

Rámcové téma práce č. 1:

Kompaktní systém pro čerpání mikročipových laserů s krystalem Nd:YAG

Typ práce: VÚ, BP

Vedoucí práce: Ing. J. Šulc, Ph.D.¹

Konzultant(i): prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.², Ing. R. Švejkar³

Student(ka):

Abstrakt: Mikročipový laser je kompaktním zdrojem laserového záření, kdy aktivní prostředí a rezonátor tvoří jeden celek s milimetrovými rozměry. Aby bylo dosaženo kompaktnosti a mobility celého laserového systému, je třeba rozměrům mikročipového laseru přizpůsobit i zdroj čerpacího záření a příslušnou optickou soustavu, která toto záření k mikročipovému laseru přivádí. Její správný návrh má přitom zásadní vliv na celkovou účinnost zkonstruovaného laseru. Mezi nejrozšířenější aktivní prostředí mikročipových laserů patří krystaly dopované ionty neodymu Nd^{3+} , konkrétně Nd:YAG, pro jehož čerpání se často používá laserová dioda emitující záření na vlnové délce 808 nm. Cílem práce je seznámit se jak s problematikou těchto mikročipových laserů, tak s návrhem optických systémů pro jejich čerpání a následně realizovat diodově čerpaný Nd:YAG mikročipový laser a s využitím dostupných komponent se pokusit optimalizovat čerpací systém.

¹<mailto:jan.sulc@jfifi.cvut.cz>

²<mailto:helena.jelinkova@jfifi.cvut.cz>

³<mailto:richard.svejkar@jfifi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 2:

Vybrané aplikace mikročipového laseru Yb:YAG/Cr:YAG

Typ práce: VÚ, BP

Vedoucí práce: Ing. J. Šulc, Ph.D.⁴

Konzultant(i): prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.⁵, Ing. R. Švejkar⁶

Student(ka):

Abstrakt: Q-spínaný mikročipový laser na bázi kombinace krystalů Yb:YAG/Cr:YAG je kompaktní zdroj vysoce stabilních nanosekundových impulzů. Parametry generovaného záření přitom dosahují hodnot, které umožňují jeho přímé použití v mnoha aplikacích, ke kterým patří např. měření vzdáleností, měření prahu optického poškození materiálů, nebo spektroskopie laserem buzeného plazmatu (LIBS). Cílem práce je seznámit s problematikou tohoto typu laseru, sestavit vlastní laserový systém a ověřit jeho využitelnost při měření prahu poškození optických látek nebo pro spektroskopii laserem buzeného plazmatu.

⁴<mailto:jan.sulc@fjfi.cvut.cz>

⁵<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

⁶<mailto:richard.svejkar@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 3:

Optické materiály s nízkou energií fononů dopované ionty vzácných zemin

Typ práce: VÚ, BP

Vedoucí práce: Ing. J. Šulc, Ph.D.⁷

Konzultant(i): Ing. R. Král, Ph.D., Ing. R. Švejkar⁸

Student(ka):

Abstrakt: Významným tématem současné laserové techniky je konstrukce pevnolátkových laserů generujících a zesilujících záření dále ve střední infračervené oblasti (vlnové délky záření 3000 nm a delší). Tyto zdroje mají velký aplikační potenciál ve spektroskopii, v telekomunikacích, v medicíně, ale i při generaci ultrakrátkých impulzů. Předpokladem pro konstrukci těchto laserů je nalezení vhodných aktivních prostředí, neboť dnes běžně dostupné materiály pro tento účel nejsou vhodné. Jedním z důvodů jsou relativně vysoké frekvence vlastních kmitů jejich krystalické mřížky - fononů. Vlivem těchto fononů dochází k nežádoucí depopulaci elektronových hladin opticky aktivní příměsi, které se pak nemohou uplatnit při laserové akci právě ve střední infračervené oblasti. To motivuje intenzivní výzkum optických materiálů s nízkou energií fononů. Cílem práce bude seznámení se s problematikou těchto materiálů a provedení základních spektroskopických měření na dostupných vzorcích lanthanoidy dopovaných krystalů KLuS₂, LiLuS₂, PbGa₂S₄, a RbPb₂Cl₅ v co nejširším spektrálním rozsahu.

⁷<mailto:jan.sulc@jfifi.cvut.cz>

⁸<mailto:richard.svejkar@jfifi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 4:

Kryogenně chlazené diodově čerpané pevnolátkové lasery s aktivním prostředím Er:GGAG

Typ práce: VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. R. Švejkar⁹

Konzultant(i): Ing. J. Šulc, Ph.D.¹⁰, prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.¹¹

Student(ka):

Abstrakt: Laserové matrice GGAG (Gadolinium-galium-aluminium-granát) dopované ionty erbia (Er^{3+}) umožňují generovat laserové záření v oblasti vlnových délek 1.6 a 2.8 μm . První zmíněná vlnová délka je zajímavá pro aplikace, jako jsou lidary, dálkoměry a optické komunikace. Druhá vlnová délka je velmi blízko absorpčnímu maximu vody, které se nachází na 3 μm . Z toho důvodu jsou lasery generující tuto vlnovou délku zajímavé pro medicínské aplikace (stomatologie, chirurgie, oftalmologie, aj.). Jelikož se jedná o nové aktivní prostředí, na jehož vývoji pracujeme s Akademií věd České republiky, student bude mít možnost podílet se na novém výzkumu. Cílem této práce bude seznámit se s pevnolátkovými lasery dopovanými erbiovými ionty a rovněž s využitím kryogenních systémů pro chlazení pevnolátkových aktivních prostředí. V rámci experimentální práce budou měřeny základní charakteristiky aktivního prostředí Er:GGAG jako jsou absorpční a fluorescenční spektra v závislosti na teplotě. Dále pak navržení a sestavení laserového rezonátoru v komoře kryostatu a následně proměření výstupních charakteristik zkonstruovaného laseru.

⁹<mailto:richard.svejkar@fjfi.cvut.cz>

¹⁰<mailto:jan.sulc@fjfi.cvut.cz>

¹¹<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 5:

Výstupní charakteristiky oku-bezpečného laserového systému

Typ práce: BP

Vedoucí práce: Ing. M. Němec, Ph.D.¹²

Konzultant(i): prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.¹³

Student(ka):

Abstrakt: Oku-bezpečné laserové systémy mají již podle svého označení širokou škálu využití. Generace záření v této oblasti elektromagnetického spektra může být dosaženo různými metodami. V této práci se zaměříme na diodově čerpané pevnolátkové lasery na bázi iontu erbia (např. krystal Er:YAG) při využití rezonančního čerpání, které minimalizuje tepelné ztráty v aktivním prostředí. Cílem práce bude seznámit se jak s čerpací diodou a aktivním prostředím, tak především provést charakteristiku výstupních parametrů záření při optimalizaci laserového rezonátoru.

¹²<mailto:michal.nemec@fjfi.cvut.cz>

¹³<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 6:

Diodově čerpaný mikročipový laser s krystalem alexandritu

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: Ing. M. Fibrich, Ph.D.¹⁴

Konzultant(i): Ing. J. Šulc, Ph.D.¹⁵, prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.¹⁶

Student(ka):

Abstrakt: Mikročipový laser je kompaktním zdrojem laserového záření, kdy aktivní prostředí a rezonátor tvoří jeden celek s milimetrovými rozměry. Díky této geometrii jsou, ve srovnání s otevřeným rezonátorem, minimalizovány ztráty rezonátoru, což má příznivