v případě dvou sousých jetů lze vnitřní jet z těžkého materiálu efektivně komprimovat tlakem vnějšího jetu z lehkého materiálu. Jety lze kolimovat též použitím laserových terčů kónického tvaru. Na dutinových terčích lze pak vytvářet dva vzájemně zpožděné sousé plazmové jety a studovat jejich interakci. Výsledky těchto prací se v současné době postupně zpracovávají a připravují k publikaci. Garant: J. Ullschmied.

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

Naše experimenty ukázaly, že energetická účinnost nové urychlovací metody LICPA je o řád vyšší, než u doposud používaných metod konvenčního ablačního urychlování. Na základě provedených testů byly navrženy různé varianty LICPA akceleratorů vhodných pro technologické aplikace a pro využití v oblasti výzkumu inerciální termojaderné fúze.

Experimenty se vzájemnou interakcí sousých i paralelních plazmových jetů otevírají cestu k laserovému vytváření plazmových jetů "šitých na míru" konkrétním aplikacím v oblasti fyziky hustého plazmatu, výzkumu inerciální fúze a laboratorní astrofyziky. Vzájemná interakce dvou zpožděných jetů by mohla umožnit simulovat v laboratoři jemnou strukturu vesmírných Herbigových-Haroových objektů.

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

Výsledky prací z oblasti urychlování plazmatu, ablačního formování a interakce plazmových jetů byly v roce 2010 uveřejněny formou 5 článků v prestižních vědeckých časopisech (Phys. Rev. Letters, Physics of Plasmas) a 6 příspěvků na mezinárodních konferencích. Další publikace výsledků získaných koncem roku 2010 se připravují.

---

#### **Číslo aktivity**



LP1003

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Teorie a částicové modelování urychlování iontů femtosekundovými laserovými pulzy

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

V roce 2010 jsme prováděli Particle-In-Cell (PIC) simulace charakterizující absorpci laserového záření v terčích s rovinným a strukturovaným povrchem. Pomocí těchto simulací jsme demonstrovali, že mikroskopická struktura na povrchu terče výrazně zvyšuje absorpci energie laserového pulsu a elektromagnetická energie je tak efektivně transformována do kinetické energie horkých elektronů. Vliv mikroskopické struktury jsme zkoumali pro různé úhly dopadu laserového pulsu a pro různé podmínky kontrastu laserového záření. V PIC simulacích byl rovněž studován vliv povrchové mikrostruktury na urychlování iontů. Byla zkoumána i možnost použití urychlených iontů pro tzv. rychlé zapálení (fast ignition) inerciální fúze. Dále byla pomocí PIC simulací studována interakce laserového záření s extenzivní korónou pro parametry režimu tzv. rázového zapálení (shock ignition) inerciální fúze a to v souvislosti s experimenty v LLE Rochester, USA. Byl sledován vzájemný vliv parametrických rozptylů SRS a SBS. Byl sledován přechod bezsrážkového režimu interakce do srážkového režimu při snížení intenzity laserového pulsu z  $10^{16}$  na  $10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>. Garant: J. Limpouch.

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Na základě provedených simulací jsme dospěli k závěru, že vliv mikrostruktury na maximální energii urychlených iontů je dostatečně patrný a může být v experimentu změřen. Experimenty v tomto směru jsou připravovány ve spolupráci s CEA Saclay. Byly odhadnuty potřebné parametry iontového svazku pro zapálení fúze s ohledem na tvar Braggova píku.

Bylo rovněž prokázána možnost potlačení SBS odrazu laserového záření od extenzivní koróny při parametrech předpokládaných v shock ignition. Účinná absorpce laserového záření otvírá možnost využít shock ignition v budoucnu pro získávání energie pomocí inerciální fúze.

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

Bylo publikováno 5 článků v prestižních mezinárodních časopisech, 1 je v tisku, 8 příspěvků bylo publikováno na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz Výsledek č. 6, kapitola 4.1.2., a publikace citované v příloze zprávy Publikace pracovníků Centra 2010.

**Číslo aktivity**

LP1004

**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**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**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. V našem 2D hydrodynamickém kódu PALE (Prague Arbitrary Lagrangian-Eulerian code) jsme zpřesnili model radiačního transportu tak, aby bylo možno modelovat radiační transport ve strukturovaných terčích. Remapovací část metody ALE byla vylepšena s ohledem na možnost simulace promíchání na hranici různých materiálů. Kód bude použit k simulacím experimentů na laseru PALS. Modelovali jsme vznik jetů v terčích ozářených laserovým svazkem s minimem intenzity uvnitř svazku. Studovali jsme interakci laserového plazmatu se stěnou a urychlování plazmového

projektu v kanále. Garant R. Liska.

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

Rozvoj a zlepšování možností kódu PALE. Simulace experimentů na laseru PALS. Výsledky simulací slouží k fyzikální interpretaci experimentů.

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

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz Výsledek č. 7, kapitola 4.1.2 této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1005

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Výzkum generace fúzních neutronů z coulombických explozí D-clusterů

#### **Zahájení aktivity**

1.2.2010

#### **Ukončení aktivity**

30.11.2010

#### **Popis aktivity**

Využití tzv. coulombické exploze deuteriových klastrů ozářených femtosekundovým laserem s dostatečnou intenzitou záření je jednou z možných metod přímého experimentálního studia procesů fúze jader deuteria v laboratorních podmínkách. Generace takových klastrů vyžaduje dostatečně hluboké podchlazení molekulárního deuteriového plynu před jeho expanzí do vakua. Vzhledem k tomu, že se pouze část expandovaného plynu začne v určitých oblastech prostoru expanze shlukovat do potřebných klastrů, je mimořádně důležité pro optimalizaci následného procesu ozáření této směsi fs laserem dostatečně detailně prozkoumat prostorové rozložení expandující směsi deuteriového plynu a klastrů. Za tímto účelem jsem vyvinuli velmi citlivou a přesnou metodu diagnostiky expandující směsi založenou na komplexní laserové interferometrii. Tuto problematiku jsme studovali ve spolupráci s KAERI (Jižní Korea). Pro jejich experimentální zařízení jsme navrhli a implementovali interferometr potřebný pro následnou aplikaci této pokročilé diagnostické techniky. Garant: M. Káral.

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

Byla vyvinuta velmi citlivá a přesná metoda diagnostiky prostorového rozložení expandující směsi molekulárního deuteriového plynu a klastrů založená na komplexní interferometrii. Na pracovišti korejského partnera (KAERI) byl námi navržen a implementován interferometr typu Nomarski s Fresnelovým dvojhranolem, který tuto náročnou diagnostiku umožní realizovat.

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

Základní principy návrhu interferometru i vlastní diagnostiky byly publikovány ve 3 článcích v odborných časopisech a v 5 konferenčních příspěvcích. Podrobněji viz Výsledek č. 8, kapitola 4.1.2.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1006

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Experimentální studium interakce intenzivních fs pulzů s terčí

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

V laboratoři femtosekundového laseru na FJFI bylo dále rozšířeno vybavení terčové komory a byly provedeny spektroskopické experimenty s generací tvrdého rentgenového záření při interakci femtosekundového laseru s

pevnolátkovým terčem. Dále v této laboratoři proběhly experimenty s generací tzv. vysokých harmonických při průchodu svazku femtosekundového laseru komůrkou plněnou plynem (gas cell) a při průchodu laseru plynem vypouštěným z trysky (gas-jet). Garant: J. Limpouch.

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

Byla detegována emise K-alfa záření z mědi, z čehož lze usuzovat, že bylo dosaženo fokusované intenzity laseru přesahující úroveň  $10^{16}$  W/cm<sup>2</sup>. V plynové cele a plynové trysce byly generovány vysoké harmonické laseru, což dosvědčuje, že se podařilo výrazně zlepšit prostorovou strukturu svazku.

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

Publikace v mezinárodních recenzovaném časopise a v příspěvcích na mezinárodních konferencích. V rámci aktivity bylo vypracováno několik studentských prací. Podrobněji viz Výsledek č. 8, kapitola 4.1.2.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1007

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Registrace iontů emitovaných plazmatem vytvářeným XUV/rtg lasery

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

V minulém roce jsme prezentovali fokusační schéma, umožňující soustředit svazek XUV laser s volnými elektrony FLASH na velmi malou plochu pevného terče, kde femtosekundový pulz laserového ionizujícího záření vypudí elektrony z tak velkého počtu atomů, že již můžeme mluvit o novém přechodovém stavu hmoty. Na zařízení FLASH jsme letos sledovali generaci plazmatu ve vybraných kovech (V, Nb) a jejich hydridech a deuteridech. Hlavním cílem bylo experimentálně potvrdit či vyvrátit hypotézu o zvýšeném výtěžku fúzních procesů ve vodíkem sycených kovech umístěných v mikrofokusu nezeslabeného svazku FLASH naladěného na 13,5 nm. Hmotovou spektrometrií byla registrována různorodá iontová emise. Hmotová spektra byla využita ke stanovení parametrů plazmatu. Tyto výsledky byly konfrontovány s AFM stanovenými ablačními účinnostmi a počítačovými simulacemi využívajícími plazmové kódy typu CRETIN. Spektra však neobsahovala signály, jež bychom mohli přiřadit fúzním produktům vznikajícím s dobře patrným výtěžkem. Tuto hypotézu tedy můžeme, alespoň pro studované deuteridy a hydridy přechodových prvků, zamítnout. Urychlené protony a deuterony vznikají za námi sledovaných interakčních podmínek konvenčními mechanismy a nedosahují energií a četností, které by dostačovaly k pozorovatelnému fúznímu výtěžku. Charakteristiky iontové emise potvrzují volumetrické ozáření vybraných kovů a jejich hydridů/deuteridů a netepelný charakter rozkladu pevné látky a generace plazmatu..Garant: L. Juha.

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

Získané experimentální výsledky, reprezentované nábojově-hmotově-energetickými spektry vybraných kovů a jejich hydridů a deuteridů, byly korelovány s AFM určenými ablačními charakteristikami a s výpočty provedenými pomocí plazmových počítačových kódů. Jejich zpracování poskytlo další důkaz, že v našich experimentech je vytvářena prohřátá hustá hmota (WMD).

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

Výsledky aktivity budou podrobně popsány v článku ve Phys. Rev. E, přijatém k publikaci 15. 12. 2010 a budou zevrubně prezentovány na 3rd SPIE Conference on Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics v Praze v dubnu 2011, kterou spoluorganizujeme. Podrobněji viz Výsledek č. 11, kap. 4.1.2 této zprávy.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1008

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

### Zahájení aktivity

1.1.2010

### Ukončení aktivity

31.12.2010

### Popis aktivity

V rámci této aktivity jsme se v první řadě soustředili na možnost, jak dosáhnout pomocí laserem iniciovaného jiskrového výboje (Laser-Induced Discharge Breakdown – LIDB) co nejsilnějších polí přímo v molekulárních soustavách, která spočívá v generaci laserového plazmatu v kryogenní kyvetě na povrchu molekulárního ledu. Ve skleněné kryogenní kyvetě temperované vhodným chladicím médiem (např. kapalným dusíkem, ochlazeným ethanolem, atp.) jsme vytvořili ledy z kapalné vody, methanolu, formamidu, 1-methoxy-2-propanolu, 2-amino-1-butanolu a řady dalších modelových a zájmových sloučenin. Plazma bylo na povrchu ledu vytvářeno fokusovaným svazkem výkonového laserového systému SOFIA (vlnová délka: 1,3  $\mu\text{m}$  energie a doba trvání laserového impulsu: 25 J ve 2 ns) na intenzitách dosahujících úrovně až 10<sup>13</sup> W/cm<sup>2</sup>. Optická emisní spektroskopie (OES) nám poskytla informace o složení a parametrech laserového plazmatu. Chemickou analýzu produktů odčerpaných z kyvety jsme prováděli pomocí plynové (GC) a kapalinové (HPLC) chromatografie. Zpracováváme nyní přednostně výsledky laserového plazmochemického experimentu s 1-methoxy-2-propanolem a 2-amino-1-butanolem, tedy chirálními sloučeninami. Výsledky experimentu s ledem porovnáváme s chemickými projevy velké jiskry generované v parách těchto látek fokusovaným svazkem systému PALS. Zároveň byla teoreticky vyšetřována elektrická a magnetická pole v PALSem indukované jiskře v kyvetě naplněné parami těkavých chirálních látek. Garant: L. Juha.

### Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity

Výzkumné práce prováděné v Centru skupinou pracovníků a doktorandů FZÚ a ÚFCH-JH pod vedením Libora Juhy a Svatopluka Civiše poskytly první zpracované výsledky korelující vlastnosti laserového plazmatu, průběhy elektrických a magnetických polí plazmatem vytvořených a chemické přeměny chirálních výchozích látek.

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

První částečné výsledky této aktivity byly představeny na 37th EPS Conference on Plasma Physics, 21 - 25 červen 2010, Dublin, Irsko, a na 62. sjezdu českých a slovenských chemických společností, 28. - 30. červen 2010, Pardubice. Druhý z těchto příspěvků byl uveřejněn též v časopise Chemické Listy. Úplné bibliografické údaje těchto a dalších publikací viz Seznam publikací pracovníků Centra v roce 2010.

### Číslo aktivity

LP1009

### Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje

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

### Název (cíl)aktivity

Využití rentgenové spektrálně zobrazovací kamery pro diagnostiku horkého hustého plazmatu

### Zahájení aktivity

1.1.2010

### Ukončení aktivity

31.12.2010

### Popis aktivity

Metoda Energy Encoded Pin-Hole Camera (EPPHC), založená na principu sledování statistické četnosti signálu generovaného jednotlivými fotony v pixelech CCD detektoru, byla vyvinuta ve spolupráci se skupinou laserového plazmatu z Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF), CNR, Pisa a poprvé otestována v roce 2009. Její původní verze vyžadovala zpracování dat z velkého počtu opakovaných laserových pulzů. V rámci experimentů prováděných v laboratoři PALS byla zdokonalená verze této metody vůbec poprvé využita pro získání prostorového obrazu rentgenového spektra laserového plazmatu vytvářeného laserem pracujícím v režimu jednotlivých pulzů. Garant: B. Rus.

### Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity

Metoda EPPHC umožní získat doposud chybějící experimentální data o spektru vyzařování horkého a hustého laserového plazmatu v oboru energií rentgenového záření 5-30 keV. Experimenty provedené naší laboratoří

PALS prokázaly její použitelnost pro diagnostiku plazmatu vytvářeného jednorázovými laserovými pulzy. S jejím dalším uplatněním se počítá v rámci pokračující přípravné fáze projektu HiPER a v budoucnu i v projektu ELI.

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

Zpráva koordináčnímu výboru projektu HiPER. Interní zpráva (Summary Report) o výsledku HiPER-relevantních experimentů pro koordinátora projektu LASERLAB-EUROPE.

---

#### **Číslo aktivity**

LP1010

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Interakce laserově produkovaného plazmatu se stěnami

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Naše experimenty realizované na zařízení PALS v období 16.8. – 3.9.2010) byly zaměřeny na optimalizaci parametrů laserově produkovaných plazmových výtrysků a na studium jevů doprovázejících jejich interakci se sekundárními terčiky (stěnami). Energetické toky iontů vznikající při ozařování tenkých fóliových terčků (Al, Ag a Ta) intenzívními laserovými svazky byly optimalizovány pomocí třísvazkové optické interferometrie, informace o interakčních procesech byly získány časově rozlišeným rentgenovým zobrazováním, optickou a rentgenovou spektroskopií. Na experimentech a jejich interpretaci se vedle domácích pracovníků a dvou studentů FJFI ČVUT podíleli vědci z IPPLM Varšava, Polsko. Detailní analýza experimentálních dat probíhá za využití fluidních a kinetických simulačních kódů (spolupráce s FJFI ČVUT, Université Pierre et Marie Curie, Paříž, a CEA Bruyère, Francie). Garant: O. Renner.

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

Změřená diagnostická data poskytla komplexní údaje o makroskopických charakteristikách interagujícího plazmatu (elektronová hustota a teplota, distribuce náboje a rychlosti iontů). Interpretací vysoce rozlišených rtg spekter byla indikována nábojová výměna při povrchu sekundárních terčů, v oblasti optické spektroskopie byla prokázána absorpce záření jetů v plazmatu generovaném na sekundárním terči. Experimenty poskytly nové údaje o srážkách a interpenetraci energetických plazmových toků a o chování povrchů pevných látek při jejich interakci s intenzívními iontovými svazky.

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

Dílčí výsledky aktivity byly prezentovány v příspěvcích na mezinárodních konferencích, jejich publikace v recenzovaných vědeckých časopisech se připravuje.

---

#### **Číslo aktivity**

LS1001

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Optimalizace dvoustupňového parametrického zesilovače čerpaného 3. harmonickou frekvencí jódového laseru

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

V roce 2010 jsem realizovali experimenty zaměřené na optimalizaci techniky OPCPA, která je použita v dvoustupňovém zesilovači ultrakrátkých pulzů Ti:safírového laseru. Oba stupně (LBO, KDP) jsou opticky čerpány 3. harmonickou jódového systému SOFIA. Optimalizace byla založena na komplexní diagnostice vypracované v

rámci doktorandského studia O. Nováka (školitel P. Straka). V každém stupni byla měřena vstupní a výstupní energie signálového a čerpacího svazku, byl snímán profil blízké a daleké zóny čerpacího svazku, byla vyhodnocována přesnost synchronizace. Spektrální rozložení zesíleného signálového svazku v časové závislosti bylo měřeno streak kamerou. Zesílený signálový svazek byl komprimován a délka po kompresi a spektrální složení byly vyhodnoceny technikou GRENOUILLE. Optimalizace systému byla většinou prováděna při nižších intenzitách čerpacího svazku, protože intenzitní špičky aberovaného čerpacího svazku byly nad prahem poškození reflexních a antireflexních vrstev optických prvků. Při čerpání krystalů plným svazkem bylo dosaženo celkové zesílení  $10^8$  ( $10^5$  v LBO a  $10^3$  v KDP), výkon signálového svazky po kompresi byl vyhodnocen na 0.5 TW ve pulsu časové délky 25 fs. Garanti: H. Turčičová, P. Straka.

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

Výsledkem této aktivity bylo stanovení limitních parametrů daného dvoustupňového optického parametrického zesilovače čerpaného 3. harmonickou jódového laseru. Výše uvedené dosažené parametry svazku po zesílení a kompresi jsou poznamenány nepříliš kvalitní strukturou čerpacího svazku, která je ovlivněna kvalitou oscilátorového svazku (jalová vlna parametrického oscilátoru MOPO-HF), dále tzv. dlouhým optickým čerpáním jódových zesilovačů a poměrně značnou časovou neurčitostí (jitter) trigrovacích zařízení. To však nesnižuje význam hlavního výsledku prací prováděných v laboratoři SOFIA, kterým je první úspěšná aplikace OPCPA techniky na jódovém laseru v celosvětovém měřítku. Na základě našich dosavadních zkušeností lze odůvodněně předpokládat, že při vysoce kvalitním čerpacím svazku, který poskytuje např. systém PALS, a při využití spolehlivého synchronizačního zařízení by bylo možno na stávajícím LBO-KDP zesilovači dosáhnout úrovně výkonu komprimovaného pulzu řádu jednotek TW.

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

Výsledky aktivity budou jednak tvořit náplň disertační práce doktoranda O. Nováka, jednak budou publikovány v kvalitním odborném časopise.

#### **Číslo aktivity**

LS1002

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Využití SBS PCM pro IFE

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Přesná a spolehlivá navigace výkonových laserových svazků na injektované terčičky v režimu vysoké opakovací frekvence laserů je jedním z dosud nevyřešených problémů na cestě k úspěšnému zvládnutí laserové inerciální fúze pro získávání energie (IFE). V této souvislosti se námi navržené unikátní metodě plně automatické samonavigace laserových svazků na injektované termonukleární terčičky postupně dostává zvýšené pozornosti významných představitelů největších světových laboratoří zabývajících se realizací inerciální fúze pomocí tzv. přímého ohřevu. Naše metoda samonavigace, kterou vyvíjíme společně s korejským partnerem (KAIST), využívá fázově konjugovaných zrcadel (PCM) realizovaných pomocí stimulovaného Brillouinova rozptylu (SBS). Při její aplikaci odpadá nutnost mechanického dostavování rozměrných finálních zrcadel, což umožní použití většího počtu laserových svazků, které tak lze snáze zkonstruovat pro potřebnou opakovací frekvenci. Do tohoto směru bádání se nyní začínají postupně zapojovat i další laboratoře (USA a Japonsko). Byl rovněž učiněn významný pokrok při hledání korektního matematického řešení popisu speciálních metod využití SBS PCM za účelem realizace co nejdokonalejšího fázového závěsu pro kombinaci laserových svazků. Garant: M. Kálal.

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

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. Zároveň byly specifikovány podmínky pro konstrukci termojaderných peletů, při jejichž splnění by bylo dosaženo optimalizace interakčního procesu pro danou technologii samonavigace.

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

Získané výsledky byly publikovány ve 4 člancích v odborných časopisech a prezentovány v 8 prezentacích na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz Výsledek č. 9, kapitola 4.1.2.

---

#### **Číslo aktivity**

LS1003

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

Vysokorepetiční rentgenové lasery

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

#### **Popis aktivity**

Hlavní vědeckou náplní této aktivity byla příprava a realizace experimentů věnovaných demonstraci, charakterizaci a optimalizaci vysokorepetičních, srážkově excitačních rentgenových laserů ve spektrální oblasti 10-45 nm čerpaných jednak 25-TW Ti:safírovým laserovým systémem v centru PALS a také 100-TW systémem v partnerské laboratoři LOA (ENSTA-Ecole Polytechnique-CNRS, Palaiseau, Francie). Během několika společných experimentů na LOA byla úspěšně zesílena 25. harmonika na vlnové délce 32,8 nm Ti:safírového laseru v plazmatu 8x ionizovaného Kr IX vytvořeném ionizací optickým polem. Emise na 32,8 nm pak byla optimalizována v závislosti na hlavních parametrech interakce a bylo provedeno měření příčné (prostorové) koherence svazku. Na základě zkušeností z těchto společných experimentů byla vybrána a podrobně rozpracována dvě inverzní schémata pro vysokorepetiční rentgenové lasery vhodná k experimentální realizaci s 25-TW systémem v centru PALS: longitudinální čerpání ionizací optickým polem (OFI), a přechodové čerpání při šikmém dopadu (GRIP). Nejprve bylo provedeno detailní modelování a optimalizace obou schémat v prostředí ZEMAX na jehož základě vznikl fyzikální návrh experimentů. Na základě fyzikální koncepce vznikl konkrétní technický návrh experimentálních uspořádání pro oba typy rentgenových laserů a v závěru roku 2010 proběhl první pilotní experiment na téma generace OFI rentgenového laseru v centru PALS jehož výsledky jsou nyní analyzovány. Podrobněji viz Výsledek č. 4, kap. 4.1.2 této zprávy. Garant: T. Mocek.

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

Proběhly první pilotní experimenty zaměřené na studium OFI rentgenových laserů s 25-TW Ti:safírovým systémem v centru PALS. V rámci spolupráce s LOA bylo provedeno detailní měření spektrálních vlastností měkkého rentgenového laseru Kr IX na 32,8 nm pracujícím v injekčním módu. S užitím technik rentgenové interferometrie byl s vysokou přesností experimentálně změřen spektrální profil laserové čáry a byla odhadnuta délka generovaného laserového pulsu. V rámci aplikačních experimentů byla provedena experimentální demonstrace přímého ablačního mikrostrukturování PMMA jediným výstřelem XUV laseru na vlnové délce 21 nm a uskutečněn pilotní test kvazi-kontaktního nanostrukturování. Dále bylo ukázáno, že duální akce NIR-VIS a XUV femtosekundových pulsů zvyšuje účinnost obrábění povrchů PMMA a amorfního uhlíku (a-C). V případě a-C byly vytvořeny velké oblasti laserem indukovaných povrchových struktur s periodou 550 nm.

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

Výsledky výše uvedených prací byly publikovány v časopisech Phys. Rev.A, Appl. Phys. Lett., Opt. Lett. a Radiat. Eff. & Defects in Solids.

---

#### **Číslo aktivity**

LS1004

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

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

#### **Název (cíl)aktivity**

HiPER-PP - vývoj interakčních systémů pro repetiční lasery

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

### **Popis aktivity**

V odděleném laboratorním prostoru v 1. podlaží laserové haly PALS, určeném pro vývoj a testování vybraných interakčních systémů pro budoucí repetiční multi-kJ lasery a pro experimenty s vysokorepetičními plazmovými rentgenovými lasery byl v průběhu roku 2010 instalován systém 3 víceúčelových vakuových interakčních komor spolu s originální zavěšenou nástrojnou konstrukcí nesoucí distributor a posuvné zrcadlové odražeče laserového svazku. Do nového interakčního komplexu byl krytou trasou zaveden svazek výkonového femtosekundového titan-safírového repetičního laseru, instalovaného v předchozích letech projektu v sousední laserové kobce. V závěru roku započaly provozní zkoušky vakuových komor a systému zavedení a distribuce laserového svazku. Garanti: T. Mocek, B. Rus.

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

Byla dokončena instalace a zahájeny provozní systém vakuových komor pro repetiční interakční experimenty s využitím výkonového femtosekundového titan-safírového laseru s výkonem 25TW a opakovací frekvencí 1kHz. V roce 2011 bude celý komplex využíván pro testování repetičních terčových zařízení v rámci pokračující přípravné fáze evropského projektu HiPER-PP i pro samostatné interakční experimenty s plazmovými repetičními rentgenovými lasery.

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

Technická zpráva pro mezinárodní koordinační výbor projektu HiPER-PP.

---

### **Číslo aktivity**

LS1005

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

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

### **Název (cíl)aktivity**

Aktivity v rámci přípravné fáze evropského projektu ELI-PP

### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

### **Popis aktivity**

Aktivity pracovníků Centra v rámci přípravné fáze evropského projektu ELI (Extreme Light Infrastructure) byly korunovány rozhodnutím zúčastněných evropských zemí o umístění jednoho z pilířů nového evropského konsorciálního projektu u ELI-ERIC – laserového zařízení ELI-Beamlines - v České republice. V roce 2010 byl vypracován komplexní architektonický a technický projekt výstavby tohoto zařízení v lokalitě Dolní Břežany ve Středočeském kraji a jeho financování v rámci prioritní osy 1 programu VaVpl MŠMT. S projektem ELI úzce souvisí další velký projekt, vypracovaný pod vedením pracovníků Centra v roce 2010, projekt HiLASE, jehož náplní je výstavba centra pro vývoj vysokorepetičních výkonových diodově čerpaných laserů pro základní výzkum i průmyslové aplikace. Centrum má být umístěno ve stejné lokalitě a financováno z prostředků prioritní osy 2 programu VaVpl. Koncem roku 2010 byly oba projekty ve stadiu závěrečných jednání. Garant: B. Rus, T. Mocek.

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

Byly vypracovány a ke schválení předloženy kompletní projekty výstavby laserových center ELI-Beamlines a HiLASE. Pro zajištění těchto ambiciózních projektů, jež se co do finančních i personálních nároků zcela vymykají dosavadním možnostem Centra, byly u příjemce S1 v průběhu roku 2010 vytvořeny 3 zcela nové organizační jednotky: Oddělení diodově čerpaných laserů, vedené T. Mockem, oddělení ultraintenzivních laserů, vedené B. Rusem, a v závěru roku ještě oddělení administrativní podpory projektů operačního programu VaVpl. Tyto organizační jednotky budou od počátku roku 2011 pracovat již zcela mimo rámec Centra.

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

Podrobné a pravidelně aktualizované informace o stavu projektů výstavby laserových center HiLASE a ELI-Beamlines jsou uveřejněny na internetových stránkách [www.eli.cz](http://www.eli.cz) a [www.eli-beamlines.cz](http://www.eli-beamlines.cz).

---



**Číslo aktivity**

LS1006

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Diagnostika generace, šíření a interakce laserového svazku

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

Aktivita byla zaměřena na získávání přesnějších údajů o svazku jódového laser PALS, detailní popis šíření svazku v laserovém systému a na detekci jeho změn. Cílem výzkumu bylo další upřesnění parametrů svazku a umožnění sledování změn svazku v kritických místech laserového systému včetně odhalení původu degradace. Rovněž byl připravován návrh pro vylepšení diagnostického hardware a modernizaci laserového řetězce PALS. Garant: V. Kmetik.

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Během roku byl vylepšen optický systém pro měření parametrů laserových svazků s velkou aperturou na 1315 nm. Kompaktní řídicí systém pro detekci, vizualizaci a měření laserového svazku byl testován a upraven pro měření v blízkosti laserových zesilovačů. Měření parametrů laserových svazků na 1315 nm pomocí nízkonákladových detektorů bylo rozšířeno na další typy kamer a svazků. Simulace šíření svazku v koncových elementech byla použita pro určení interakčního profilu svazku.

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

Výsledky simulací a měření byly použity pro interpretaci interakčních experimentů. Zpracované výsledky byly prezentovány na domácích a mezinárodních konferencích (24-SSPT, 35-ECLIM, 37-EPS-CPP, LA-50) a publikovány v recenzovaném odborném časopise (JMO).

**Číslo aktivity**

RL1001

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Interakce rentgenových laserových pulzů s hmotou na vlnových délkách kratších než jeden nanometr (první modelové experimenty)

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

Na úroveň ablačních prahů pro jednotlivé rentgenové impulzy jsme se bezpečně dostali pomocí zatím nejvýkonnějšího a nejkrátkovlnnějšího laseru s vlnovými elektrony LCLS (Linac Coherent Light Source SLAC, Menlo Park, CA), jehož určité jeho parametry jsou srovnatelné se sekundárními zdroji záření projektovanými na ELI Beamlines. Našich metod charakterizace fokusovaného svazku jsme využili při prvním uživatelském interakčním experimentu se svazkem LCLS laděného v rozmezí energií fotonů 0,5 keV až 2,0 keV na experimentální stanici SXR. Dokončili jsme též analýzu raných experimentů provedených s LCLS svazkem na stanici AMO. Ablační imprinty tohoto svazku v PbWO<sub>4</sub> jsme využili k rekonstrukci podélného rozložení intenzity ve svazku rentgenového laserového záření. Ve stejném spektrálním oboru jsme v roce 2010 realizovali ELI-motivovaný výzkum se zdroji poháněnými dlouhovlnnými lasery v LULI Palaiseau ve Francii. Garant: L. Juha.

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

V interakčním experimentu s LCLS svazkem fokusovaným adaptivní K-B optickou soustavou jsme studovali ablační charakteristiky různých zájmových materiálů a využili je ke stanovení rozložení intenzity ve fokusovaném

svazku. Zajímavým výsledkem je rozdíl mezi hodnotou ablačního prahu škálovaného dle rostoucí atenuační délky s klesající vlnovou délkou a v rtg. oboru skutečně změřenou. Pro PMMA je změřený práh kolem  $100 \text{ mJ/cm}^2$ , zatímco odhad ze škálování činí asi  $400 \text{ mJ/cm}^2$ . Rozdíl je důsledkem „single photon effects“ zesílených vyšší energií rentgenových fotonů.

Pro využití v praxi, a to i mimo oblast výzkumu a užití XUV/rtg laserů, se nám z výsledků roku 2010 jeví jako nejnadějnější námi nově zavedený a odzkoušený přístup k určení efektivní plochy fokusovaného svazku krátkovlnného laseru. Tento postup nevyžaduje předpoklad gaussovského rozdělení intenzity v pulzu a může tedy být využit k analýze svazků s negaussovským profilem (např. anuloidní svazky z kapilárního výbojového laseru) resp. svazků silně porušených, např. nerovnoměrným rozložením zisku z procesů ASE resp. SASE v plazmových či svazkových aktivních prostředích nebo nedokonalostmi optických prvků a soustav využitých k vedení a fokusaci svazku. Podrobněji viz Výsledek č. 11. v kap. 4.1.2 této zprávy.

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

Výsledky výše uvedených prací, včetně stanovených prahů poškození B4C a SiC jedním impulzem LCLS záření o energii fotonů 0,83 keV, byly publikovány např. v časopise Opt. Express a byly přijaty k publikaci v časopise Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A. Budou prezentovány též na 3rd SPIE Conference on Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics v Praze v dubnu 2011.

---

### **Číslo aktivity**

RL1002

### **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 zesilovacích řetězců pro rentgenovou oblast

### **Zahájení aktivity**

1.1.2010

### **Ukončení aktivity**

31.12.2010

### **Popis aktivity**

Dlouhodobým cílem této aktivity je vyvinout vysoce spolehlivé výkonové plazmové rentgenové lasery s energií v impulzu až o řád převyšující hodnotu dosahovanou na dnešních rentgenových laserech s volnými elektrony (FEL). K tomu bude nutno doplnit stávající plazmové rentgenové lasery, využívající plazmatu generovaného na jediném laserovém terči, řetězcem laserových zesilovačů v rentgenové oblasti. Jedny z prvních experimentů, které prokázaly možnost zesilování rentgenového paprsku v pomocném plazmatu o vhodné geometrii, byly provedeny v laboratoři PALS v našem Centru s využitím paprsku infračerveného jódového nanosekundového laseru. Femtosekundový Ti:safírový laserový systém, vybudovaný v laboratoři PALS v uplynulých létech, jeden z nemnoha fs laserů s výkonem převyšujícím 20 TW, umožní rozšířit v Centru prováděné experimenty tohoto druhu i na třídu femtosekundových laserů. V rámci koordinované ve spolupráce s dalšími účastníky celoevropské společné výzkumné aktivity SFINX projektu LASERLAB 2 bylo provedeno experimentální měření dynamiky plazmatu terčů s různou atomovou hmotností, vytvořeného interakcí lineárně fokusovaného infračerveného laseru. Takto vytvořené plazma bylo vždy prosvíceno svazem neonu podobného zinkového laseru (21,2 nm) a pro vyhodnocení profilu elektronové hustoty byla použita interferometrická metoda s dvojitým Lloydovým zrcadlem nebo nově vyvinutá deflektometrická technika. Garant: B. Rus.

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

Na základě teoretických výpočtů byly vypracovány technické koncepční návrhy laserových zesilovacích řetězců v rentgenové oblasti. Byly provedeny první ověřovací experimenty, jež jsou základem pro vytvoření laserových rentgenových zesilovacích řetězců čerpaných výkonovými lasery v nanosekundové i femtosekundové oblasti.

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

Report v rámci aktivity JRA5 „SFINX“ projektu 7. RP EU LASERLAB 2. Výsledky v rámci této aktivity provedených diagnostických měření byly publikovány v časopisech Physics of Plasmas a Optical Letters a v rámci příspěvků na mezinárodních konferencích, uvedených v příloze Seznam publikací pracovníků Centra 2010.

---

**Číslo aktivity**

RL1003

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Interakční experimenty s fokusovaným paprskem zinkového rentgenového laseru

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

Zinkový rentgenový laser na vlnové délce 21,2 nm, vyvinutý a k fyzikálním experimentům rutinně využívaný v laboratoři PALS od roku 2001, drží mezi všemi zdroji XUV záření doposud rekord nejen v jas, ale i v dosažené intenzitě fokusovaného XUV záření. Intenzita jeho paprsku fokusovaného pomocí nové eliptické optiky typu grazing incidence do stopy o průměru menší než 10 mikrometrů totiž dosahuje bezkonkurenčních hodnot přesahujících  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>. Volumetrickým ohřevem tenké fólie umístěné v ohnisku laserového paprsku se tak v laboratoři PALS podařilo vůbec poprvé vytvořit čistým rentgenovým zářením plazma o hustotě pevné látky, resp. tzv. horkou hustou hmotu (Warm Dense Matter, WDM). Unikátní experimenty zaměřené na studium horké husté hmoty pokračovaly v závěru roku 2010 v rámci experimentální kampaně přesahující až do konce ledna 2011. Výzkum časového průběhu transportu záření ionizovanou hmotou o hustotě pevné fáze, generovanou v režimu volumetrického ohřevu přitom zahrne i materiály s absorpční L-hranou ležící poblíž vlnové délky 21,2 nm. Na interpretaci experimentu a numerických simulací interakce intenzivního měkkého rentgenového záření s hmotou se budou i nadále podílet pracovníci Lawrence Livermore National Laboratory, USA. Garant: B. Rus.

**Skutečné Indikátory dosažení - výsledky aktivity**

Získaná experimentální data rozšiřují současní znalosti o kvalitativně nové vědeckých poznatky týkající se vlastností horké husté hmoty generované na tercích z různých materiálů a o mechanismech interakce intenzivního měkkého rentgenového záření s hmotou. V tomto případě jde o celosvětově unikátní experimenty, neboť v současné době není k dispozici žádný plazmový rentgenový laser, jenž by svými parametry našemu laser vyrovnal.

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

Výsledky v laboratoři PALS provedených WDM experimentů byly publikovány v obsáhlém článku v High Energy Density Physics. Podrobněji viz též Výsledek č. 4, kap. 4.1.2. Výsledky prací prováděných v závěru roku 2010 budou publikovány v roce 2011.

**Číslo aktivity**

RL1004

**Ke kterému dílčímu cíli se aktivita vztahuje**

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

**Název (cíl)aktivity**

Využití rentgenového laseru pro diagnostiku laserového plazmatu

**Zahájení aktivity**

1.1.2010

**Ukončení aktivity**

31.12.2010

**Popis aktivity**

Koherentní paprsek zinkového laseru s vlnovou délkou 21,2 nm je vhodným nástrojem pro zobrazovací diagnostiku laserového plazmatu, zejména pokud jde o měření okamžitého rozložení hustoty plazmatu metodou rentgenové interferometrie. Rentgenový Lloydův interferometr, vyvinutý v rámci doktorské disertační práce pracovnice Centra Michaely Kozlové (FZÚ), se osvědčil jak v experimentech zaměřených na studium transientních dějů v optických prvcích zatěžovaných pulzem výkonového laseru, tak při laboratorních astrofyzikálních experimentech prováděných v laboratoři PALS ve spolupráci s pracovníky anglické University v

Yorku. Tato v minulosti již ověřená technika, byla doplněna další kvantitativní metodou založenou na měření vlnoplochy krátkovlnného svazku pomocí detekce deformace Talbotova obrazu dvojdimenzionální transmisní mřížky. Nová metoda vyvinutá doktorandem J. Nejdlem je ve srovnání s interferometrií instrumentálně jednodušší a klade nižší nároky na prostorovou koherenci sondovacího svazku, jejíž stupeň je zvláště u rentgenových zdrojů generovaných v laserovém plazmatu poměrně nízký. Obě metody byly využity v rámci mezinárodních kooperativních experimentů uskutečněných v roce 2010 v laboratoři PALS. Garanti: B. Rus, M. Kozlová.

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

V laboratoři PALS byly vyvinuty a úspěšně aplikovány pokročilé metody zobrazovací diagnostiky laserového plazmatu využívající sondovacího paprsku zinkového laseru na vlnové délce 21,2 nm. Mj. byly získány údaje o rozložení a časovém vývoji hustoty plazmatu ve dvou nezávislých experimentech zaměřených na studium interakce a šíření rázových vln v laserovém plazmatu, prováděných v laboratoři PALS v roce 2010 ve spolupráci s pracovníky University Milano-Bicocca a laboratoře LUTH-Meudon, Observatoire de Paris. Získaná data byla porovnána s výsledky počítačových simulací a v obou případech budou využita pro určení dalšího postupu v závěrečných fázích obou experimentů, plánovaných pro rok 2011.

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

Nové metody rentgenové zobrazovací diagnostiky plazmatu, vyvinuté pracovníky Centra a aplikované v laboratoři PALS byly popsány v člancích uveřejněných v roce 2010 v časopisech Laser and Particle Beams, Physics of Plasmas a Optical Letters. Podrobněji viz Výsledek č. 4, kap. 4.-1.2 této zprávy. Publikace výsledků nových experimentů provedených v roce 2010 se připravují.

---

---

---

## 2.2.2. AKTIVITY NEUSKUTEČNĚNÉ v roce 2010

---

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 - 2010

### 2.3.1. NÁKLADOVÉ TABULKY ZA JEDNOTLIVÉ SUBJEKTY

Rok	2010
Typ	skutečné
Organizace	Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Role organizace	příjemce - koordinátor

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ tis. Kč</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 přiděly do FKSP	9822	2822
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	1366	1366
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	3322	2543
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	622	604
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	56	56
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	455	302
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	1050	550
<b>F9. CELKEM</b>	<b>16693</b>	<b>8243</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	239	277

Rok 2010  
 Typ skutečné  
 Organizace Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.  
 Role organizace příjemce

<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 přídělky do FKSP	5040	1740
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	3876	3294
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	2218	1560
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	572	572
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	50	50
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	136	136
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	1000	800
<b>F9. CELKEM</b>	<b>12892</b>	<b>8152</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu</b> tis. Kč	<b>POUŽITÍ Z fondu</b> tis. Kč
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	0	0

Rok 2010  
 Typ skutečné  
 Organizace České vysoké učení technické v Praze  
 Role organizace příjemce

<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 příděly do FKSP	3718	2720
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	611	440
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	1137	1097
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	109	109
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	9	9
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	437	437
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	860	540
<b>F9. CELKEM</b>	<b>6881</b>	<b>5352</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu</b> tis. Kč	<b>POUŽITÍ Z fondu</b> tis. Kč
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	100	0





### 2.3.2. NÁKLADOVÁ TABULKA ZA PROJEKT

Rok 2010  
 Typ skutečné  
 PROJEKT LC528 - CELKEM

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ tis. Kč</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	18580	7282
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	5853	5100
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	6677	5200
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	1303	1285
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	115	115
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	1028	875
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	2910	1890
<b>F9. CELKEM</b>	<b>36466</b>	<b>21747</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	339	277

### 2.3.3. ZDŮVODNĚNÍ ZMĚN V ČERPÁNÍ

Souhrnně byla dotace MŠMT na projekt v roce 2010 (včetně celkového navýšení dotace o 1 316 tis, Kč koncem roku) vyčerpána z 98,45 %, přičemž příjemci FZÚ a ČVUT převedli zbylé prostředky dotace v celkové výši 338,922 tis. Kč do Fondu účelově určených prostředků pro rok 2011. Kromě toho příjemce FZÚ vyčerpал ještě 277,077 tis. Kč z prostředků uložených do FÚUP v roce 2009. V roce 2010 vložili příjemci do projektu 100 % plánovaných vlastních prostředků

#### Osobní náklady

Celkové uznané osobní náklady projektu byly v roce 2010 vyčerpány na 99,80 %, z toho dotace na 99,49 % a vlastní prostředky na 100 %. Ve FZÚ byla dotace osobních nákladů nedočerpána o 77 488 Kč a tato částka převedena do FÚUP pro rok 2011. V ÚFP byla z důvodů přijetí dalšího doktoranda v průběhu roku dotace osobních nákladů naopak přečerpána o 40 229 Kč (2,37 %) a tato odchylka vykompenzována z věcných položek rozpočtu. U příjemce ČVUT byly vlastní osobní náklady i dotace osobních nákladů vyčerpány přesně podle plánu.

#### Majetek

Žádný z příjemců neměl v roce 2010 plánovány investiční výdaje.

#### Věcné náklady

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. např. celková dotace projektu na provoz a údržbu hmotného majetku byla přečerpána o 9,92 % a výdaje na služby o 5,31 %, ale naopak dotace na další provozní náklady byla nedočerpána o 4,94 % a na zveřejnění výsledků o 18,15 %. Největší úspory bylo dosaženo v položce cestovních náhrad, ve které činilo čerpání dotace pouhých 61,58 % plánu.

Zbývající prostředky dotace věcných nákladů v celkové výši 261,426 tis. Kč u příjemců FZÚ a ČVUT převedli tito příjemci do Fondu účelově určených prostředků pro rok 2010. Podrobněji jsou významnější odchylky od plánu čerpání věcných prostředků u jednotlivých příjemců zdůvodněny níže.

#### Doplňkové (režijní) náklady

Plánované doplňkové (režijní) náklady projektu byly celkově i na všech pracovištích jednotlivě vyčerpány na 100 %.

#### Změny věcných nákladů u příjemce FZÚ AV ČR, v.v.i.

Příjemce FZÚ čerpal všechny výdaje projektu v dobrém souladu s plánem, pouze cestovní náhrady vyčerpал v roce 2010 pouze z 56,87 % (z toho dotaci ze 43,11 %). Úspora na cestovních nákladech vznikla zejména díky tomu, že některé plánované cesty a mezinárodní konference byly našim autorům pozvaných referátů hrazeny pořadatelem a část cestovních nákladů byla uhrazena z jiných grantových projektů. Uspořené prostředky byly částečně použity na posílení jiných věcných položek rozpočtu. Příjemce FZÚ vyčerpал v roce 2010 ještě celkem 277,077 tis. Kč z prostředků dotace uložených do FÚUP v roce 2009 a použil je v položkách další provozní náklady a služby. Z prostředků dotace na další provozní náklady dodatečně přidělených koncem roku 2010 nevyčerpал příjemce FZÚ celkem 161,426 tis. Kč a převedl je do FÚUP pro rok 2011.

#### Změny věcných nákladů u příjemce ÚFP AV ČR, v.v.i.

Příjemce ÚFP vložil v roce 2010 do projektu 100 %, plánovaných vlastních prostředků a na 100 % vyčerpал i dotaci, včetně 492 tis. Kč dodatečně přidělených koncem roku. Tuto částku použil na pokrytí ostatních provozních nákladů laboratoře PALS, souvisejících s realizací domácích i mezinárodních experimentů. Příjemce naopak ponechal ve FÚUP pro rok 2011 částku 361,284 tis. Kč, uloženou v roce 2009. K významnější odchylce došlo pouze v položce cestovních náhrad, kde skutečné čerpání činilo pouze 54,27 % plánu, a to z obdobných důvodů jako u příjemce FZÚ a také proto, že se časových důvodů neuskutečnila plánovaná cesta na jihoamerickou konferenci ICPP v Santiagu de Chile. Rozdíl ve výši 114,314 tis. Kč použil příjemce ÚFP na posílení položky provoz a údržba hmotného majetku.

#### Změny nákladů u příjemce ČVUT

Příjemce ČVUT čerpal v roce 2010 dotaci i vlastní vklad jen s malými vzájemně se kompenzujícími přesuny mezi jednotlivými položkami nákladů oproti plánu. Celkově vložil do projektu 100 % plánovaných vlastních prostředků. Dotace na provoz a údržbu hmotného majetku byla čerpána přesně, vlastní vklad byl o 11 tis. Kč větší než plánovaný a byl vykompenzován o stejnou částku nižším vkladem v položce další provozní náklady. Čerpání dotace na publikační náklady byla o 21 tis. Kč, na cestovné o 33 tis. Kč a na služby o 11 tis. Kč nižší oproti plánu. Příjemce ČVUT tak vyčerpal dotaci, včetně 329 tis. Kč přidělených koncem roku, z 98,17 %. Zbýlých 100 tis. Kč, které v prosinci již nebylo možno účelně a ekonomicky výhodně použít, převedl do FÚUP pro rok 2011.

---

---

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

---

Příjemce FZÚ AV ČR, v.v.i., nevyčerpal z konce roku přidělených prostředků dotace pro rok 2010 celkem 238,914 tis. Kč (z toho 77,488 tis. Kč osobních a 181,426 tis. Kč věcných) a převedl je do Fondu účelově určených prostředků pro rok 2011.

Příjemce ÚFP AV ČR, v.v.i., nevyčerpal z prostředků dotace pro rok 2010 pouhých 8,82 Kč v položce věcné náklady a převedl je do Fondu účelově určených prostředků pro rok 2011.

Příjemce ČVUT nevyčerpal celkem 100 tis. Kč z konce roku přidělených prostředků dotace v položce ostatní provozní náklady a převedl je do Fondu účelově určených prostředků pro rok 2011.

---

---

### 2.3.5. Seznam hmotného a nehmotného majetku pořízeného za sledované období

---

---

---

### 3. ZÁMĚR A NÁVRHY PRO NÁSLEDUJÍCÍ OBDOBÍ - rok 2011

---

#### 3.1. PROJEKTOVÝ TÝM A ŘEŠITELSKÉ TÝMY

---

##### 3.1.1. 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	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)



---

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)
-

---

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

---

Pč.	Typ	Popis
1	návrhy změn v projektovém týmu a řešitelských týmech	<p>Ve FZÚ AV ČR, v.v.i., se kromě změn zahrnutých již do žádosti o prodloužení projektu na rok 2011 oproti předpokladům uvedeným v této žádosti nebudou v roce 2011 na práci Centra podílet Ing. Martin Smrž a Ing. Ondřej Novák, kteří přešli do pracovních týmů jiných projektů, dále Ing. Jaroslav Cihelka, který ukončil pracovní poměr k 31.12. 2010, a Bc. Michal Kamas, který ukončil pracovní poměr k 31. 7. 2010.</p> <p>V mateřské dovolené bude v roce 2011 pokračovat Ing. Gabriela Kocourková.</p> <p>V ÚFP AV ČR, v.v.i., očekáváme pouze změny uvedené v žádosti o prodloužení projektu, které již byly do plánu na rok 2011 zahrnuty.</p> <p>Na FJFI ČVUT oproti předpokladu uvedeného v žádosti o prodloužení projektu na rok 2011 nebude v Centru v roce 2011 pracovat doktorand Ing. Michal Drahokoupil, který ukončil pracovní poměr k 31.12.2010.</p>

---

### 3.2. ČASOVÝ POSTUP PRACÍ - rok 2011

#### 3.2.0. PŘEHLED DÍLČÍCH CÍLŮ PLÁNOVANÉ 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. 3.2.1. Realizovat vybrané experimentální projekty v rámci výzkumu koordinovaného konsorciem LASERLAB-EUROPE.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Očekávané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 3.2.1, aktivity č. LP1101-LP1105.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz kap. 3.2.1., aktivity č. LP1101-LP1105.</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 3.2.1. jako aktivity s kódovým označením RL.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Očekávané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 3.2.1., aktivity č. RL1101-RL1102.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz kap. 3.2.1., aktivity č. RL1101-RL1102.</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. 3.2.1.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Očekávané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 3.2.1., aktivity č. KP1101-KP1104.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz kap. 3.2.1., aktivity č. KP1101-KP1104.</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. 3.2.1.</p> <p><b>Indikátory dosažení - výsledky dílčího cíle</b> Očekávané dílčí výsledky jsou podrobně popsány v kap. 3.2.1., aktivity č. LS1101-LS1103.</p> <p><b>Prostředky ověření - Forma zpracování a předání výsledku dílčího cíle</b> Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích. Podrobněji viz kap. 3.2.1., aktivity č. LS101-LS1103.</p> <p><b>Kritické předpoklady dosažení dílčího cíle</b></p>	1.1.2011 - 31.12.2011



**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 se k dílčím cílům V001 a V002. Výzkum laserového plazmatu vytvářeného fokusovaným paprskem terawattového jódového laseru a vývoj a aplikace plazmových rentgenových laserů prováděný v laserové laboratoři PALS je součástí integrovaného evropského výzkumu, koordinovaného řídicím centrem projektu LASERLAB-EUROPE, jenž v roce 2009 vstoupil do své další tříleté fáze (LASERLAB II, únor 2009-březen 2012). Dále je na zařízení PALS prováděn výzkum v rámci evropských tzv. Keep-in-Touch aktivit v oblasti inerciální fúze, koordinovaný výborem IFE WG (Inertial Fusion Energy Working Group) EURATOM. Část laserového času je alokována pro experimenty v rámci přípravné fáze ESFRI projektu HiPER. V rámci těchto programů poskytuje laboratoř PALS evropským účastníkům vybraných experimentálních projektů přístup (Access) ke svým laserovým zařízením, účastní se společné výzkumné aktivity LASERLAB-SFINX (Sources of Femtosecond Intense X-rays). Pro tyto společné mezinárodní experimenty budou pracovníci Centra v roce 2011, stejně jako v minulých letech, zajišťovat komplexní technickou a odbornou podporu, od návrhu a přípravy potřebného experimentálního hardwaru, až po realizaci experimentálních kampaní a vyhodnocení a interpretaci výsledků. Budou rovněž připravovat podrobné plány experimentů a zajišťovat průběh experimentálních kampaní i po logistické stránce. Garant: J. Ullschmied.

**Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Příprava a realizace mezinárodních uživatelských experimentálních kampaní v rámci evropského projektu LASERLAB II, Keep-in-Touch aktivit Euratomu a přípravné fáze ESFRI projektu HiPER. Z připravených vybraných projektů plánujeme v roce 2011 připravit a realizovat nejméně tři několikátýdenní experimentální kampaně pro LASERLAB II a alespoň jednu pro EURATOM nebo HiPER.

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

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-WG aktivit v oblasti inerciální fúze EURATOMu, na jejímž základě je zpracováván tzv. Watching Brief Report pro evropský řídicí výbor CCFU (Coordination Committee Fusion). Publikace výsledků společných experimentů formou odborných článků a konferenčních příspěvků.

---

**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. Do řešení projektu budou na všech pracovištích Centra i v roce 2011 zapojeni studenti a bakalářského, magisterského studia a doktorandi, výsledky výzkumu v Centru budou

promítnuty rovněž do jejich výuky. Pracovníci Centra povedou studenty jako školitelé-specialisti a budou se též podílet na výuce v magisterském oboru Fyzika a technika termonukleární fúze na FJFI ČVUT a doktorského studia Fyzika plazmatu FEL ČVUT. Na práci Centra se bude v rámci svého doktorského studia podílet 24 doktorandů: Tomáš Burian, Martin Civiš, Martin Divoký, Michal Drahokoupil, Martin Ferus, Jiří Hitschfel, Pavel Homer, Jaroslav Huynh, Jakub Hübner, Jaromír Chalupský, Jiří Kortánek, Miroslav Krůs, Petr Kubelík Ekaterina Litseva, Michaela Martínková, Jaroslav Nejd, Michal Nevrla, Ondřej Novák, Veronika Picková, Peter Pira, Magdalena Sawicka, Ondřej Slezák, Martin Smrž, a Luděk Vyšín. K nim přibudou v roce 2011 nejméně 2 další (A. Darebníček, J. Velechovský). 7 doktorandů, tj. stejný počet jako v roce 2010, by mělo v roce 2011 obhájit své doktorské práce. Garanti: vedoucí studentských prací.

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Dokončení konkrétních studentských prací v rámci bakalářského, magisterského a doktorského studia. Jmenovitě dokončení a obhajoba doktorských prací J. Hübnera, M. Martínkové, J. Chalupského, E. Litsevy, O. Nováka, M. Civiše a M. Divokého a diplomových prací J. Kořínka a L. Říhy a dalších (podrobněji viz kap. 4.3).

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

Aktivní účast pracovníků Centra na výuce nového studijního zaměření Fyzika a technika termojaderného slučování na FJFI ČVUT. Dokončené studentské ročníkové, bakalářské, diplomové a doktorské práce. Spoluúčast studentů na publikačních výstupech Centra.

---

#### **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**

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

Z dvou rázových generátorů GIN 400-0,06/5 bude sestaven nový stíněný Marxův generátor, jenž bude použit pro autonomní repetiční napájení zařízení CAPEX. Rovněž předpuls bude nově dimenzován tak, aby snesl jak repetiční zátěž, tak vyšší proudy. V rámci této aktivity budou hledány nové optimální parametry pro repetiční laserování v EUV oblasti – jak na vlnové délce 46,9 nm (neonu-podobný argon – Ar8+), tak na vlnové délce 13,5 nm (vodíku-podobný dusík – N6+). Budou porovnávány amplitudy laserového signálu v režimu jednotlivých impulsů a v repetičním režimu. Dále bude vyšetřován vliv zvětšeného předpulsu na pinčování molekulárního plynu (dusíku), které při původních hodnotách předpulsu (~10-20 A) bylo špatně patrné. Garant: K. Koláček

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Očekáváme, že zvýšení amplitudy předpulsu umožní zmenšit amplitudu hlavního proudu kapilárou a snížit tak ablaci stěn kapiláry. Naším cílem je zvýšit životnost kapiláry a zmenšit produkce částic, jež kontaminují ozařované vzorky.

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

Konferenční příspěvky, případně časopisecká publikace.

---

#### **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**

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

**Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Testy zařízení v režimu zesílené spontánní emise v EUV oblasti záření. Získání nových poznatků o vyzařování pinčujícího kapilárního výboje pro potřeby diagnostiky, EUV litografie a EUV biologie a jejich využití. Nové poznatky týkající se fokusace intenzivního EUV záření poslouží při vývoji a aplikaci plazmových zdrojů EUV záření na FJFI, ve společné laboratoři PALS a ve WAT Varšava.

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

Publikace ve vybraném vědeckém časopise a příspěvky na mezinárodních konferencích.

---

**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**

V návaznosti na předchozí práce bude pokračovat optimalizace nekoherentního zdroje záření v oblasti vodního okna cestou počítačového modelování a porovnání s experimenty prováděnými na ČVUT. Bude provedena detailní analýza možnosti generace koherentního záření s vlnovou délkou 18,2 nm v ablativní kapiláře zaplněné uhlíkem. Na počítačovém modelu se bude podílet doktorand J. Hübner. Bude provedeno porovnání výsledku modelu s dříve publikovanými experimenty. Garant: P. Vrba.

**Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Výsledky této aktivity budou využity při realizaci stolních zdrojů rentgenového záření na bázi kapilárních výbojů na ČVUT. Část aktivity řešená doktorandem J. Hübnerem bude obsahem jeho připravované doktorské disertační práce. Dále bude poskytována konzultace M. Stefanovicovi z ČVUT FBMI, který se zabývá přípravou zdroje pro interakci záření v oblasti vodního okna s biologickými objekty. Vypisuje se téma studentského magisterského projektu na FBMI s podobnou tematikou.

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

Modelování nekoherentního zdroje bude společně s experimentálními výsledky publikováno v časopise nebo sborníku konference. Výsledky modelování koherentního zdroje budou publikovány společně s doktorandem na konferenci.

---

**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**

Experimentální měření vlastností horkého a hustého plazmatu magnetických pinčů s využitím pokročilé neutronové, rentgenové a interferometrické diagnostiky s vysokým časovým rozlišením a vývoj nových technik zpracování registrovaných signálů. Studium neutronového a rentgenového vyzařování plazmatu ve fázi produkce neutronů z fúzní D-D reakce na aparaturách PF 1000 v IPPLM ve Varšavě a na aparatuře FEL ČVUT v Praze. Použití detektorů rentgenového záření a částic v některých projektech realizovaných na laserovém systému PALS. Garant: P. Kubeš.

### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Vyhodnocení změřených signálů a interpretace jejich časových a prostorových souvislostí. Charakterizace rentgenového záření terčového plazmatu na laserovém systému PALS.

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

Odborné články, konferenční příspěvky, dokončené semestrální, bakalářské, magisterské a doktorské studentské práce.

---

## **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**

15.12.2011

### **Popis aktivity**

Experimenty prováděné na laseru PALS v minulých letech ve spolupráci s pracovníky IPPLM Varšava demonstrovaly možnost vytvářet velmi stabilní husté směrové proudy plazmatu pomocí částečně fokusovaného svazku pulzního výkonového laseru dopadajícího na terčik zhotovený z těžkých kovových materiálů. Velmi dobře zformované plazmové jety lze generovat již při relativně nízkých energiích laserového impulsu nepřesahujících 100 J. Další experimenty prokázaly možnost plazmové jety formovat, transportovat a kolimovat použitím různě tvarovaných plochých i dutých laserových terčů z kombinovaných materiálů. Optimalizované plazmové jety byly v laboratoři PALS s úspěchem využity pro laboratorní astrofyzikální experimenty, umožňující simulovat v miniaturním měřítku tzv. Herbigovy-Haroovy protostelární objekty pozorované ve Vesmíru. Na tyto práce navázaly ověřovací experimenty zaměřené testování námi navržených nových metod urychlování plazmových projektilů využívajících ablačního tlaku v dvojitěm terči – tzv. reverzního ablačního urychlování (Reversed Acceleration Scheme) a laserem indukovaného ablačního tlaku v dutině (Laser Induced Cavity Pressure Acceleration – LICPA). Zejména poslední metoda aplikovaná na lasery s velkou energií se zdá být slibná pro realizaci tzv. impaktního schématu inerciální fúze. Práce v roce 2011 zaměříme na studium vzájemné interakce dvou následných plazmových jetů s různými rychlostmi a na dosažení maximálních parametrů kolimovaných plazmových shustků na výstupu LICPA urychlovače. Experimenty budou probíhat ve spolupráci s IPPLM Varšava, LNS Catania a všech pracovišť Centra. Budou na ně nasazeny veškeré v Centru a ve spolupráci s IPPLM vyvinuté systémy pro iontovou, rentgenovou, neutronovou a optickou diagnostiku plazmatu. Na interpretaci experimentů se budou podílet pracovníci Centra na FJFI (viz aktivita LP1102) a dále teoretici z CELIA Bordeaux a z FIAN Moskva. Garant: J. Ullschmied.

### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Získané výsledky poslouží jako základ pro numerické simulace pozorovaných procesů. Očekáváme, že experimenty s interakcí plazmových jetů pomohou ozřejmit některé rysy analogických procesů pozorovaných v dalekém Vesmíru. Experimenty s LICPA urychlovači směřují k návrhu optimalizovaného schématu využitelného při aplikaci na lasery s energií řádu 100 kJ pro fyziku vysokých hustot energie či dokonce pro impaktní zapálení inerciální fúze (impact ignition).



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

Publikace ve vědeckých časopisech s vysokým impaktním faktorem a na prestižních mezinárodních konferencích. Až doposud byly prakticky všechny časopisecké publikace výsledků získaných v laboratoři PALS v dané oblasti výzkumu vybrány Americkou fyzikální společností pro rychlé uveřejnění v American Virtual Journals of Ultrafast Science a tuto pozici bychom si rádi udrželi u nadále.

---

#### **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 budeme dále rozvíjet numerické metody řešení fluidních rovnic se zaměřením na modelování laserového plazmatu. Soustředíme se na vylepšení modelování plazmatu složeného z více materiálů, které se buď nemíchají nebo míchají. V modelu bez míchání je třeba počítat s hmotnostmi různých materiálů uvnitř smíšené výpočetní buňky a v každé takovéto buňce musíme rekonstruovat rozhraní materiálů. Model bez míchání je důležitý např. pro simulace nestabilit. Model s mícháním zahrnuje zákony zachování hmoty, hybnosti a energie pro každý materiál, přičemž zdrojové členy v rovnicích popisují výměnu hybnosti a energie mezi materiály. Multimateriálový model s mícháním bude použit pro simulace interakce plazmatu se stěnou prováděné na laseru PALS. S pomocí našeho hydrodynamického kódu PALE (Prague Arbitrary Lagrangian Eulerian code) budeme modelovat urychlování plazmového projektilu v kanálu s kavitou a bez kavity a jeho náraz do terčičku. Budeme dále studovat vznik jetů v terčích ozářených laserovým svazkem s minimem intenzity uvnitř svazku a simulovat interakci laserového svazku dopadajícího šikmo na tenkou folii. Vybudujeme rozhraní mezi naším kódem PALE a kódem pro post-processing CRETIN modelujícím spektra. Toto rozhraní nám dovolí napočítat rentgenová spektra vyzařovaná simulovaným plazmatem, která bude možné porovnat s experimentálními spektry. Garant: R. Liska

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Implementace vylepšeného multimateriálového modelu do kódu PALE. Využití získaných modelových výsledků k interpretaci experimentů s plazmovými jety na laseru PALS.

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

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích.

---

#### **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 terči

#### **Zahájení aktivity**

1.1.2011

#### **Ukončení aktivity**

31.12.2011

#### **Popis aktivity**

V rámci pokračující spolupráci s CELIA, Bordeaux Francie budeme provádět částicové modelování

parametrických nestabilit v koróně terčů pro zapálení fúze rázovou vlnou (shock-ignition). Je totiž třeba ukázat, že v uvedeném režimu je skutečně možná efektivní absorpce laseru a vybuzení rázové vlny. Tyto výpočty budou modelovat experimenty prováděné na laseru Omega v USA a plánované na laseru PALS. Dále bude 2D PIC kódem modelováno se započtením ionizace urychlování iontů v různých terčích, zvláště pak v clusterech. V spolupráci s CEA, Saclay budeme modelovat urychlování iontů v tamních experimentech. Na femtosekundovém laseru na FJFI budou provedeny experimenty zaměřené na laserovou ablací, generaci vysokých harmonických a na emisi K-alfa záření. Emise K-alfa záření bude modelována pomocí PIC kódu ve spojení s Monte Carlo kódem pro transport rychlých elektronů do terče. Garant: J. Limpouch

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Bude ověřena možnost dosažení účinné absorpce intenzivního krátkého pulsu pro shock ignition. Bude charakterizována teplota rychlých elektronů v různých podmínkách a bude hledán režim, kdy přispějí k účinné generaci rázové vlny. Budou navrženy vhodné podmínky pro urychlování iontů v různých terčích. Budou interpretovány experimenty na různých laserových systémech v zahraničí, na FJFI i v laboratoři PALS.

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

Publikace v mezinárodních recenzovaných časopisech a příspěvky na mezinárodních konferencích.

---

#### **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**

1.5.2011

#### **Ukončení aktivity**

30.9.2011

#### **Popis aktivity**

Experimenty se směrovanými výtrysky laserově produkovaného plazmatu budou zaměřeny na studium jevů doprovázejících kolize vstřícných plazmových toků a jejich interakci se sekundárními terčiky (stěnami). Energetické toky vysoce ionizovaných atomů budou vznikat při ozařování dvojřadových terčů intenzivními laserovými svazky, srážkové a interakční procesy mezi jejich vnitřními (neozářenými) povrchy budou zkoumány třísřazkovou optickou interferometrií, časově rozlišeným rentgenovým zobrazováním, optickou a rentgenovou spektroskopií o vysokém rozlišení. Soubory získaných diagnostických dat poskytnou komplexní údaje o makroskopických charakteristikách interagujícího plazmatu (zejména o jeho hustotě a teplotě, distribuci nábojových stavů a rychlosti iontů) a o odezvě materiálů sekundárních terčů na dopad plazmových toků. Na experimentech a jejich interpretaci se vedle domácích pracovníků budou podílet zahraniční vědci z IPPLM Varšava, Polsko, a Friedrich-Schiller-Universität Jena, Německo. Experimentální data budou analyzována s využitím fluidních a kinetických simulačních kódů (spolupráce s FJFI ČVUT, Université Pierre et Marie Curie, Paříž, a CEA Bruyère, Francie). Garant: O. Renner.

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Realizace interakčních experimentů poskytne nové údaje o srážkách a interpenetraci energetických plazmových toků a o chování povrchů pevných látek při jejich interakci s intenzivními iontovými svazky. Získané výsledky přispějí k návrhu výstelek interakčních komor budoucích fúzních reaktorů. Přesná experimentální data budou použita k verifikaci numerických kódů použitých k modelování evoluce laserového plazmatu a jeho interakce s povrchy pevných látek.

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

Publikace v recenzovaných vědeckých časopisech, příspěvky na mezinárodních konferencích.

Podklady pro obhajobu diplomové práce (M. Šmíd, FJFI, katedra Fyziky a techniky termojaderné fúze).

---

**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**

Složité plazmochemické procesy probíhající v laserových jiskrách pod vlivem kombinovaném účinku laserového záření a vlastního UV vyzařování jiskrového plazmatu studují v laboratoři PALS pracovníci Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR pod vedením Svatopluka Civiše ve spolupráci se skupinou Libora Juhy (FZÚ). Sledují mj. tvorbu malých organických molekul ve směsích plynů simulujících silně redukční nebo slabě oxidační ranou zemskou atmosféru. Jevy o vysoké hustotě energie jsou simulovány jednotlivými pulzy jódového laseru PALS, iniciujícími jiskrové výboje v reagenčních směsích umístěných ve speciálních pro tento účel zhotovených ultračistých velkoobjemových kyvetách. Záření plazmatu je analyzováno pomocí vysoce rozlišující infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR), produkty reakcí jsou analyzovány pomocí různých chromatografických technik (HPLC, GLC) a hmotové spektroskopie s proudem vybraných iontů (SIFT). Cílem těchto experimentů je posouzení vlivu laserového plazmatu na tvorbu jednotlivých enantiomerů určité sloučeniny. Vývoj jiskrových výbojů je přitom sledován metodami fyzikální diagnostiky plazmatu. Příprava soustav k ozáření je realizována na ÚFCH JH a HPLC, analýzy produktů probíhají na FZÚ a PŘF UK. V roce 2011 budou pokračovat experimenty s laserovými jiskrami v různých reakčních směsích obsahujících např. jednoduché chirální molekuly, které v ní budou účinkovat nikoliv jako produkt, ale jako výchozí látka. Garant: L. Juha.

**Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Testované modelové systémy nám pomohou identifikovat projevy působení elektrických a magnetických polí laserového plazmatu na zastoupení optických izomerů modelové sloučeniny v exponovaných reakčních směsích a tím přispět k řešení problému vzniku malých organických molekul působením jevů o vysokých hustotách energie v praatmosférách planet.

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

Publikace v kvalitním recenzovaném fyzikálním či chemickém časopise, příspěvky na mezinárodních konferencích v příslušných oborech.

---

**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**

Aktivita sleduje trend možného navýšení výstupního výkonu jódového laserového systému PALS metodou OPCPA. Podrobný návrh tohoto přístupu, vypracovaný v rámci předchozích aktivit, upřednostňuje předzesilovač (front-end) nového laserového komplexu tvořený třístupňovým parametrickým zesilovačem čerpaným 2. harmonickou Nd:YAG laseru s opakovací frekvencí 10 Hz. V rámci aktivity bude sestaven a odzkoušen modelový parametrický předzesilovač čerpaný předpokládaným Nd:YAG laserem. Projekt bude těžit z dokončených výsledků předchozích aktivit soustředěných na zesílení laserového svazku s femtosekundovými pulzy metodou

OPCPA s čerpáním parametrických zesilovačů jednopulsním jódovým laserovým systémem SOFIA s opakovací frekvencí 1 puls za 15 minut. Garanti: P. Straka, H. Turčičová

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Praktické ověření teoreticky předpokládaných parametrů parametrického zesilovače jako důležité součásti eventuálního navýšení výstupního výkonu laserového systému PALS.

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

Publikace experimentálních výsledků zesílení fs pulzů formou odborného článku a příspěvků na mezinárodních konferencích.

---

#### **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**

Námi navržená a experimentálně i teoreticky studovaná technika využití stimulovaného Brillouinova rozptylu na fázově konjugujícím zrcadle (Stimulated Brillouin Scattering on a Phase Conjugating Mirror - SBS PCM) pro automatickou navigaci výkonových laserových svazků na injektované terčičky v procesu inerciální fúze (IFE varianta přímého ohřevu – direct drive) postupně získává zvýšený zájem na mezinárodní scéně. V příštím roce hodláme ve spolupráci s univerzitou KAIST (Jižní Korea) pokračovat v experimentálním studiu laserového kanálu s automatickou navigací s ohledem na optimální ozařování IFE terčičků. Současně budou provedeny experimenty zaměřené na kvalitu primárního nízkoenergetického záření reflektovaného z terčičků 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. Pokračovat bude 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 Lebeděvova fyzikálního ústavu (Ruská Federace) bude pokračovat studium problematiky akceptovatelného předohřevu kryogenních terčičků nízkoenergetickým primárním laserovým pulzem. Garant: M. Kálal.

#### **Plánované indikátory dosažení - očekávané 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 by významným způsobem usnadnil realizaci laserů pracujících s opakovací frekvencí potřebnou pro IFE.

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

Získané výsledky budou prezentovány na mezinárodních konferencích a publikovány v odborných časopisech.

---

#### **Číslo aktivity**

LS1103

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

V004 - Vytvořit 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**

Nový femtosekundový laser, umístěný v odděleném experimentálním prostoru v laboratoři PALS je díky svým cílovým parametrům (energie 2 J v impulzu délky 70 fs, opakovací frekvence 1 Hz) vhodný pro vývoj a testování vysokorepetičních terčových zařízení v rámci přípravné fáze projektu HiPER a pro samostatné experimenty se sekvenčně čerpanými plazmovými rentgenovými lasery a s rentgenovými zdroji využívajícími generování vysokých harmonických frekvencí v plynových celách. V laboratoři PALS byl umístěn s cílem sloužit též ve spolupráci s jódovým laserem pro interakční experimenty využívající kombinace synchronizovaných ns a fs impulzů a pro časově rozlišenou diagnostiku plazmatu vytvářeného nanosekundovým laserem. Klíčové je přitom vyřešení obtížného problému přesné (tj. subnanosekundové) časové synchronizace obou laserových systémů. V roce 2011 plánujeme dořešit problém synchronizace, postavit potřebnou optickou trasu pro zavedení paprsku fs laseru do interakční komory jódového laseru a provést první ověřovací diagnostické experimenty. Garant: J. Dostál

### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Využití kombinace synchronizovaného femtosekundového a nanosekundového impulzu obohatí dosavadní nabídku infrastruktury PALS o možnost provádět experimenty vztahující se k problému tzv. rychlého zapálení inerciální fúze (fast ignition), využití fs laseru pro diagnostiku plazmatu vytvářeného nanosekundovým laserovým impulzem pak umožní studovat rychlé procesy v průběhu interakce laserového pulzu s plazmatem, jež jsou pro stávající diagnostické metody nedostupné.

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

Projekt a interní technická zpráva s následnou publikací (tj. po roce 2011) výsledků prvních testů zařízení na mezinárodní konferenci.

---

### **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**

Tato aktivita je pokračováním obdobné aktivity zahájené v roce 2010. Jejím cílem je vyvinout vysoce spolehlivé výkonové plazmové rentgenové lasery s energií v impulzu až o řád převyšující hodnotu dosahovanou na dnešních rentgenových laserech s volnými elektrony (FEL). K tomu bude nutno doplnit stávající plazmové rentgenové lasery, využívající plazmatu generovaného na jediném laserovém terči, řetězcem laserových zesilovačů v rentgenové oblasti. Jedny z prvních experimentů, které prokázaly možnost zesilování rentgenového paprsku v pomocném plazmatu o vhodné geometrii, byly provedeny v laboratoři PALS v našem Centru s využitím paprsku infračerveného jódového nanosekundového laseru. Femtosekundový Ti:safírový laserový systém, vybudovaný v laboratoři PALS v uplynulých letech, jeden z nemnoha fs laserů s výkonem převyšujícím desítky TW, umožní rozšířit v Centru prováděné experimenty tohoto druhu i na třídu femtosekundových laserů. Experimenty i teoretické práce budou probíhat koordinovaně ve spolupráci s dalšími účastníky celoevropské společné výzkumné aktivity SFINX projektu LASERLAB II. Garant: M. Kozlová

### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

Teoretickými výpočty podložené studie a technické koncepční návrhy laserových zesilovacích řetězců v rentgenové oblasti. Výsledky prvních ověřovacích experimentů s laserovými rentgenovými zesilovacími řetězci čerpanými výkonovými lasery v ns i fs oblasti.

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

### **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, vyvinutý a postavený v laboratoři PALS Bedřichem Rusem a jeho spolupracovníky v roce 2001, patří stále k nejjasnějším laboratorním zdrojům elektromagnetického záření vůbec. Osvědčil se jako všestranný nástroj pro široké spektrum experimentů v oblasti fyziky plazmatu, materiálového výzkumu i laboratorní astrofyziky. Rentgenový laser je čerpán fokusovaným paprskem jódového laseru PALS, jehož energie dostačuje i na současné vytváření pomocného plazmatu, jenž může být pomocí rentgenového laseru zkoumáno. Vedle klasické rentgenové interferometrie povrchů může být proto rentgenový laser využíván i pro zobrazovací diagnostiku hustého laserového plazmatu. Jeho fokusovaný paprsek umožňuje studovat časový průběh transportu záření ionizovanou hmotou o hustotě pevné fáze (tzv. warm dense matter), generovanou v režimu volumetrického ohřevu, rentgenovou ablací materiálů, nebo měřit rentgenovou opacitu horkého plazmatu. V roce 2011 plánujeme využít zinkový laser zejména pro studium horké husté hmoty, rentgenové ablace a pro další experimenty podle požadavků domácích i zahraničních uživatelů. Garant: M. Kozlová

### **Plánované indikátory dosažení - očekávané výsledky aktivity**

V případě využití rentgenového laseru jde o celosvětově unikátní experimenty, neboť stále není k dispozici žádný plazmový rentgenový laser, jež by svými parametry našemu laser vyrovnal. Očekáváme proto získání kvalitativně nových vědeckých poznatků o vlastnostech laserového plazmatu a horké husté hmoty a o mechanismech interakce intenzivního měkkého rentgenového záření s hmotou.

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

Publikace v prestižních mezinárodních periodikách, zvané i příspěvkové referáty na mezinárodních konferencích.

---

---

---

### 3.2.2. NÁVRH ZMĚN V ŘEŠENÍ PROJEKTU - rok 2011

---

Pč.	Typ	Popis
1	návrh změn v řešení projektu	Pro rok 2011 nenavrhujeme v řešení projektu žádné změny.

---

### 3.3. NÁKLADY PROJEKTU - rok 2011

#### 3.3.1. NÁKLADOVÉ TABULKY ZA JEDNOTLIVÉ SUBJEKTY

Rok 2011  
 Typ požadované  
 Organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.  
 Role organizace příjemce - koordinátor

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ tis. Kč</b>	<b>Náklady požadované tis. Kč</b>	<b>z toho požadované 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 přiděly do FKSP	5390	2890
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	100	100
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	1450	1000
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	245	220
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	73	73
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	400	360
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	500	280
<b>F9. CELKEM</b>	<b>8158</b>	<b>4923</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	0	0



Rok 2011  
 Typ požadované  
 Organizace Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.  
 Role organizace příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ</b> tis. Kč	<b>Náklady požadované</b> tis. Kč	<b>z toho požadované z</b> <b>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 přídělky do FKSP	2936	1286
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	1965	1715
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	1186	816
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	383	383
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	32	32
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	160	160
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	600	500
<b>F9. CELKEM</b>	<b>7262</b>	<b>4892</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu</b> tis. Kč	<b>POUŽITÍ Z fondu</b> tis. Kč
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	0	0

Rok 2011  
 Typ požadované  
 Organizace České vysoké učení technické v Praze  
 Role organizace příjemce

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ tis. Kč</b>	<b>Náklady požadované tis. Kč</b>	<b>z toho požadované 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>3255</b>	<b>2585</b>
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	<b>0</b>	<b>0</b>
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	<b>0</b>	<b>0</b>
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>232</b>	<b>232</b>
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>50</b>	<b>50</b>
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	<b>40</b>	<b>40</b>
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	<b>244</b>	<b>244</b>
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>	<b>120</b>
<b>F9. CELKEM</b>	<b>4161</b>	<b>3271</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>



### 3.3.2. NÁKLADOVÁ TABULKA ZA PROJEKT

Rok 2011  
 Typ požadované  
 PROJEKT LC528 - CELKEM

<b>POLOŽKA UZNANÝCH NÁKLADŮ tis. Kč</b>	<b>Náklady požadované tis. Kč</b>	<b>z toho požadované 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	11581	6761
F2. - Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného a nehmotného majetku (investice, kapitálové)	0	0
F3. - Náklady nebo výdaje na provoz a údržbu hmotného majetku používaného při řešení projektu	2065	1815
F4. - Další provozní náklady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	2868	2048
F5. - Náklady nebo výdaje na služby využívané v přímé souvislosti s řešením projektu	678	653
F6. - Náklady nebo výdaje na zveřejnění výsledků projektu včetně nákladů nebo výdajů na zajištění práv k výsledkům výzkumu	145	145
F7. - Cestovní náhrady vzniklé v přímé souvislosti s řešením projektu	804	764
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	1440	900
<b>F9. CELKEM</b>	<b>19581</b>	<b>13086</b>
	<b>PŘEVOD DO fondu tis. Kč</b>	<b>POUŽITÍ Z fondu tis. Kč</b>
F0. - Zúčtování s Fondem účelově určených prostředků	0	0

---

### 3.3.3. NÁVRH ZMĚN V NÁKLADĚCH - rok 2011

---

Pč.	Typ	Popis
1	návrh změn v nákladech	Jen změny uvedené v žádosti o prodloužení projektu, které již byly do finančního plánu na rok 2011 zahrnuty.

---

---

## 4. PŘÍLOHY

---

### 4.1. ZPRÁVA O POSTUPU ŘEŠENÍ PROJEKTU - rok 2010

---

#### 4.1.1. POPIS ŘEŠENÍ PROJEKTU - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	<b>LC528 kap4-1-1_popis reseni 2010</b> dokument Adobe Acrobat <a href="#">kap4-1-1_popis reseni 2010_def.pdf</a> (2186 kB )

---

## 4.1.2. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

### 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/01/2010**

Název výsledku

Formování a vzájemná interakce laserem vytvářených plazmových jetů

#### Abstrakt

V tomto bloku uvádíme nové výsledky experimentálního studia laserem vytvářených plazmových proudů (jetů), prováděného společně pracovníky Centra a polského ústavu IPPLM Varšava. Experimenty v laboratoři terawattového laseru PALS jsme v roce 2010 zaměřili na výzkum komprese a urychlování plazmových proudů a vzájemné interakce dvou plazmových jetů tvořených různě těžkými ionty. Tvorba jetů a jejich vzájemná interakce byly studovány pomocí 3-snímkového laserového interferometrického systému, rentgenové rozmítací kamery a sady iontových kolektorů. Naše experimenty s dutinovými terči prokázaly, že ke kompresi a urychlování plazmových jetů je možno využít ablačního tlaku v dutých laserových terčích, přičemž energetická účinnost nového urychlovacího schématu LICPA (Laser Induced Cavity Pressure Acceleration) je nejméně o řád větší, než při konvenčním ablačním urychlování plochých terčů [1, D1, D2]. Další experimenty zaměřené na studium interakce axiálně symetrického lehkého (CH) plazmového proudu s těžkým měděným plazmovým jetem ukázaly, že relativně tenká obálka lehkého plazmatu může efektivně komprimovat Cu plasma a pozitivně ovlivňovat formování měděného jetu [2-3, D3-D5]. Laserovým paprskem fokusovaným na pevný terč s hlubokým centrálním otvorem se podařilo vytvořit dva vzájemně interagující sousedé plazmové jety [4].

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

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

### 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Uvedené práce jsou originálním příspěvkem laboratoře PALS v oblasti výzkumu laserem vytvářených plazmových jetů. Kolekce výsledků systematického výzkumu tvorby plazmových jetů na laserových terčích různé konstrukce a zhotovených z různých materiálů, pokrývající široký obor laserových ozařovacích parametrů, nemá ve světě obdoby. Originální konstrukce laserových terčů nám umožnila nejen optimalizovat tvorbu plazmových jetů při relativně malých energiích v laserovém impulzu (do 100 J), ale též aktivně ovlivňovat jejich dynamický vývoj. Zcela prioritní jsou výsledky našich experimentů zaměřených na studium vzájemné interakce dvou sousedých i vzájemně zpožděných plazmových jetů.

### 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Výsledky našich experimentů dokládají, že rozhodující roli v procesu formování plazmového jetu hraje geometrie ozáření terče a hydrodynamické procesy v laserové plazmové koróně. Použití axiálně symetrických terčů složených z různých materiálů s nízkým a vysokým atomovým číslem umožňuje vytvářet plazmové proudy různých konfigurací. Experimenty s dutinovými terči vyústily v návrh různých typů LICPA akceleratorů plazmatu, jež by se mohly uplatnit v tzv. impaktních schématech "rychlého zapálení" (fast ignition) inerciální termojaderné fúze. Dva vzájemně interagující plazmové laserové jety umožní v laboratoři simulovat procesy vedoucí ke vzniku jemné struktury např. v astrofyzikálních objektech Herbigova-Haroova typu.

### 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Ullschmied Jiří Ing. CSc.**

Spojení

266053246 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 [1] J. Badziak, S. Borodziuk, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, E. Krouský, K. Mašek, J. Skála, J. Ullschmied, Yong-Joo Rhee: Highly efficient acceleration and collimation of high-density plasma using laser-induced cavity pressure, *Appl. Phys. Letters* 96 (2010) 251502(1) - 251502(3), doi: 10.1063/1.3457865, [IFAK: 2.223] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 02 [2] A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Badziak, S. Borodziuk, T. Chodukowski, S. Yu. Gus'kov, N. N. Demchenko, J. Ullschmied, E. Krouský, K. Mašek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, P. Pisarczyk: Influence of low atomic number plasma component on the formation of laser-produced plasma jets, *Phys. Plasmas* 17 (2010) 114505(1) - 114505(4), doi: 10.1063/1.3496046, [IFAK: 2.475] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 03 [3] 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, (zasláno 17.12.2010 do *Appl. Phys. Lett.*) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 [4] A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Badziak, S. Borodziuk, T. Chodukowski, P. Parys, J. Ullschmied, E. Krouský, K. Mašek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, P. Pisarczyk: Interaction of two plasma jets produced successively from Cu target, *Laser Part. Beams* 28 (2010) 497 - 504, doi: 10.1017/S0263034610000492, [IFAK: 4.42] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 05 [D1] J. Badziak, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, A. Kasperczuk, P. Parys, M. Rosinski, J. Wolowski, E. Krouský, J. Krása, K. Mašek, M. Pfeifer, J. Skála, J. Ullschmied, A. Velyhan, Yong-Joo Rhee, P. Pisarczyk, L. J. Dhareshwar, N. K. Gupta, L. Torrisi: Production of dense laser-driven plasma jets using a cylindrical channel, *J. Phys.: Conf. Ser.* 244 (2010) 022023(1) - 022023(4), doi: 10.1088/1742-6596/244/2/022023 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 06 [D2] S. Borodziuk, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Badziak, T. Chodukowski, J. Ullschmied, E. Krousky, K. Masek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, P. Pisarczyk: Cavity Pressure Acceleration – an efficient laser-based method of production of high-velocity macroparticles, *ECLIM 2010, Budapest, 6-10 Sept. 2010, Poster 97* D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 07 [D3] Ph. Nicolai, C. Stenz, V. Tikhonchuk, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, L. Juha, E. Krouský, K. Mašek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, V. Kmetík, J. Ullschmied, M. Kálal, D. Klír, J. Kravarik, P. Kubeš, K. D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG



Rezac, P. Pisarczyk, E. Tabakhoff: Experimental evidence of multimaterial jet formation with lasers, *Phys. Plasmas* 17 (2010) 112903 (1) - 112903 (9), doi: 10.1063/1.3511774, [IFAK: 2.475]

- 08 [D4] Ph. Nicolai, C. Stenz, V. Tikhonchuk, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, L. Juha, E. Krouský, K. Mašek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, J. Ullschmied, V. Kmetík, M. Kálal, D. Klír, J. Kravárik, P. Kubeš, P. Pisarczyk, E. Tabakhoff: Laboratory studies of multimaterial radiative astrophysical jets propagation in plasmas, *J. Phys.: Conf. Ser.* 244 (2010) 042011(1) - 042011(5), doi: 10.1088/1742-6596/244/4/042011 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 09 [D5] A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Badziak, S. Borodziuk, T. Chodukowski, N. N. Demchenko, S. Yu. Gus'kov, J. Ullschmied, E. Krouský, K. Mašek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, P. Pisarczyk: Plastic plasma influence on formation of laser-produced copper plasma jet, *Proc. of the 37th EPS Conference on Plasma Physics*, Dublin, Ireland, 21 - 25 June, 2010, Vol. 34A, P5.218, ISBN 2-914771-62-2 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/02/2010**

Název výsledku

Experimentální studium a analýza procesů urychlování iontů v laserovém plazmatu

### Abstrakt

Naše poznatky v oblasti laserového urychlování iontů, jednoho z tradičních směrů výzkumu prováděného v laboratoři PALS, shrnují práce [5,6], ve kterých je diskutován zejména vliv nelineárních procesů v plazmatu na iontový urychlovací proces a na emisní charakteristiky a stabilitu laserových iontových zdrojů obecně. Dosavadní výsledky našeho experimentálního studia laserového generování silnoproudých svazků uhlíkových a měděných iontů, při kterém byla použita naše zdokonalená metoda průletové analýzy částic, jsou obsahem prací [7-9]. V roce 2010 se experimentální výzkum v laboratoři PALS zaměřil na podrobné studium závislosti kinetické energie iontů a jejich stupně ionizace na příměsích v plazmatu. Zkoumán byl např. vliv hydrogenizace křemíkových terčů na emisi protonů z laserem generovaného plazmatu a vliv chemisorbované vrstvy vzduchu na povrchu terče na emisi iontů [10]. Další práce, které uvádíme v tomto bloku výsledků, se věnují analýze a vývoji metod pro diagnostiku laserem generovaných iontových svazků [11,12] a přípravě částicové diagnostiky pro iontové experimenty s novým fentosekundovým laserem [13].

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Získané experimentální výsledky poskytují jasný důkaz o tom, že malá množství příměsí v terčících připravených z čistých materiálů mohou významným způsobem ovlivnit emisi iontů z laserem generovaného plazmatu. Použití žíhaného hydrogenovaného materiálu k výrobě laserových terčů vedlo k výraznému (až 80%) nárůstu kinetické energie protonů a k několikanásobnému nárůstu jejich proudu. Originální konstrukce iontových detektorů s tenkým kovovým absorbatorem umožnilo potlačit jejich odezvu na počáteční intenzivní XUV záření plazmatu (tzv. fotopík) a bezpečně tak s využitím průletové metody identifikovat i nejrychlejší skupiny emitovaných lehkých iontů. Navíc byl úspěšně vyzkoušen nový typ CVD-diamantového detektoru, umožňujícího současnou detekci rentgenového záření a iontů.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Naše zdokonalené iontové detektory s kovovým absorbatorem umožnily pomocí průletové (time-of-flight) metody bezpečně identifikovat v iontových spektrech laserového plazmatu lehké ionty s energií přesahující 1 MeV a určit tak doposud největší pozorované urychlovací gradienty. Naše experimenty s čistými žíhanými a hydrogenovanými laserovými terči prokázaly možnost reprodukovatelné laserové generace intenzivních svazků iontů s takto vysokou energií. Pro vývoj laserových iontových zdrojů je inspirující též vysoká hodnota hustoty proudu uhlíkových iontů dosahující v normované vzdálenosti 1 m od zdroje hodnoty až 2A /cm<sup>2</sup>.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Krása Josef RNDr. CSc.**

Spojení 266052619 krasa@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	[7] D. Margarone, J. Krása, L. Lásková, A. Velyhan, T. Mocek, J. Prokůpek, E. Krouský, M. Pfeifer, S. Gammino, L. Torrisi, J. Ullschmied, B. Rus: Measurements of the highest acceleration gradient for	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

ions produced with a long laser pulse, Rev. Sci. Instrum. 81 (2010) 02A506(1) - 02A506(4), doi: 10.1063/1.3265315, [IFAK: 1.521]

- 02 [8] J. Krása, A. Velyhan, D. Margarone, E. Krouský, J. Ullschmied, J. Skála, L. Láska, K. Jungwirth, K. Rohlena: Generation of high currents of carbon ions with the use of subnanosecond near-infrared laser pulses, Rev. Sci. Instrum. 81 (2010) 02A504(1) - 02A504(3), doi: 10.1063/1.3265317, [IFAK: 1.521] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 03 [9] A. Velyhan, J. Krása, E. Krouský, L. Láska, D. Margarone, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skála, J. Ullschmied, A. Lorusso, L. Velardi, V. Nassisi: Ion emission from laser ablation of Cu and Cu98/Be2 alloy targets, Radiat. Eff. Defects Solids 165 (2010) 488 - 494, doi: 10.1080/10420151003718824, [IFAK: 0.55] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 [10] A. Picciotto, D. Margarone, J. Krása, A. Velyhan, E. Serra, P. Bellutti, G. Scarduelli, L. Calliari, E. Krouský, B. Rus, M. Dapor: Laser-driven acceleration of protons from hydrogenated annealed silicon targets, Europhys. Lett. 92 (2010) 34008(1) - 34008(5), doi: 10.1209/0295-5075/92/34008, [IFAK: 2.893] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 05 [11] J. Krása, L. Láska, K. Rohlena, A. Velyhan, A. Czarnecka, P. Parys, L. Ryc, J. Wolowski: Limits of applicability of a time-of-flight ion-mass analyzer in uncovering partial currents of ions emitted by pulsed laser ion sources, Radiat. Eff. Defects Solids 165 (2010) 441 - 450, doi: 10.1080/10420151003718402, [IFAK: 0.55] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 06 [12] L. Ryc, J. Krása, T. Nowak, J. Kravarik, D. Klir, E. Krouský, A. Lorusso, D. Margarone, V. Nassisi, M. Pfeifer, J. Skála, J. Ullschmied, A. Velyhan: Application of a single-crystal CVD diamond detector for simultaneous measurement of ions and X-rays from laser plasmas, Radiat. Eff. Defects Solids 165 (2010) 481 - 487, doi: 10.1080/10420151003718808, [IFAK: 0.55] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 07 [13] D. Margarone, J. Krása, L. Láska, A. Velyhan, T. Mocek, L. Torrisi, L. Ando, S. Gammino, J. Prokupek, E. Krouský, M. Pfeifer, J. Ullschmied, B. Rus: Preliminary studies on fast particle diagnostics for the future fs-laser facility at PALS, Radiat. Eff. Defects Solids 165 (2010) 419(1) - 428(10), doi: 10.1080/10420151003715440, [IFAK: 0.55] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG



## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/03/2010**

Název výsledku

Spektroskopické studium vzájemných srážek energetických plazmových proudů a jejich interakce se stěnami

### Abstrakt

Pokročilé techniky detekce a vysoce rozlišené optické i rentgenové spektroskopie vyzařování laserového plazmatu, vyvíjené v Centru O. Rennerem (FZÚ) a jeho spolupracovníky, byly v laboratoři PALS využity ke studiu procesů probíhajících při vzájemném průniku dvou energetických plazmových proudů a při jejich interakci se sekundárními terčiky (stěnami). Protiběžné proudy energetických iontů byly vytvářeny dvěma svazky TW jódového laseru, fokusovanými na tenké terčiky zhotovené z různých materiálu (Mg, Al, Ag, Ta). V experimentech realizovaných v laboratoři PALS v létě roku 2010 byly spektroskopické diagnostické metody doplněny o časově rozlišená měření vyzařování plazmatu rentgenovou rozvírací kamerou a o tříkanálovou laserovou interferometrií, realizovanou skupinou T. Pisarczyka z IPPLM Varšava. Tato přídatná měření poskytla potřebné údaje o makroskopických parametrech zkoumaných plazmat (o jejich hustotě a teplotě) a pomohla tak optimalizovat podmínky experimentu. Detailní analýza a interpretace experimentálních s využitím fluidních a kinetických simulačních kódů je prováděna ve spolupráci s FJFI ČVUT a s francouzskými partnery z Université Pierre et Marie Curie a CEA Bruyère.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Výsledkem uvedených prací jsou nové poznatky o mikroskopických procesech provázejících vzájemný průnik srážejících se energetických plazmových toků a o chování povrchů pevných látek při jejich interakci s intenzivními iontovými svazky. Vysoce rozlišená rentgenová spektroskopie použitá v našich experimentech např. přinesla nové údaje o nábojové výměně v blízkosti povrchu sekundárních terčů, optická spektroskopie prokázala absorpci záření primárních jetů v plazmatu generovaném na sekundárním terči.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Získané výsledky poslouží ke zpřesnění počítačových kódů využívaných k modelování hydrodynamických a kinetických procesů v horkém plazmatu, jež jsou naopak nezbytné pro správnou interpretaci experimentálních dat. Podrobná znalost mechanismu vzájemné interakce energetických plazmových proudů poslouží k pochopení podstaty některých plazmových astrofyzikálních jevů pozorovaných v dalekém Vesmíru. Detailní porozumění procesům provázejícím interakci intenzivních iontových svazků s povrchy pevných látek, resp. se stěnami experimentálních zařízení, je jednou z nutných podmínek pro úspěšné zvládnutí inerciální termojaderné fúze.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Renner Oldřich Ing. DrSc.**

Spojení 266052136 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	[15] C. Granja, V. Linhart, M. Platkevič, J. Jakůbek, E. Krouský, S. Pospíšil, O. Renner, T. Slavíček: Active Detectors for Plasma Soft X-Ray Detection at PALS, Acta Polytechnica 50 (2010) 12 - 21	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[16] O. Renner, E. Krouský, R. Liska, M. Smid, O.	J – článek v odborném	ANG

- Larroche, E. Dalimier: Ion collisions and deceleration in laser-produced plasma-jet interaction with walls, 25th Symposium on Plasma Physics and Technology, Prague, June 14-17, 2010 (oral). Submitted to Topical issue Acta Technica (in print) periodiku (časopise) (RIV 2009)
- 03 [D9] O. Renner, E. Krouský, R. Liska, M. Šmíd, O. Larroche, E. Dalimier, F. B. Rosmej: Direct spectroscopic observation of ion deceleration accompanying laser plasma-wall interaction, J. Phys.: Conf. Ser. 244 (2010) 022024(1) - 022024(4), doi: 10.1088/1742-6596/244/2/022024 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 04 [D10] O. Renner, E. Dalimier, E. Krousky, O. Larroche, R. Liska: Ion deceleration in interpenetrating plasma jets, 31th European Conference on Laser Interaction with Matter, Budapest, September 6-10, 2010 (oral). DVD Proceedings, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, H-1121 Budapest, Konkoly-Thege u. 29-33. November 26, 2010. Oral lecture Tu-7 D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 05 [D11] O. Renner, J. Cihelka, L. Juha, E. Krousky, J. Nejd, J. Skala, A. Velyhan, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, P. Pisarczyk, R. Liska, M. Smid, P. Vachal, J. Velechovsky, J. Ullschmied, O. Larroche, E. Dalimier: Spectroscopic Diagnosis of Energetic Plasma Jets Interaction with Walls, 14th International Workshop on Radiative Properties of Hot Dense Matter, Marbella, October 4-8, 2010 (oral) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/04/2010**

Název výsledku

Využití zinkového rentgenového laseru pro diagnostiku plazmatu a studium horké husté hmoty

### Abstrakt

Zinkový rentgenový laser o vlnové délce 21,2, vyvinutý v Centru B. Rusem (FZÚ) a jeho spolupracovníky, umožnil díky svým rekordním parametrům realizovat v laboratoři PALS zcela ojedinělý experiment, soustředěním jeho paprsku na tenký pevný terč se zde podařilo vytvořit zvláštní druh plazmatu o hustotě pevné látky – tzv. horkou hustou hmotu (Warm Dense Matter) [17, 18]. Rentgenový laser se osvědčil rovněž jako nástroj pro aktivní sondovací diagnostiku laserového plazmatu. K tomuto účelu byl M. Kozlovou (FZÚ) vyvinut rentgenový interferometr s dvojitým Lloydovým zrcadlem [18, D12] a J. Nejdlem nová deflektometrická technika, spočívající v detekci deformace fázového čela laserového svazku při průchodu plazmatem [19, D13]. V roce 2010 byl rentgenový laser využit jako diagnostický nástroj při dvou mezinárodních kooperativních experimentech s laserovým plazmatem. První z nich, realizovaný v červnu 2010, byl pokračováním astrofyzikálně motivovaného experimentu, zaměřeného na podrobné studium struktury rázových vln s radiačním prekursorem, generovaných laserem v plynu plněném terčíku [20]. Druhý experiment, jehož přípravná fáze proběhla v dubnu 2010, měl za cíl prostudovat interakci laserového záření s plazmatem v režimu blízkém tzv. rázovému zapálení (Shock Ignition) ICF terčů. V obou případech byl rentgenový laser využit k proměření prostorového rozložení hustoty laserového plazmatu v různých fázích interakce. Lloydův rentgenový interferometr byl využit rovněž k proměření mikroskopických poškození povrchu optických prvků způsobených intenzivním paprskem sub-ns laseru PALS [21].

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Unikátní vlastnosti v Centru vyvinutého rentgenového zinkového laseru PALS o vlnové délce 21,2 nm, zejména jeho rekordní jas a intenzita soustředěného paprsku přesahující 1 TW/cm<sup>2</sup>, umožňují realizovat celosvětově prioritní experimenty, k nimž patří jak výše zmíněné vytváření horké husté hmoty soustředěným rentgenovým zářením, tak využití rentgenové interferometrie a deflektometrie pro diagnostiku horkého a hustého laserového plazmatu.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Rentgenový zinkový laser podstatně rozšířil možnosti klíčového pracoviště Centra, laserové laboratoře PALS, jak v oblasti interakčních experimentů s intenzivním rentgenovým zářením, tak v oblasti diagnostiky plazmatu vytvářeného terawattovým jódovým laserem. Stal se tak pro zahraniční i domácí spolupracovníky jedním z magnetů laboratoře a je využíván jak v rámci kooperativních projektů koordinovaných evropským konsorciem LASERLAB-EUROPE, tak v rámci přípravných fází evropských laserových projektů HiPER a ELI.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno	<b>Kozlová Michaela Ing.</b>
Spojení	266052620 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	[17] B. Rus, T. Mocek, M. Kozlová, J. Polan, P. Homer, M. Fajardo, M.E. Foord, H. Chung, S.J. Moon, And R.W. Lee: High energy density matter generation using a	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

focused soft-X-ray laser for volumetric heating of thin foils, High Energy Density Phys. (2010), doi:10.1016/j.hedp.2010.05.001.

- 02 [18] L. M. R. Gartside, G. J. Tallents, A. K. Rossall, E. Wagenaars, D. S. Whittaker, M. Kozlová, J. Nejdí, M. Sawicka, J. Polan, M. Kalal, B. Rus: Extreme ultraviolet interferometry of warm dense matter in laser plasmas, Opt. Lett. 35 (2010) 3820(1) - 3822(3), doi: 10.1364/OL.35.003820, [IFAK: 3.059] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 03 [19] J. Nejdí, M. Kozlová, T. Mocek, B. Rus: Measuring the electron density gradients of dense plasmas by deflectometry using short-wavelength probe, Phys. Plasmas 17 (2010) 122705(1) - 122705(6), doi: 10.1063/1.3525570, [IFAK: 2.475] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 [20] Ch. Stehlé, M. González, M. Kozlová, B. Rus, T. Mocek, O. Acef, J. P. Colombier, T. Lanz, N. Champion, K. Jakubczak, J. Polan, P. Barroso, D. Baudin, E. Audit, J. Dostál, M. Stupka: Experimental study of radiative shocks at PALS facility, Laser Part. Beams 28 (2010) 253(1) - 261(9), doi: 10.1017/S0263034610000121, [IFAK: 4.42] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 05 [21] D. Margarone, B. Rus, M. Kozlová, J. Nejdí, T. Mocek, P. Homer, J. Polan, M. Stupka, K. Cassou, S. Kazamias, J. C. Lagron, D. Ros, C. Danson, S. Hawkes: Investigations of laser-induced damages in fused silica optics using x-ray laser interferometric microscopy, J. Appl. Phys. 107 (2010) 103103(1) - 103103(7), doi: 10.1063/1.3373696, [IFAK: 2.072] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 06 [D12] M. Kozlová, J. Nejdí, B. Rus, M. Sawicka, J. Polan, L. Gartside, A. Rossall, G. Tallents: Laser-matter interaction studies using X-ray laser and Double Lloyds mirror interferometer, 12th International Conference on X-Ray Lasers, Kwangju, Jižní Korea, 30. května 4. června 2010. D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 07 [D13] J. Nejdí, M. Kozlová, T. Mocek, B. Rus: Measuring the electron density gradients of dense plasmas by X-ray laser deflectometry, 12th International Conference on X-Ray Lasers, Kwangju, Jižní Korea, 30. května 4. června 2010 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG



## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/05/2010**

Název výsledku

Vysokorepetiční srážkově excitační rentgenové lasery ve spektrální oblasti 10-45 nm

### Abstrakt

Naše společné experimenty provedené ve francouzské Laboratoři aplikované optiky (LOA) vyústily v úspěšnou realizaci rentgenového laseru o vlnové délce 32,8 nm na 25. harmonické Ti:safírového laseru v plazmatu 8x ionizovaného Kr IX vytvořeném ionizací optickým polem, s následujícími parametry: opakovací frekvence 10 Hz, výstupní energie v pulsu 1 microJ, délka pulsu 6 ps, a divergence svazku 0,7 mrad [22-24]. Získané zkušenosti byly využity k výběru dvou inverzních schémat vhodných k experimentální realizaci na 25-TW systému v laboratoři PALS: longitudinální čerpání ionizací optickým polem (OFI), a přechodové čerpání při šikmém dopadu (GRIP). První experimenty s rentgenovým laserem typu OFI proběhly v laboratoři PALS v závěru roku 2010.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Realizovaný Kr IX rentgenový laser vykazuje spektrální profil typu Voigt s pološířkou 3,1 miliangstromů, což odpovídá délce pulzu 4,7 ps ve Fourierově limitu. Dále jsem pozorovali efekt spektrálního zúžení zisku (gain narrowing) a změřili časovou koherenci a spektrální šířku čáry rentgenového laseru v režimu injekčního módu a porovnali ji s případem zesílené spontánní emise (ASE). Výsledky naznačují, že svazek vysokých harmonických je vystaven silnému spektrálnímu zúžení během svého šíření plazmatickým zesilovačem bez dodatečného saturačního spektrálního rozšíření. Proměřili jsme též profil svazku rentgenového laseru ve vzdálené zóně (far field) a ukázali, že jej lze cíleně kontrolovat a generovat jak standardní profil typu Gauss, tak i méně obvyklý typ Bessel, který může být zajímavý pro některé nové aplikace.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Zkušenosti získané v průběhu společných experimentů ve francouzské laboratoři LOA jsme využili k rozpracování dvou schémat rentgenových laserů pro náš 25-TW Ti:safírový femtosekundový systém. Pro rentgenový laser na bázi OFI byla jako výchozí vybrána konfigurace se sférickým zrcadlem a ohniskovou vzdáleností  $f=1$  m pro Kr IX laser, resp.  $f=1,5$  m pro Xe IX na 41,8 nm. Tato varianta byla v laboratoři PALS realizována v závěru roku 2010. V případě schématu GRIP bude pro fokusaci předpulzu do lineárního ohniska rozměrů 3,2 mm x 60 microm s intenzitou  $5 \times 10^{10}$  W/cm<sup>2</sup> použita kombinace sférické ( $f=400$  mm) a cylindrické ( $f=3000$  mm) čočky. Pro fokusaci hlavního pulsu do lineárního ohniska 2,5 x 40 microm s intenzitou  $1 \times 10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> bude pak použito sférické zrcadlo ( $f=750$  mm) nakloněné pod úhlem 22 stupňů.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Mocek Tomáš Ing. PhD.**

Spojení 266052875 mocek@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	[22] F. Tissandier, S. Sebban, M. Ribière, J. Gautier, Ph. Zeitoun, G. Lambert, A. Barszczak Sardinha, J.-Ph. Goddet, F. Burgy, T. Lefrou, C. Valentin, A. Rousse, O. Guilbaud, A. Klisnick, J. Nejdí, T. Mocek, G. Maynard: Observation of spectral gain narrowing in a high-order harmonic seeded soft-x-ray amplifier, Phys. Rev. A 81	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

(2010) 063833 (1) - 063833 (4), doi:  
10.1103/PhysRevA.81.063833, [IFAK: 2.866]

- 02 [23] F. Tissandier, S. Sebban, M. Ribiere, J. Gautier, Ph. Zeitoun, G. Lambert, J.-Ph. Goddet, F. Burgy, C. Valentin, A. Rousse, J. Nejd, T. Mocek, G. Maynard: Bessel spatial profile of a soft x-ray laser beam, Appl. Phys. Lett. 97 (2010) 231106(1) - 231106(3), doi: 10.1063/1.3515841, [IFAK: 3.554] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 03 [24] O. Guilbaud, F. Tissandier, J.-Ph. Goddet, M. Ribiere, S. Sebban, J. Gautier, D. Joyeux, D. Ros, K. Cassou, S. Kazamias, A. Klisnick, J. Habib, Ph. Zeitoun, D. Benredjem, T. Mocek, J. Nejd, S. de Rossi, G. Maynard, B. Cros, A. Boudaa, A. Calisti: Fourier-limited seeded soft x-ray laser pulse, Opt. Lett. Vol. 35 (2010) 1326(1) - 1328(3), doi: 10.1364/OL.35.001326, [IFAK: 3.059] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/06/2010**

Název výsledku

Částicové modelování interakce krátkých pulsů s terčí

### Abstrakt

Pomocí 2D PIC simulací jsme prokázali, že mikroskopická struktura na povrchu terče výrazně zvyšuje absorpci energie laserového pulzu a elektromagnetická energie je tak efektivně transformována do kinetické energie horkých elektronů. Ukázali jsme, vliv mikrostruktury na maximální energii urychlených iontů je dostatečně patrný a může být v experimentu změřen. Dále byly odhadnuty potřebné parametry iontového svazku pro zapálení fúze s ohledem na tvar Braggova píku. Pomocí 1D PIC simulací s využitím tvarů částic s vyšším řádem přesnosti byla prokázána možnost potlačení SBS odrazu laserového záření od extenzivní koróny při parametrech předpokládaných v tzv. rázovém zapálení termojaderné fúze (Shock Ignition).

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Teoreticky navržené použití mikrostruktur na povrch u terče může podstatně zvýšit použitelnost svazků laserem urychlených protonů a iontů, ovšem za předpokladu dostatečného kontrastu laserového pulzu. Na případ srážkového režimu při nižších intenzitách laserového pulzu jsme rozšířili platnost našeho předchozího závěru, že vzájemné ovlivňování stimulovaného Brillouinova a Ramanova rozptylu (SBS a SRS) může zajistit dostatečnou účinnost absorpce laserového záření v módu vhodném pro generaci rázové vlny pro Shock Ignition.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Ve spolupráci s CEA Saclay je připraven experiment k ověření našich výsledků týkající se vlivu mikrostruktury na účinnost urychlování iontů a na maximální dosažitelnou energii urychlených iontů. Naše studie absorpce laserového záření v režimu rázového zapálení (Shock Ignition) spolu s experimenty v LLE Rochester i v laboratoři PALS otvírají možnost, že by tato metoda mohla být v budoucnu použita pro získávání energie pomocí inerciální fúze.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Limpouch Jiří prof. Ing. CSc.**

Spojení

283072275 limpouch@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	[26] (Monografie) O. Klimo: PIC Simulations of Ultrashort-Pulse Laser Solid-Target Interactions, LAP Lambert Academic Publishing 2010, 216 pp., ISBN: 3838342046	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[27] O. Klimo, S. Weber, V. T. Tikhonchuk, J. Limpouch: Particle-in-cell simulations of laser–plasma interaction for the shock ignition scenario, Plasma Phys. Control. Fusion 52, 055013 (2010) (18 pp), doi:10.1088/0741-3335/52/5/055013	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	[28] J. Psikal, V. T. Tikhonchuk, J. Limpouch, O. Klimo:	J – článek v odborném	ANG

- Lateral hot electron transport and ion acceleration in femtosecond laser pulse interaction with thin foils, *Physics of Plasmas*, 17 (1), 2010, 013102 (8 pp), doi:10.1063/1.3276524
- periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- 04 [29] S. Yu. Gus'kov, D. V. Il'in, J. Limpouch, O. Klimo, V. E. Sherman: Parameters of an Ion Beam and Characteristic Features of Its Slowing-Down in a Plasma during Fast Ignition of an Inertial Fusion Target, *Plasma Physics Reports*, 2010, Vol. 36, No. 6, pp. 473–481, doi: 10.1134/S1063780X10060048
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 05 [30] S. Buffechoux, J. Psikal, M. Nakatsutsumi, L. Romagnani, A. Andreev, K. Zeil, M. Amin, P. Antici, T. Burris-Mog, A. Compant-La-Fontaine, E. d'Humieres, S. Fourmaux, S. Gaillard, F. Gobet, F. Hannachi, S. Kraft, A. Mancic, C. Plaisir, G. Sarri, M. Tarisien, T. Toncian, U. Schramm, M. Tampo, P. Audebert, O. Willi, T. E. Cowan, H. Pepin, V. Tikhonchuk, M. Borghesi, J. Fuchs: Hot electrons transverse refluxing in ultraintense laser-solid interactions, *Physical Review Letters* 105, 015005 (2010), 10.1103/PhysRevLett.105.015005
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 06 [31] B. Ramakrishna, M. Murakami, M. Borghesi, L. Ehrentraut, P. V. Nickles, M. Schnurer, S. Steinke, J. Psikal, V. Tikhonchuk, S. Ter-Avetisyan: Laser-driven quasimonoenergetic proton burst from water spray target, *Physics of Plasmas* 17, 083113 (2010), doi:10.1063/1.3479832
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 07 [32] J. Psikal, O. Klimo, J. Limpouch: Field ionization effects on ion acceleration in laser-irradiated clusters, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* (accepted Dec 2010)
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 08 [33] J. Psikal, J. Limpouch, O. Klimo, V. Tikhonchuk: Generation of high energy electrons and ion acceleration in small structured targets, *Acta Technica*, (in print)
- J – článek v odborném periodiku (časopise)  
(RIV 2009)
- ANG
- 09 [D14] J. Psikal, V. T. Tikhonchuk, J. Limpouch, O. Klimo: Lateral hot electron transport and ion acceleration in femtosecond laser pulse interaction with thin foils, *The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications, Journal of Physics: Conference Series* 244 (2010) 022057, doi:10.1088/1742-6596/244/2/022057
- D – článek ve sborníku  
(RIV 2009)
- ANG
- 10 [D15] O. Klimo, S. Weber, V. T. Tikhonchuk, J. Limpouch: Laser Plasma Interaction in the Shock Ignition Scenario - PIC Modeling, *37th EPS Conference on Plasma Phys., Dublin 21-25.6. 2010, ECA Vol. 34A O2.202* (2010), ISBN 2-914771-62-2
- D – článek ve sborníku  
(RIV 2009)
- ANG

- 11 [D16] S. Kawata, A. A. Andreev, T. Takahashi, D. Satoh, D. Barada, O. Klimo, J. Limpouch, Q. Kong, P. X. Wang, Y. Y. Ma, Z. M. Sheng, W. M. Wang: Efficient high-quality ion beam generation in laser-foil interaction, Laser Optics 2010, Petrohrad, Rusko, 28.6. - 2.7. 2010, Proc. SPIE (in print) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 12 [D17] J. Psikal, J. Limpouch, O. Klimo: On the ion acceleration in microstructured targets by ultrashort intense laser pulses, Laser Optics 2010, Petrohrad, 28.6. - 2.7. 2010, Proc. SPIE (in print) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/07/2010**

Název výsledku

Fluidní modelování dynamiky terčů ozářených nanosekundovými laserovými pulzy

### Abstrakt

Pokračovali jsem v rozvoji numerických hydrodynamických metod pro modelování laserového plazmatu. Naše nové příspěvky v této oblasti zahrnují nová diferenční schémata pro lagrangeovskou hydrodynamiku, nové metody remapování a vyhlazování výpočetní sítě pro metodu ALE. Zahájili jsme též teoretickou přípravu na multimateriálovou hydrodynamiku bez míchání porovnáním metod rekonstrukce materiálových rozhraní uvnitř výpočetní buňky. Náš kód PALE byl použit ke studiu interakce laserového plazmatu se stěnou a ke studiu generace plazmových jetů pomocí anulárního laserového svazku s minimem na ose svazku. Modelovali jsem také urychlování plazmového projektilu v kanálu (bez kavity i s kavitou) a tvorbu kráteru při jeho interakci s masivním terčíkem.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Byla vyvinuta nová metoda výpočtu umělé viskozity v lagrangeovské hydrodynamice založená na přibližném riemannovském řešení. Nově byla použita metoda typu FCT (Flux Corrected Transport) pro zachování monotonicity při remapování hustoty, hybnosti a energie. Byly získány nové poznatky o interakci laserového plazmatu se stěnou z modelování dvojité folie. Simulace generování plazmových jetů pomocí anulárního laserového svazku dávají obraz čistě hydrodynamického mechanismu tvorby plazmových jetů na laseru PALS.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Nové algoritmy pro lagrangeovskou hydrodynamiku a metodu ALE umožňují přesnější modelování interakce laserového záření s různými terči. Hydrodynamické simulace pomocí kódu PALE přispívají významně k interpretaci experimentů na laseru PALS – viz např. Výsledek č.3, publikace [16].

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno	<b>Liška Richard doc. Ing. DrSc.</b>
Spojení	224358614 liska@siduri.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	[34] N. Rudraiah, M. Kálal, G. Chandrashekar: Electrorheological Rayleigh-Taylor instability at the interface between a porous layer and thin shell with poorly conducting couple stress fluid, International Journal of Non-Linear Mechanics, 2011, Vol. 46 (1) p. 57-64, ISSN 0020-7462	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[35] R. Loubere, P.-H. Maire, P. Váchal: A second-order compatible staggered Lagrangian hydrodynamics scheme using a cell-centered multidimensional approximate Riemann solver, Procedia Computer Science, 2010, Vol. 1, no. 1,p. 1925-1933	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

03	[36] P.-H. Maire, R. Loubere, P. Vachal: Staggered Lagrangian discretization based on cell-centered Riemann solver and associated hydrodynamics scheme, Communications in Computational Physics, 2011, In Press	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
04	[37] D. Bailey, M. Berndt, M. Kuchařík, M. Shashkov: Reduced-dissipation remapping of velocity in staggered arbitrary Lagrangian-Eulerian methods, Journal of Computational and Applied Mathematics, 2010, Vol. 233, no. 12, p. 3148-3156	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
05	[38] R. Liska, M. Shashkov, P. Váchal, B. Wendroff: Optimization-based synchronized flux-corrected conservative interpolation (remapping) of mass and momentum for arbitrary Lagrangian-Eulerian methods, Journal of Computational Physics, 2010, Vol. 229, no. 5, p. 1467-1497	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
06	[39] R. Liska, M. Shashkov, P. Vachal, B. Wendroff: Synchronized Flux Corrected Remapping for ALE Methods, Computers & Fluids, 2011, In Press	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
07	[40] M. Berndt, M. Kuchařík, M. J. Shashkov: Using the feasible set method for rezoning in ALE, Procedia Computer Science, 2010, Vol. 1, no. 1, p. 1879-1886	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
08	[41] P. Vachal, P. H. Maire: Discretizations for Weighted Condition Number Smoothing on General Unstructured Meshes, Computers & Fluids, 2011, In Press	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
09	[42] M. Kuchařík, R. V. Garimella, S. P. Schofield, M. J. Shashkov: A comparative study of interface reconstruction methods for multi-material ALE simulations, Journal of Computational Physics, 2010, Vol. 229, no. 7, p. 2432-2452	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
10	[D22] C. Labaune, S. Depierreux, V. T. Tikhonchuk, D. T. Michel, C. Stenz, N. G. Borisenko, Ph. Nicolaï, S. Hüller, D. Pesme, P. Loiseau, P.-E. Masson-Laborde, M. Casanova, M. Grech, G. Riazuelo, C. Riconda, S. Weber, S. Darbon, R. Wrobel, E. Aloyz, A. Casner, C. Meyer, P. Romary, G. Thiell, W. Nazarov, J. Limpouch: Laser-plasma interaction physics in multi kilojoule experiments, The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications, Journal of Physics: Conference Series 244 (2010) 022021, doi:10.1088/1742-6596/244/2/022021	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG
11	[D23] J. Limpouch, R. Liska, M. Kuchařík, P. Váchal, V. Kmetík: Laser-driven collimated plasma flows studied via	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

ALE code, 37th EPS Conference on Plasma Phys.,  
Dublin 21-25.6. 2010, ECA Vol. 34A P4.222 (2010),  
ISBN 2-914771-62-2

- 12 [D24] P. Váchal, R. Liska, M. Kuchařík, J. Limpouch, V. Kmetík: Numerical simulations of jet formation in laser-target interactions, 24th Symposium on Plasma Physics and Technology. Prague : Czech Technical University, 2010 - (J. Píchal M. Píchal) S. 82-83. ISBN 978-80-01-04548-0.[Symposium on plasma physics and technology/24th./ Praha (CZ), 14.06.2010-17.06.2010] D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)
- 13 [D25] V. Kmetík, M. Kuchařík, J. Limpouch, R. Liska, P. Váchal: Sharp collimation of plasma flow from planar targets, The Book of Abstracts XXXI European Conference on Laser Interaction with Matter. Budapešť: National Office for Research and Technology, 2010 - (I. FÖLDES) 01-01. ISBN N. [European Conference on Laser Interaction with Matter/31st./ 06.09.2010-10.09.2010, Budapešť] D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)



## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/08/2010**

Název výsledku

Výzkum interakce femtosekundových pulsů s terčí, plynem a clustery

### Abstrakt

Jednou z možných metod přímého experimentálního studia procesů fúze jader deuteria v laboratorních podmínkách je využití procesu tzv. coulombické exploze deuteriových klastrů ozářených femtosekundovým laserem s dostatečnou intenzitou záření. Generace těchto klastrů vyžaduje zařízení s možností dostatečně hlubokého podchlazení D2 plynu před jeho expanzí do vakua. Vzhledem k tomu, že se pouze část expandovaného plynu začne v určitých oblastech prostoru expanze shlukovat do potřebných klastrů, je pro optimalizaci následného procesu ozáření této směsi femtosekundovým laserem mimořádně důležité dostatečně detailně prozkoumat prostorové rozložení expandující směsi D2 plynu a klastrů. Za tímto účelem byla vyvinuta velmi citlivá a přesná metoda diagnostiky expandující směsi založená na komplexní interferometrii. Základní principy této diagnostiky byly publikovány i prezentovány na konferencích. V laboratoři femtosekundového laseru na FJFI byla generována emise K-alfa záření. Byly generovány vysoké harmonické v plynové cele a trysce.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Nalezená diagnostická metoda umožní proměření rozložení klastrů v expandujícím podchlazeném plynu deuteria. Takovéto měření nebylo díky svojí obtížnosti doposud nikdy dříve realizováno.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Vzhledem ke svojí obecnosti je navržená diagnostická metoda předmětem zájmu řady laboratoří, které se zabývají studiem tvorby klastrů (např. při generaci rentgenového záření pro litografii). V laboratoři femtosekundového laseru byly zvládnuty experimentální techniky, které budou později využity k aplikačním experimentům.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Kálal Milan doc. Ing. CSc.**  
Spojení 224358662 mailan.kalal@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	[43] V. Picková, A. Darebníček, M. Drahokoupil, O. Klimo, L. Švéda: Measuring the pulse shape of the fs laser, Acta Technica (in print)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[44] M. Kálal, O. Slezák, M. Martínková, Y. J. Rhee: Compact Design of Nomarski Interferometer and its Application in Diagnostics of Coulomb Explosions of Deuterium Clusters, Journal of the Korean Physical Society 2010, Vol. 56, No. 1, 287-294	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
03	[45] R. T. Khaydarov, H. B. Beisinbaeva, M. M. Sabitov, M. Kálal, G. R. Berdiyrov: Conditions defining the mechanisms of the formation of light gas ions in	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

multicomponent laser-produced plasmas, Nuclear Fusion. 50 (10), 105007 (2010), doi: 10.1088/0029-5515/50/10/105007

- |    |   |                                   |     |
|----|---|-----------------------------------|-----|
| 04 | [D28] V. Picková, A. Darebníček, M. Drahokoupil, R. Havlíková, K. Jakubczak, O. Klimo, J. Limpouch, L. Pína, L. Švéda: Interaction experiments in the fs laser laboratory at CTU, COST MP0601 WG & MC Meetings, May 27-28 2010, Krakow (Poland) | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 05 | [D29] M. Kalal: Complex Interferometry: Natural Diagnostics for EUV and Soft X-ray Regions, 17th International Symposium on Laser Spectroscopy, 4-5 November, 2010, Daejeon, Republic of Korea (invited)  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 06 | [D30] M. Kalal: Search for an Embedded True Silicon Laser Using Ordered Si Nanostructures, NANO 2010, December 13 - 16, 2010, Tiruchengode - Coimbatore, India (invited)  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 07 | [D31] M. Kalal: Diagnostics of Magnetic Fields by Complex Interferometry, MEGAGAUSS XIII, July 06-10, 2010, Suzhou , China (oral)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/09/2010**

Název výsledku

Analýza možnosti využití SBS PCM pro IFE

Abstrakt

Námi navržené unikátní metodě plně automatické samonavigace laserových svazků na injektované termonukleární terčičky využívající metody fázově konjugovaných zrcadel realizovaných pomocí stimulovaného Brillouinova rozptylu, se postupně dostává zvýšené pozornosti u významných představitelů největších světových laboratoří zabývajících se inerciální fúzí (metodou přímého ohřevu). 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 (USA a Japonsko). Byl rovněž učiněn významný pokrok při hledání korektního matematického řešení popisu speciálních metod využití SBS PCM za účelem realizace co nejdokonalejšího fázového závěsu pro kombinaci laserových svazků.

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

1.- , 2.- , 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 peletů, při jejichž splnění by bylo dosaženo optimalizace interakčního procesu pro danou technologii samonavigace

## 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.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

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

Spojení 224358662 mailan.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	[46] M. Kálal, M. Martínková, O. Slezák, H. J. Kong, J. W. Yoon: SBS PCM Technique Applied for Aiming at IFE Pellets: First Tests with Amplifiers and Harmonic Conversion, Journal of the Korean Physical Society 56 (1), 184-189 (2010)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[47] O. Slezák, M. Kálal, H. J. Kong.: Phase-locked Stimulated Brillouin Scattering Seeded by a Transient Acoustic Wave Excited Through an Optical Interference Field, Journal of the Korean Physical Society. 2010, Vol.	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

- |    |  |   |     |
|----|--|---|-----|
| 03 | [48] M. Kálal, H. J. Kong, O. Slezak, E. R. Koresheva, S. Park, S. A. Startsev: Recent Progress Made in the SBS PCM Approach to Self-navigation of Lasers on Direct Drive IFE Targets, Journal of Fusion Energy. 2010, Vol. 29, p. 527–531. DOI: 10.1007/s10894-010-9351-6   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 04 | [D34] M. Kalal, H. J. Kong, E. Koresheva, M. Martinkova, O. Slezak, S. A. Startsev: Current Status of the SBS PCM Approach to Self-Navigation of Lasers on IFE Targets, Journal of Physics: Conference Series 244, 032034 (2010)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 05 | [D35] O. Slezák, M. Kálal, H. J. Kong: Phase Control of SBS Seeding by Optical Interference Pattern Clarified: Direct Applicability for IFE Laser Driver, Journal of Physics: Conference Series 244, 032026 (2010)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 06 | [D36] M. Kalal: Self-Navigation of Laser Drivers on Injected IFE Direct Drive Pellets, IAEA Fusion Energy Conference 2010 Satellite meeting on IFE Technologies, October 15, 2010, Daejeon, Republic of Korea (oral)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 07 | [D37] M. Kalal, H. J. Kong, O. Slezak, E. Koresheva, S. Park, S. A. Startsev: Latest Development in the SBS PCM Based Self-navigation of Laser Drivers on Injected Pellets, 5th Workshop on Stimulated Brillouin Scattering and Phase Conjugation (5th SBS & PC), August 25-27, 2010, Chiba University, Japan (oral) | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 08 | [D38] M. Kalal, H. J. Kong, O. Slezak, E. Koresheva, S. Park, S. A. Startsev: Issues connected with SBS PCM based self-navigation of laser drivers on injected pellets, XXXI ECLIM, September 6 - 10, 2010, Budapest, Hungary (oral)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 09 | [D39] O. Slezak, H. J. Kong, M. Kalal: Analytical model of the standing acoustic wave produced by a back-seeding mirror leading to SBS based optical wave phase coupling, 5th Workshop on Stimulated Brillouin Scattering and Phase Conjugation (5th SBS & PC), August 25-27, 2010, Chiba University, Japan (oral)   | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 10 | [D40] O. Slezak, H. J. Kong, M. Kalal: Stimulated Brillouin scattering phase-locking using a transient acoustic standing wave excited through an optical interference field, XXXI ECLIM, September 6 - 10, 2010, Budapest, Hungary (poster)  | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |
| 11 | [D41] M. Kalal, O. Slezak, H. J. Kong, J. S. Shin: Recent  | D – článek ve sborníku                                | ANG |

Progress Made in the SBS PCM Approach to Self-Navigation of Lasers on Direct Drive IFE Targets, Innovative Confinement Concepts Workshop (ICCW 2010), February 16-19, 2010, Princeton, New Jersey (poster) (RIV 2009)

- 12 [D42] M. Martinkova, M. Kalal, Y. J. Rhee: Analysis of the Complex Interferometry Diagnostics Applicability to Deuterium Clusters Spatial Density Distribution Measurements, 1st International Youth Conference on Fusion Energy in conjunction with the 23rd IAEA Fusion Energy Conference, 9 - 10 October, 2010, Daejeon, Republic of Korea (poster) 31st ECLIM, 6-10 September, 2010, Budapest, Hungary (poster) D – článek ve sborníku ANG (RIV 2009)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/10/2010**

Název výsledku

Studium kinetických procesů v elektronovém fázovém prostoru laserového plazmatu

### Abstrakt

V řadě experimentů týkajících se interakce laserového záření s hmotou je laserový svazek fokusován do plazmatu, které se vzhledem k frekvenci laserové vlny projevuje jako bezsrážkové. Přesto dochází k disipaci energie svazku. Tato disipace je dána složitými procesy v rámci fázového prostoru elektronů v plazmatu. Dosavadní stav poznání, který se soustřeďoval zejména na transformace dopadající vlny, nedával odpověď na podstatu jevů týkajících se částic, které s těmito vlnami interagují. Naše úsilí bylo proto zaměřeno na studium kinetiky v elektronovém fázovém prostoru nerelativistického a homogenního plazmatu vytvořeného intenzivním laserovým zářením v blízké infračervené oblasti za přítomnosti stimulovaného Ramanova rozptylu. Za tímto účelem jsme vyvinuli 1D Vlasov-Maxwell-Fokker-Planckův numerický kód. Výsledky těchto simulací nám dovolily detailně analyzovat urychlování elektronů v minimech elektronové plazmové vlny, které narůstá během Ramanova rozptylu, a jeho vliv na další vývoj ve fázovém prostoru. Fokker-Planckův srážkový člen ve Vlasovově rovnici byl primárně použit pro stabilizaci numerické metody. Jeho přítomnost v rovnicích nám však také umožňuje studium slabě srážkového plazmatu, které přichází v úvahu v případě experimentu s třetí harmonickou laseru. Proti všemu očekávání jsme pozorovali nárůst Ramanovy reflektivity na 20% s rostoucí srážkovou frekvencí v plazmatu vytvořeném třetí harmonickou. Nárůst byl důsledkem toho, že některé kinetické efekty vedoucí ke snížení Ramanovy reflektivity, jakým je např. proces rozvoje Ramanovy kaskády, byly zvýšenou srážkovou frekvencí v plazmatu potlačeny.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Objevili jsme teoretickou možnost vzniku Ramanovy kaskády – dalšího rozptylu již jednou rozptýlené elektromagnetické vlny, která nastává v případě, že je amplituda laserového svazku dostatečně vysoká. Pozorovali jsme rovněž rozvoj nestability při zachycování částic, která se projevuje v elektrostatické spektru jako rozšíření spektrální čáry rezonančních vlnových módů. Další proces, který ovlivňuje urychlování částic, je formování nerezonančního kvazimódu. Každý z vyjmenovaných procesů se podílí na výrazném snížení Ramanovy reflektivity.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Oba uvedené příspěvky představují podstatný krok k detailnímu pochopení kinetických procesů v laserovém plazmatu, a to zejména v souvislosti s připravovanými projekty velkých experimentů s laserem vyvolanou fúzí. Naše teoretické výsledky se vztahují jak k současnému výzkumu nepřímého ohřevu termojaderného plazmatu a jeho zážehu pomocnou rázovou vlnou, tak k probíhajícímu vývoji zdrojů svazků nabitých částic vytvářených po interakci laseru s terčem. Dokladem významu získaných výsledků je např. též skutečnost, že snímek plně rozvinutého elektronového fázového prostoru za přítomnosti Ramanova rozptylu a ostatních zmíněných fyzikálních procesů je zobrazen na titulní straně časopisu *European Physical Journal D* 56, (1) 2010.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Rohlens Karel RNDr. CSc.**

Spojení 266052792 rohlens@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 [49] M. Mašek, K. Rohlena: Electron kinetics in a laser plasma with increased collisionality, Radiat. Eff. Defects Solids 165 (2010) 405 - 411, doi: 10.1080/10420151003715283, [IFAK: 0.55] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 02 [50] M. Mašek, K. Rohlena: Novel features of non-linear Raman instability in a laser plasma, EPJ D 56 (2010) 79-90 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/11/2010**

Název výsledku

Využití ablace indukované rtg. a XUV zářením k charakterizaci svazků rtg./XUV laserů

### Abstrakt

Fakt, že jsme se pomocí zatím nejvýkonnějšího a nejkratkovlnnějšího laseru s volnými elektrony LCLS (Linac Coherent Light Source SLAC, Menlo Park, CA energie fotonů 0,5 keV – 8,0 keV) bezpečně dostali na úroveň ablačních prahů pro jednotlivé impulzy, nám umožnil jak měřit rentgenové ablační charakteristiky různých materiálů, tak využít ablačních otisků svazku k jeho charakterizaci. Dále jsme se zaměřili na podélné rozložení intenzity ve fokusovaném svazku - rekonstrukci kaustiky [53]. Aktuálně prezentovaný přístup určení efektivní plochy [54, D48, D49] již nevyžaduje předpoklad gaussovského rozdělení intenzity v pulzu. Naše metody charakterizace fokusovaného svazku jsme v prvním uživatelském interakčním experimentu se svazkem LCLS laděného v rozmezí energií fotonů 0,5 keV až 2,0 keV na experimentální stanici SXR Dokončili jsme též analýzu raných experimentů provedených s LCLS svazkem na stanici AMO byly publikovány prahy poškození B4C a SiC jedním impulzem LCLS záření o energii fotonů 0,83 keV [55]. Tyto lehké materiály byly vybrány pro jejich význam ve vývoji optických prvků. Podářilo se nám však navrhnout a charakterizovat i materiál s vysokým průměrným Z a značnou hustotou – PbWO<sub>4</sub> [53], který umožňuje získat perfektní otisky svazku LCLS i tam, kde ablace PMMA je již k charakterizaci svazku nepoužitelná následkem dlouhé atenuační délky rtg. záření v tomto lehkém polymerním materiálu. Další naše společné práce publikované v roce 2010 byly zaměřeny na studium mechanismů poškození různých materiálů a struktur prvků (především mnohvrstevných zrcadel) výkonové XUV/rtg optiky [56,57]. V roce 2010 jsme realizovali též ELI-motivovaný výzkum se zdroji poháněnými dlouhovlnnými lasery. V LULI Palaiseau, Francie[58].

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Pro využití v praxi, a to i mimo oblast výzkumu a užití XUV/rtg laserů, se nám z letošních výsledků jeví jako nejnadějnější právě námi zavedený a odzkoušený nový přístup k určení efektivní plochy fokusovaného svazku kratkovlnného laseru. Popsaný postup nevyžaduje předpoklad gaussovského rozdělení intenzity v pulzu a může tedy být využit k analýze svazků s negaussovským profilem (např. anuloidní svazky z kapilárního výbojového laseru) resp. svazků silně porušených, např. nerovnoměrností rozložení zisku v procesu ASE resp. SASE nebo nedokonalostmi optických prvků a soustav využitých k vedení a fokusaci svazku.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Ablační otisky fokusovaného svazku jsou pro jeho charakterizaci již široce využívány rentgenovou komunitou k určení intenzity záření ve fokusu. Svědčí o tom řada citací prací garanta a jeho skupiny pracovníky studujícími interakci fokusovaných svazků kratkovlnného laserového záření s plyny i pevnou fází – viz např. A. Barty a kol.: Opt. Express 17, 15508 (2009) nebo L. Yang a kol: Nature 466, 56 (2010) a jiní. Výše uvedené a další práce uváděné v tomto bloku výsledků jsou příkladem široce založené úspěšné mezinárodní spolupráce pracovníků Centra a efektivního využívání velkých evropských výzkumných infrastruktur.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Juha Libor Ing. PhD.**

Spojení 266052741 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 [53] J. Chalupsky, P. Bohacek, V. Hajkova, 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 beam, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A (přijato k publikaci 3. 12. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 02 [54] J. Chalupský, J. Krzywinski, L. Juha, V. Hájková, J. Cihelka, T. Burian, L. Vyšín, J. Gaudin, A. Gleeson, M. Jurek, A. R. Khorsand, D. Klinger, H. Wabnitz, R. Sobierajski, M. Störmer, K. Tiedtke, S. Toleikis: Spot size characterization of focused non-Gaussian X-ray laser beams, Opt. Express (přijato k publikaci 7. 12. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 03 [55] S. P. Hau-Riege, R. A. London, A. Graf, S. L. Baker, R. Soufli, R. Sobierajski, T. Burian, J. Chalupský, L. Juha, J. Gaudin, J. Krzywinski, S. Moeller, M. Messerschmidt, J. Bozek, C. Bostedt: Interaction of short x-ray pulses with low-Z x-ray optics materials at the LCLS free-electron laser, Opt. Express 23 (2010) 23933 - 23938, doi: 10.1364/OE.18.023933, [IFAK: 3.278] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 [56] A. R. Khorsand, R. Sobierajski, E. Louis, S. Bruijn, E. D. van Hattum, R. W. E. van de Kruijs, M. Jurek, D. Klinger, J. B. Pelka, L. Juha, T. Burian, J. Chalupský, J. Cihelka, V. Hajková, L. Vyšín, U. Jastrow, N. Stojanovic, S. Toleikis, H. Wabnitz, K. Tiedtke, K. Sokolowski-Tinten, U. Shymanovich, J. Krzywinski, S. Hau-Riege, R. London, A. Gleeson, E. M. Gullikson, F. Bijkerk: Single shot damage mechanism of Mo/Si multilayer optics under intense pulsed XUV-exposure, Opt. Express 18 (2010) 700 - 712, doi: 10.1364/OE.18.000700, [IFAK: 3.278] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 05 [57] R. Sobierajski, S. Bruijn, A. R. Khorsand, E. Louis, R. W. E. van de Kruijs, T. Burian, J. Chalupsky, J. Cihelka, A. Gleeson, J. Grzonka, E. M. Gullikson, V. Hajkova, 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. Vysin, H. Wabnitz, F. Bijkerk: Damage mechanisms of MoN/SiN multilayer optics for next-generation pulsed XUV light sources, Opt. Express (přijato k publikaci 9. 12. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 06 [58] S. M. Vinko, U. Zastra, S. Mazevet, J. Andreasson, S. Bajt, T. Burian, J. Chalupský, H. N. Chapman, J. Cihelka, D. Doria, T. Döppner, S. Düsterer, T. Dzelzainis, R. R. Fäustlin, C. Fortmann, E. Förster, E. Galtier, S. H. Glenzer, S. Göde G. Gregori<sup>1</sup>, J. Hajdu, V. Hájková, P. A. Heimann, R. Irsig, L. Juha, M. Jurek, J. J. Krzywinski, 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 beam, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A (přijato k publikaci 3. 12. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG

- Krzywinski, T. Laarmann, H. J. Lee, R. W. Lee, B. Li, K.-H. Meiwes-Broer, J. P. Mithen, B. Nagler, A. J. Nelson, A. Przystawik, R. Redmer, D. Riley, F. Rosmej, R. Sobierajski, F. Tavella, R. Thiele, J. Tiggesbäumker, S. Toleikis, T. Tschentscher, L. Vyšín, T. J. Whitcher, S. White, J. S. Wark: Electronic Structure of an XUV Photogenerated Solid-Density Aluminum Plasma, *Phys. Rev. Lett.* 104 (2010) 225001(1) - 225001(4), doi: 10.1103/PhysRevLett.104.225001, [IFAK: 7.328]
- 07 [59] T. W. J. Dzelzainis, J. Chalupský, M. Fajardo, R. Fäustlin, P. A. Heimann, V. Hájková, L. Juha, M. Jurek, F. Y. Khattak, M. Kozlová, J. Krzywinski, R. W. Lee, B. Nagler, A. J. Nelson, F. B. Rosmej, R. Soberierski, S. Toleikis, T. Tschentscher, S. M. Vinko, J. S. Wark, T. Whitcher, D. Riley: Plasma emission spectroscopy of solids irradiated by intense XUV pulses from a free electron laser, *High Energy Density Physics* 6 (2010) 109 - 112, doi: 10.1016/j.hedp.2009.05.017 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 08 [60] E. Galtier, F. B. Rosmej, T. Dzelzainis, D. Riley, F. Y. Khattak, P. Heimann, R. W. Lee, A. J. Nelson, S. M. Vinko, T. Whitcher, B. Nagler, J. S. Wark, T. Tschentscher, S. Toleikis, R. R. Fäustlin, R. Sobierajski, M. Jurek, L. Juha, J. Chalupsky, V. Hajkova, M. Kozlova, J. Krzywinski: Decay of crystalline order and equilibration during solid-to-plasma transition induced by 20-fs microfocused 92 eV free electron laser pulses, *Phys. Rev. Lett.* (přijato k publikaci 3. 11. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 09 [61] J. Andreasson, B. Iwan, A. Andrejczuk, E. Abreu, M. Bergh, C. Caleman, A. J. Nelson, S. Bajt, J. Chalupsky, H. N. Chapman, R. R. Fäustlin, V. Hájková, P. A. Heimann, B. Hjoervarsson, L. Juha, D. Klinger, J. Krzywinski, B. Nagler, G. Pálsson, W. Singer, M. Seibert, R. Sobierajski, S. Toleikis, T. Tschentscher, S. M. Vinko, R. W. Lee, J. Hajdu, N. Timneanu: Saturated ablation in metal hydrides and acceleration of protons and deuterons to keV energies with a soft X-ray laser, *Phys. Rev. E* (přijato k publikaci 15. 12. 2010) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 10 [62] A. Lévy, F. Dorchies, P. Audebert, J. Chalupský, V. Hájková, L. Juha, T. Kaempfer, H. Sinn, I. Uschmann, L. Vyšín, J. Gaudin: Focusing of millijoule picosecond K-alpha radiation from 100 TW laser-solid interaction, *Appl. Phys. Lett.* 96 (2010) 151114(1) - 151114(3), doi: 10.1063/1.3386534, [IFAK: 3.554] J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 11 [D48] J. Chalupský: Comparing different approaches to characterization of focused x-ray laser beam, vyzvaná přednáška. SRI 2010 (The 16th Pan-American Synchrotron Radiation Instrumentation Conference), 21- D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG

24 September 2010, Chicago, IL, USA Workshop 1 „The Manipulation and Characterization of FEL X-ray Beams“  
Rozšířená verze přednášky bude publikována v Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A - viz [57].

- |    |   |                                   |     |
|----|---|-----------------------------------|-----|
| 12 | [D49] J. Chalupský a kol.: Effective areas of focused LCLS and FLASH beams determined from their ablation imprints, European XFEL Users Meeting & HASYLAB Users Meeting & PBC Meeting, 26-29 January 2010, Hamburg, SRN poster #151   | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 13 | [D50] J. Bozek a kol. (prezentující autor: L. Juha): Radiation damage to organic polymer irradiated by multiple LCLS shots below the single-shot ablation threshold, European XFEL Users Meeting & HASYLAB Users Meeting & PBC Meeting, 26-29 January 2010, Hamburg, SRN poster #82 | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 14 | [D51] L. Juha, V. Hájková, J. Chalupský, T. Burian a L. Vyšín jako spoluautoři posterů jiných autorů, European XFEL Users Meeting & HASYLAB Users Meeting & PBC Meeting, 26-29 January 2010, Hamburg, SRN, poster #8, #73, #70, #77 a #137  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 15 | [D52] M. Toufarová, L. Vyšín: Erosion of fullerenes and amorphous carbon exposed to multiple pulses of EUV radiation, 8th International Nanotechnology Symposium - Nanofair 2010, 6-7 July 2010, Dresden, SRN, poster Materials/CNT B5  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/12/2010**

Název výsledku

Rentgenové zdroje na bázi pinčujících kapilárních výbojů

### Abstrakt

V tomto bloku výsledků citujeme nové teoretické a experimentální práce pracovníků a doktorandů Centra na FJFI ČVUT a v ÚFP AVČR, zaměřené na využití pinčovaných kapilárních výbojů jako zdrojů intenzivního XUV záření [65,66,D59-D63]. Jejich společné úsilí vyústilo v návrh zdroj nekoherentního záření ve spektrální oblasti tzv. "vodního okna" (vlnové délky záření 2-4 nm), založený na pinčujícím kapilárním výboji v dusíku [67, 68, D61]. Prostorčasové vlastnosti pinčujícího plazmatu a jeho vyzařovací charakteristiky byly modelovány pomocí RHMD Z\*-engine kódu. Sestrojený vysoce účinný zdroj záření s aluminovou kapilárou zaplněnou dusíkem se stal základním vybavením laboratoře na KE FJFI ČVUT a v roce 2010 na něm byly provedeny první pilotní experimenty. Byla měřena relevantní spektra v XUV oblasti vlnových délek 2 - 3 nm a zaregistrována silná spektrální čára o vlnové délce 2,88 nm, odpovídající kvantovému přechodu  $1s2p > 1s2$  heliu-podobného dusíkového iontu. Naměřená experimentální spektra v oblasti vodního okna se dobře shodují s průběhy získanými na základě počítačového modelování.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Získané výsledky jsou originálním příspěvkem pracovníků Centra v oblasti perspektivních laboratorních zdrojů XUV záření na bázi pinčovaných kapilárních výbojů. S využitím počítačového modelování byl navržen a odzkoušen zdroj nekoherentního XUV záření využívající pinčovaného výboje v dusíkem plněné kapiláře a ověřena možnost generace intenzivního nekoherentního záření o vlnové délce 2,88 nm, tj ve spektrální oblasti tzv. "vodního okna". Na kapilárním pinči na FJFI bylo dosaženo laserové akce na vlnové délce 46,9 nm v kapiláře plněné argonem [D64] a demonstrováno využití tohoto EUV laseru pro vytváření nanostruktur.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Zdroje nekoherentního i nekoherentního záření na bázi pinčovaných kapilárních výbojů v argonu a v dusíku, vyvíjené a realizované na pracovišti Centra na KE FJFI ČVUT, otevírají cestu k praktickým aplikacím pro externí uživatele. Zdroje XUV záření v oblasti "vodního okna" na bázi kapilár plněných dusíkem lze využít k zobrazování organických objektů v biologii a medicíně [69], argonové kapilární EUV lasery jsou perspektivními nástroji pro průmyslové rentgenové ablační technologie.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Vrba Pavel Ing. CSc.**

Spojení

266052521 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	[65] J. Hübner: Capillary discharge parameter assessment for X-ray laser pumping, Acta Polytechnica 50, 52-55 (2010)	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[66] P. Vrba, M. Vrbova: Computer Modeling of Capillary Pinching Discharge for the Purpose of XUV Radiation Source Design (přijato k publikaci do IEEE Transaction	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

- 03 [67] P. Vrba, S. V. Zakharov, A. Jancarek, M. Vrbova, M. Nevrkla, P. Kolar: Pinching Capillary Discharge as a Water Window Radiation Source, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Special Issue: VUVX 2010 (2010) doi:10.1016/j.elspec.2010.12.013 (published online, in print) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 04 [68] P. Kolar, M. Vrbova, M. Nevrkla, P. Vrba, A. Jancarek: Laser and pinching discharge plasmas spectral characteristics in water window region (připraveno k publikaci v Journal of Physics D) J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 05 [69] J. Tous, K. Blazek, L. Pina, B. Sopko: High-resolution imaging of biological and other objects with an X-ray digital camera, Applied Radiation and Isotopes 68 (4-5), 651-653 (2010), doi:10.1016/j.apradiso.2009.09.022 J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) ANG
- 06 [D59] M. Vrbová, A. Jančárek, P. Vrba, M. Nevrkla, P. Kolář: XUV Radiation Emitted by Capillary Pinching Discharge, 12th International Conference on X-ray Lasers, GIST, Gwangju, Korea (přijato k publikaci ve sborníku X-Ray lasers, Springer Proceedings in Physics Series, ed. C. Lewis) D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 07 [D60] M. Nevrkla, J. Novak, A. Jancarek, P. Vrba, M. Vrbova, L. Pina: Diagnostics of Output Radiation of Capillary Discharge Plasma, Contribution to the IGO seminář X-Ray And XUV Plasma Sources And Application, November 24, 2010, CTU Prague, <http://xuv.kfe.fjfi.cvut.cz/seminar> D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 08 [D61] P. Vrba, S. V. Zakharov, M. Vrbova, A. Jančárek, M. Nevrkla, P. Kolář: Pinching Capillary Discharge as a Water Window Radiation Source, Contribution to the IGO seminar X-Ray And XUV Plasma Sources And Application, November 24, 2010, CTU Prague, <http://xuv.kfe.fjfi.cvut.cz/seminar> D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 09 [D62] J. Hübner, P. Vrba: Modelling of capillary Z-pinch recombination pumping of carbon extreme ultraviolet laser, EPS2010, 37th Conference on Plasma Physics, Dublin, 21st - 25th June 2010, ECA 34A, P1.331 (2010), ISBN 2-914771-62-2 D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG
- 10 [D63] J. Hübner, P. Vrba: The Gain Optimization of Balmer  $\alpha$  Radiation at wavelength 18.2 nm Generated by Carbon Capillary Discharge, Contribution to the IGO seminář X-Ray And XUV Plasma Sources And Application, November 24, 2010, CTU Prague, <http://xuv.kfe.fjfi.cvut.cz/seminar> D – článek ve sborníku (RIV 2009) ANG

- 11 [D64] V. Picková, R. Havlíková, A. Jančárek, M. Nevrkla, D – článek ve sborníku ANG  
L. Pína, L. Švéda: Capillary discharge EUV source with (RIV 2009)  
off-axis ellipsoidal mirror, COST MP0601 WG & MC  
Meetings, November 18-19 2010, Southampton (UK)

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/13/2010**

Název výsledku

Ablace materiálů fokusovaným zářením argonového EUV laseru

### Abstrakt

Pracovníci Centra v ÚFP AVČR, provozující argonové kapilární EUV lasery o vlnové délce 46,88 nm CAPEX a CAPEX-U vlastní originální konstrukce [D65-D66], realizovali v roce 2010 pod vedením Karla Koláčka (ÚFP) první pilotní experiment v oblasti ablační EUV litografie s přímým zobrazením [D67,D68]. Pro tento účel soustředili rovnoběžný paprsek záření kapilárního laseru pomocí multivrstvého zrcadla do ohniskové skvrny o průměru ~0.3 mm ve vzdálenosti 1050 mm od povrchu zrcadla a 140 mm od osy dopadajícího svazku. Multivrstvé zrcadlo s teoretickou odrazivostí 45% pro kolmý, nebo téměř kolmý dopad paprsků, tvořené 14 stejně silnými dvojrstvami Sc a Si, bylo podle výpočtů provedených pracovníky Centra vyrobeno v ÚPT AV ČR v Brně. Při testech zařízení byly leštěné destičky z polymethylmetakrylátu (PMMA) ozařovány přes zlatou mřížku s otvory 7,5x7,5 microm, umístěnou na povrchu vzorku. Ablovaná stopa pak byla analyzována mikroskopem atomárních sil. Další práce [D69-D71] citované v tomto bloku výsledků se zabývají různými technickými aspekty výše uvedeného experimentu, práce [70] a [D72] pojednávají o originálním pinčovém experimentu s explodujícím stříbrným drátkem.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Reliéfy vytvořené EUV ablací na povrchu PMMA vzorků jsou dostatečně hluboké a kontrastní, takže umožňují mj. i podrobnou analýzu nově pozorovaných jemných periodických struktur. Vzhledem k tomu, že v okolí těchto struktur nebylo nalezeno žádné zbytkové napětí, nejedná se podle názoru autorů o výsledek termálních tavicích procesů typu LIPSS (Laser Induced Periodical Surface Structures), nýbrž čistě kvantových ablačních efektů, pro něž zatím neexistuje náležité teoretické vysvětlení.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Energie laseru kapilárního argonového EUV laseru CAPEX s vlnovou délkou 46,88 nm se ukázala být dostačující pro silnou ablaci PMMA vzorků jediným laserovým pulzem i při relativně velké laserové stopě. Vyablované kontaktní reliéfní obrazce mřížek jsou velmi kvalitní, hloubka pozorovaných jemných periodických difrakčních struktur je malá, takže pro praktické nanostrukturování je možno jejich vliv zanedbat. Provedené testy celého zařízení prokázaly jeho způsobilost pro náročné rentgenové litografické aplikace.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Koláček Karel RNDr. CSc.**

Spojení

266053224 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	[70] K. Kolacek, V. Prukner, J. Schmidt, O. Frolov, J. Straus: A potential environment for lasing below 15 nm initiated by exploding wire in water, Laser and Particle Beams, 28 (Mar 2010), 1, 61-67	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[D65] K. Kolacek, J. Straus, J. Schmidt, O. Frolov, V. Prukner, J. Sobota, T. Fort, A. Shukurov: EUV radiation	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

of pulsed high-current proximity-wall-stabilized discharges, a) 12th International Conference on X-ray Lasers, Gwangju, Korea, May 30 – June 4, 2010, Book of Abstracts, Ed. Jongmin Lee, and Chang Hee Nam, Oral presentation, p. 107, b) Conference Proceedings, to be published

- |    |   |                                   |     |
|----|---|-----------------------------------|-----|
| 03 | [D66] O. Frolov, K. Kolacek, J. Straus, J. Schmidt, V. Prukner, A. Shukurov: Generation and application of the soft X-ray laser beam based on capillary discharge, a) 15th International Congress on Plasma Physics & 13th Latin American Workshop on Plasma Physics, Santiago, Chile, August 8-13, 2010, Book of Abstracts, Oral presentation, p. 28, b) Journal of Physics Conference Series, IOP Publishing, to be published | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 04 | [D67] O. Frolov, K. Kolacek, J. Schmidt, J. Straus, V. Prukner: Focusing of soft X-ray laser beam, 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, Prague, Czech Republic, June 14-17, 2010, Book of Abstracts, Poster presentation, p. 133-134  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 05 | [D68] K. Kolacek, J. Straus, J. Schmidt, O. Frolov, V. Prukner, J. Sobota, T. Fort, A. Shukurov: Our first step to direct-writing XUV lithography, 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, Prague, Czech Republic, June 14-17, 2010, Book of Abstracts, Oral presentation, p. 128-129  | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 06 | [D69] J. Schmidt, K. Kolacek, O. Frolov, V. Prukner, J. Straus: Pre-pulse current measurement of the fast high-current capillary-discharge experiment, a) IEEE International Power Modulator and High Voltage Conference, Atlanta, GA, USA, May 23-27, 2010, 2010 IEEE IPMHVC Abstracts, Ed. F. Hegeler, R. M. Ness, Poster presentation, Paper No. 2P60, p. 172, b) Conference Proceedings, to be published                    | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 07 | [D70] J. Straus, J. Schmidt, K. Kolacek, O. Frolov, V. Prukner: Preparation of atomic nitrogen for capillary discharge laser, 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, Prague, Czech Republic, June 14-17, 2010, Book of Abstracts, Poster presentation, p. 85-86   | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 08 | [D71] J. Schmidt, K. Kolacek, O. Frolov, V. Prukner, J. Straus: Repetitive HV pulse power Marx generator, 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, Prague, Czech Republic, June 14-17, 2010, Book of Abstracts, Poster presentation, p. 142   | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |
| 09 | [D72] V. Prukner, K. Kolacek, J. Schmidt, O. Frolov, J. Straus, P. Hajek: Spectroscopy of the Ag-wire explosion   | D – článek ve sborníku (RIV 2009) | ANG |



in a closely coupled solid capillary, 37th IEEE International Conference on Plasma Science, Norfolk, VA, USA, June 20-24, 2010, IEEE Conference Record - Abstracts, IEEE Catalog Number: CFP10ICO-USB, ISBN: 978-1-4244-5475-4, ISSN: 0730-9244, Ed. M. Laroussi, C. Coverdale, J. Luginsland, Poster presentation, Paper No. 1P-39, p. 165

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/14/2010**

Název výsledku

Charakteristiky neutronové produkce na velkých pinčových zařízeních

### Abstrakt

Pracovníci Centra na FEL ČVUT pod vedením Pavla Kubeše pokračovali ve společných experimentech na velkém plazmovém fokusu PF-1000 v ústavu IPPLM ve Varšavě. Výsledky předchozích společných prací zabývajících transformací energie a dynamikou magnetických polí v magnetických pinčích publikovali v člancích [71-73, D76]. V roce 2010 provedli podrobná měření neutronové produkce v nové konfiguraci experimentu s uzavřenou čelní diskovou katodou. Registrovali přitom dva oddělené neutronové impulsy, z nichž první lze částečně připsat termonukleárním procesům [74,75,D73,D74]. Pro měření pulzních neutronových polí na zařízení PF-1000 byl použit též nový neutronový spektrometr s Bonnerovou sférou, na jehož vývoji a aplikaci se podíleli pracovníci Centra Josef Krása a Andryi Velyhan z FZÚ [76,77]. Výsledky obdobných společných experimentů na zařízení S-300 v Kurčatovově ústavu v Moskvě jsou obsahem článku [78].

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

Při experimentech na plazmovém fokusu PF-1000 s upravenou konfigurací elektrod byly při teplotě iontů 1,3 keV zaregistrovány termonukleární neutrony o celkovém počtu  $10^8$  neutronů v jednom výstřelu. Časově rozlišit signály pocházející od termojaderných a pomalejších netepelných neutronů umožnilo nové upořádání neutronových scintilačních detektorů. Experimentálně tak byla prokázána možnost vytvořit termonukleární plasma na výbojových zdrojích o proudech řádu 2 MA.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

V Centru vyvíjené nové techniky neutronové detekce a spektrometrie se osvědčily při experimentech na velkých pinčových zařízeních v zahraničí. Probíhající předběžné testy ukazují, že lze využít též při ICF-relevantních experimentech na laserovém systému PALS.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno **Kubeš Pavel prof. RNDr. CSc.**  
Spojení 224352311 kubes@fel.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	[71] P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, D. Klir, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, K. Tomaszewski, E. Zielinska: Transformation of the Pinched Column at the Time of Neutron Production, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 38, 2010, Special issue of Z-pinches, 672-679	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG
02	[72] P. Kubes, M. Paduch, T. Pisarczyk, M. Scholz, T. Chodukowski, D. Klir, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, L. Karpinski, K. Tomaszewski, E. Zielinska, M. J. Sadowski: Spontaneous Transformation of Magnetic	J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009)	ANG

Fields as a Mechanism which Regulate Dynamics in Plasma Focus, IEEE Transactions on Plasma Science 39, in print

- |    |   |   |     |
|----|---|---|-----|
| 03 | [73] P. Kubes, D. Klir, M. Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Scholz, E. Zielinska, B. Bienkowska, L. Karpinski, J. Kravarik, K. Rezac, I. Ivanova-Stanik, K. Tomaszewski, M. J. Sadowski, E. Zielinska: Some Comments to Energy Transformations in MA Plasma Focus Discharge, prepared for publication in IEEE TPS   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 04 | [74] D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, E. Litseva, K. Tomaszewski, M. Paduch, M. Scholz, L. Karpinski: Neutron detector for time-of-flight measurement in Z-pinch and plasma focus experiments, (zasláno do Rev. Sci. Instruments)  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 05 | [75] 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, (zasláno do Applied Physics Letters)   | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 06 | [76] M. Králík, J. Krása, A. Velyhan, M. Scholz, I. M. Ivanova-Stanik, B. Bienkowska, R. Miklaszewski, H. Schmidt, K. Řezáč, D. Klír, J. Kravárik, P. Kubeš: Application of a Bonner sphere spectrometer for determination of the energy spectra of neutrons generated by $\square$ MJ plasma focus, Rev. Sci. Instrum. 81 (2010) 113503(1) - 113503(5), doi: 10.1063/1.3488372, [IFAK: 1.521]  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 07 | [77] M. Králík, K. Turek, V. Vondráček, J. Krása, A. Velyhan, M. Scholz, I. M. Ivanova-Stanik: Measurement with Bonner spheres spectrometer in pulsed neutron fields, Radiation Measurements 45, 1245 (2010)  | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 08 | [78] D. Klir, J. Kravarik, P. Kubes, K. Rezac, J. Cikhardt, E. Litseva, T. Hyhlik, S. S. Ananov, Yu. L. Bakshaev, V. A. Bryzgunov, A. S. Chernenko, Yu. G. Kalinin, E. D. Kazakov, V. D. Korolev, G. I. Ustrov, A. A. Zelenin, L. Juha, J. Krása, A. Velyhan, L. Vyšín, J. Sonsky, I. V. Volobuev: Efficient production of 100 keV deuterons in deuterium gas puff Z-pinches at 2MA current, Plasma Phys. Control. Fusion 52 (2010) 065013(1) - 065013(17), doi: 10.1088/0741-3335/52/6/065013, [IFAK: 2.409] | J – článek v odborném periodiku (časopise) (RIV 2009) | ANG |
| 09 | [D73] P. Kubes et al: Mechanism of Production of Neutrons from D-D Reaction in PF and Z-pinch Discharges, The Ninth Kudowa Summer School  | D – článek ve sborníku (RIV 2009)                     | ANG |

„Towards Fusion Energy”, CD-ROOM Kudowa Zdrój,  
Poland, June 8 - 12, 2010

- 10 [D74] O. Šíla, P. Kubeš, D. Klir, J. Kravárik, K. Řezáč: D – článek ve sborníku ANG  
Fusion plasma diagnostics in the PF - 1000 device, CD- (RIV 2009)  
ROOM The Ninth Kudowa Summer School „Towards  
Fusion Energy”, Kudowa Zdrój, Poland, June 8 – 12,  
2010
- 11 [D76] P. Kubes, D. Klir, J. Kravárik, K. Rezac, M. D – článek ve sborníku ANG  
Paduch, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, M. Scholz, I. (RIV 2009)  
Ivanova-Stanik, L. Karpinski, K. Tomaszewski, M.  
Sadowski , E. Zielinska: Plasma Focus as Tool for  
Experimental Study of Spontaneous and Fast  
Reconnection, HEDLA 2010, March 15.-18.3 2010,  
Pasadena, Kalifornia USA Program and abstracts p.  
122

---

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo výsledku: **LC528/15/2010**

Název výsledku

Teoretické studium elektromagnetických polí generovaných laserovou jiskrou

### Abstrakt

Fokusováním svazku výkonového laseru do plynného prostředí lze simulovat účinek energetických událostí (jakými byly dopady meteoritů), o kterých se předpokládá, že v zemské primordiální atmosféře vyvolávaly syntézu jednoduchých organických látek, jako jsou některé aminokyseliny. Je ale zajímavé, že pokud jsou tyto molekuly opticky aktivní, nejsou ve vznikající směsi rovnoměrně zastoupeny pravo- a levotočivé optické isomery. Jelikož syntéza probíhá v plynném prostředí na základě procesů (impuls krátkovlnného záření, šíření rázové vlny), které samy o sobě nemohou vyvolat pozorovanou asymetrii, musí její příčina spočívat v nějakém vnějším vlivu. Nedávno navržený mechanismus předpokládá, že syntéza probíhá v přítomnosti pomalu proměnných vnějších elektromagnetických polí, která jsou rovněž generována laserovou jiskrou. Taková pole v okolí laserových jisker byla experimentálně skutečně identifikována a byl i učiněn pokus o jejich interpretaci.

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

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

## 2. INOVAČNÍ ASPEKTY

Popis inovačních aspektů daného výsledku

V uvedeném příspěvku [43] je provedena podobná analýza pro případ laserové jiskry v modelové zemské prvotní atmosféře během optického průrazu způsobeného laserovým impulsem. Výsledkem je rozložení elektrostatického pole dipólového typu, které spolu s magnetickým polem se siločárami ve tvaru uzavřených kružnice obklopuje plazma laserové jiskry. Intenzity těchto polí jsou v práci vyčísleny.

## 3. PŘÍNOSY

Popis konkrétních přínosů daného výsledku pro jeho uživatele

Tento výsledek a citovanou práci uvádíme samostatně pro jejich originalnost a nepochybný význam při úvahách o různých mechanismech vzniku organických sloučenin v pradávne atmosféře naší planety.

## 4. KONTAKTNÍ ÚDAJE GARANTA VÝSLEDKU

Celé jméno

**Rohlina Karel RNDr. CSc.**

Spojení

266052792 rohlina@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	[D43] K. Rohlina, M. Mašek: Electric and magnetic fields generated in the vicinity of laser sparks, Proc. of the 37th EPS Conference on Plasma Physics, Dublin, Ireland, 21 - 25 June, 2010, Vol. 34A, P4.215, ISBN 2-914771-62-2	D – článek ve sborníku (RIV 2009)	ANG

---

### 4.1.3. PLNĚNÍ DÍLČÍCH CÍLŮ

---

#### 4.1.3.1. 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 č. LP1001-LP1009, kap. 3.4. Realizovat vybrané experimentální projekty v rámci výzkumu koordinovaného konsorciem LASERLAB-EUROPE.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2010

#### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz podrobný popis uskutečněných aktivit a dosažených výsledků v kap. 2.2.1. a 4.1.2.

#### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz publikace citované v kap. 4.1.2. a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.

---

#### 4.1.3.1. 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 3.4 jako aktivity č. RL1001-RL1004.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2010

#### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz podrobný popis uskutečněných aktivit a dosažených výsledků v kap. 2.2.1. a 4.1.2.

#### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz publikace citované v kap. 4.1.2. a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.

---

#### 4.1.3.1. 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 jako perspektivního zdroje záření, v souladu s aktivitami č. KP1001-KP
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2010

##### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz podrobný popis uskutečněných aktivit a dosažených výsledků v kap. 2.2.1. a 4.1.2.

##### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz publikace citované v kap. 4.1.2. a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.

---

#### 4.1.3.1. 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 v rámci projektů HiPER-PP a ELI-PP. Viz aktivity č. LS1001-LS1005, kap. 3.4.
Plánované datum dosažení dílčího cíle	31.12.2010

##### INDIKÁTORY DOSAŽENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz podrobný popis uskutečněných aktivit a dosažených výsledků v kap. 2.2.1. a 4.1.2.

##### PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ VÝSTUPU - SKUTEČNĚ DOSAŽENÉ

Viz publikace citované v kap. 4.1.2. a seznam významných publikací v kap. 4.2.7.

---

---

#### 4.1.4. REDAKČNĚ UPRAVENÁ - TISKOVÁ ZPRÁVA

---

4.1.4.1. 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 a kapilárních laserů, laserujícího hustého plazmatu, laserové úpravy materiálů a jejich povrchů, na vývoj nových typů vysokorepetičních laserů i na aktivity v rámci Konsorcia LASERLAB-EUROPE byla dokončena příprava realizace obou velkých "spin-off" projektů ELI-Beamlines a HiLASE 1. a 2. PO Operačního Programu VaVpl.

4.1.4.2. 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 and capillary lasers, lasing dense plasmas, laser modification of materials and their surfaces, on essentially new types of high-repetition lasers as well as on the activities in the LASERLAB-EUROPE framework, preparations of the realization phases of both large "spin-off" project ELI-Beamlines and HiLASE have been completed.

---



#### 4.1.5. PLNĚNÍ PODMÍNEK PROGRAMU

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

Jak bylo zdůrazněno již v předešlých průběžných zprávách za léta 2005 až 2009, 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.

##### Magisterské studium

Na činnosti Centra se v roce 2010 podílelo nejméně 10 studentů ČVUT již v rámci svých bakalářských studijních programů (Vladimír Bísek, David Fridrich, René Grežďo, Petr Hruška, Matěj Klíma, Aleš Prchal, Bohumil Vítovec a Jiří Vyskočil na FJFI a Jakub Cikhardt a Jiří Stodůlka na FEL). Aleš Prchal a Jiří Vyskočil v roce 2010 obhájili na problematice řešené v Centru své bakalářské práce a pokračují v práci v Centru v rámci magisterského studia. Bakalářské práce obhájili rovněž J. Cikhardt a Jiří Stodůlka (na FS).

Do práce Centra bylo koncem roku 2010 aktivně zapojeno celkem 15 magisterských studentů: Tomáš Burian, Adam Darebníček, Jakub Havlík, Jiří Hanuš, Petr Kubín, Jan Prokůpek, Aleš Prchal, Miroslav Staněk, Michal Šmíd, Jan Velechovský a Jiří Vyskočil (všichni FJFI), Jiří Hitchfel a M. Filingerová (FEL), M. Kamas (PřF UK) a J. Žigmond (FBMI ČVUT).

Jiří Hirschfel (FEL ČVUT) obhájil v roce 2010 na problematice Centra diplomovou práci s názvem "Studium fúzní reakce deuterium-deuterium na aparatuře PF-1000" a T. Burian (FJFI ČVUT) diplomovou práci nazvanou "Charakterizace svazků extrémních ultrafialových a rentgenových laserů různých typů". Oba budou v práci v Centru pokračovat jako doktorandi.

V roce 2010 obhájili své diplomové práce na základě výsledků získaných v laboratořích Centra nebo pod vedením pracovníků Centra rovněž M. Filingerová ("Vlastnosti energetických částic v silnoproudých výbojích", FEL ČVUT), M. Kamas ("Vznik organických molekul iniciovaný procesy o vysoké hustotě energie v planetárních atmosférách", PřF UK) a J. Žigmond ("Technické podmínky pro využití kapilárního laseru s vlnovou délkou 46,9 nm v radiobiologii", FBMI ČVUT).

Michal Šmíd se podílel na experimentu v laboratoři PALS rámci aktivity LP10\_10, vedoucím jeho magisterské práce je O. Renner, FZÚ. Na stejném experimentu se podílel rovněž Jan Velechovský (vedoucím jeho magisterské práce je R. Liska, FJFI). Jan Prokůpek je zapojen do práce v Sekci výkonových systémů FZÚ.

##### 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 Klíma - "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.). V červnu 2010 získal 3. cenu v soutěži o cenu Milana Odehnala (soutěž o nejlepší vědeckou práci mladých fyziků organizovaná ČFS a JČMF).

#### 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 je 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. Kravárik, 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.

Ing. Karel Řezáč (školitel P. Kubeš, FEL) dokončoval doktorskou disertační práci "Time-Resolved Energy Neutron Spectra in Fusion Reactions" Termín odevzdání práce byl posunut do roku 2011, aby do ní mohla být zahrnuta interpretace nových experimentálních dat o energetických spektrech neutronů, získaných koncem roku 2010.

V doktorském studiu v roce 2010 pokračovali nebo je započali:

Ing. Luboš Bednárik, 2. ročník., FJFI, obor Matematické inženýrství. (školitel R. Liska, FJFI ČVUT) – numerické metody pro řešení fluidních rovnic

Ing. Tomáš Burian – 1. ročník (školitel J. Wild, KFPP MFF UK, škol. spec. L. Juha, FZÚ) téma Spektroskopické studium interakce fokusovaného svazku rentgenového laseru s hmotou.

Ing. Martin Divoký – připravuje k obhajobě disertační práce v oblasti disperze a diagnostiky fs optických pulzů s názvem "Disperzní systémy pro velmi krátké optické impulsy" (vedoucí V. Kubeček, FJFI, konzultant P. Straka, FZÚ).

Ing. Michal Drahoukoupil – 4. ročník (školitel V. Kubeček, FJFI), téma "Metody zvyšování kontrastu femtosekundového laseru. M. Drahoukoupil ukončil doktorské studium i členství v centru k 31. 12. 2010.

RNDr. Mgr. Martin Ferus - 3. 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 – byl přijat do doktorského studia na FEL.

Ing. Pavel Homer – 7. ročník, (školitel J. Bernard, FS ČVUT, škol. spec. B. Rus, FZÚ) připravuje k obhajobě disertační práci na téma "Vývoj detektoru vlnoplochy rentgenového svazku s výstupem na fázový korektor".

Ing. Jaroslav Huynh – 2. ročník (školitel M. Kálal, FJFI, škol. spec. H. Turčičová, FZÚ). Až do konce roku 2010 pracoval v laboratoři SOFIA.

Ing. Jakub Hübner – 4. 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". V roce 2010 prezentoval svou práci týkající se výpočtu inverse populace v pinčujícím uhlíkovém kapilárním výboji na mezinárodní konferenci EPS2010 v Dublinu.

V listopadu 2010 prezentoval své výsledky na mezinárodním semináři ČVUT "X-Ray And XUV Plasma Sources and Application".

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" V červnu 2010 se umístil na 3. místě v soutěži o cenu Milana Odehnala (soutěž o nejlepší vědeckou práci mladých fyziků organizovaná ČFS a JČMF) a v listopadu 2010 obdržel cenu Doctorandus v soutěži organizované společností Česká hlava). ročník obhajoba 2011

Ing. Jiří Kortánek – nastoupil do doktorského studia na FEL.

Ing. Miroslav Krůs, 3. ročník doktorského studia na FJFI (školitel J. Limpouch, škol. spec. T. Mocek a D. Margarone, FZÚ), téma "Urychlování elektronů pomocí laserů". V průběhu roku přestoupil ze zaměření „Experimentální jaderná fyzika“ a nastoupil do oddělení 54 Sekce výkonových systémů FZÚ.

Mgr. Petr Kubelík – 1. ročník doktorského studia na PřF UK, pracuje v oddělení 52 Sekce výkonových systémů FZÚ.

Ing. Ekaterina Litseva - 4. ročník (školitel P. Kubeš, FEL) připravuje doktorskou disertační práci s názvem "Neutron Signal Processing and Interpretation in Z-Pinch Discharges".

Ing. Michaela Martínková - 5. ročník, téma "Komplexní interferometrie laserového plazmatu" (školitel M. Kálal, FJFI). V roce 2010 úspěšně složila státní doktorskou zkoušku.

Ing. Jaroslav Nejd, 2. 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 - 3. ročník (školitel A. Jančárek, FJFI), téma "Buzení laserů v XUV oblasti".

Ing. Ondřej Novák – 5. ročník doktorského studia na FJFI (školitel H. Turčičová, škol. spec. P. Straka, oba FZÚ), připravuje doktorskou disertační práci na téma "Optické parametrické děje s pulzy femtosekundového laseru". Až do konce roku 2010 se v laboratoři SOFIA zabýval diagnostikou parametricky zesílených laserových pulzů se širokým spektrem.

Ing. Veronika Picková - 4. ročník, téma: "Studium fokusace EUV záření pinčujícího kapilárního výboje" (školitel L. Pína, FJFI). V roce 2010 úspěšně složila státní doktorskou zkoušku.

Mgr. Peter Pira – 2. 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 - 3. ročník doktorandského studia na FJFI, obor Fyzikální inženýrství, téma "Využití SBS fázové konjugace pro inerciální fúzi" (školitel M. Kálal). V roce 2010 úspěšně složil státní doktorskou zkoušku.

Ing. Martin Smrž, (vedoucí V. Kubeček, FJFI konzultant P. Straka, FZÚ) připravuje k obhajobě disertační práci na téma "Diagnostika laserových svazků s velmi krátkými impulsy". V laboratoři SOFIA se zabýval vývojem nové techniky měření femtosekundových laserových pulzů.

Ing. Martina Toufarová – 3. 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. Luděk Vyšín – 3. ročník (školitel P. Kubeš, KF FEL, škol. spec. L. Juha, FZÚ), obor Fyzika plazmatu, téma "Srovnání jednorázové a opakované radiační zátěže různých materiálů exponovaných fúzním plazmatem".

Celkem se tedy v roce 2010 na aktivitách Centra různými formami podílelo 27 doktorandů, z nichž 3 v tomto roce úspěšně obhájili své doktorské disertační práce.

---

#### **4.1.6. PLNĚNÍ SMLOUVY O SPOLUPRÁCI**

---

Příloha 4.1.5. Plnění smlouvy o spolupráci - se pro tento program nezpracovává.

---

---

## 4.2. DALŠÍ PŘÍLOHY - rok 2010

---

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

---

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

---

---

#### 4.2.2. Ostatní (např. možné využití výsledků) - seznam

---

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

---

---

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

---

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

---

---

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

---

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

---



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

	Pořadí	Soubor
	1	<b>LC528_Zapis z rady z 110210_def</b> soubor MS Word <a href="#">LC528_Zapis Rada 110210.doc</a> (32 kB )
	2	<b>LC528 Rada per rollam 231210</b> soubor MS Word <a href="#">LC5287 Rada per rollam 231210.doc</a> (30 kB )

---

#### **4.2.6. Návrh dodatku ke smlouvě na řešení projektu se zdůvodněním - seznam**

---

Příloha 4.2.6. Návrh dodatku ke smlouvě na řešení projektu se zdůvodněním - pro tento program se nezpracovává.

---

---

#### 4.2.7. Seznam významných publikací - seznam

---

	Pořadí	Soubor
	1	<b>Publikace CLP 2010_def</b> soubor Ms Word <a href="#">publikace CLP 2010_def.doc</a> (237 kB )

---

---

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

---

	Pořadí	Soubor
	1	<b>LC528_2010 seznam studentu</b> Dokument MS Word <a href="#">LC528_2010_seznam_studentu.doc</a> (77 kB )

---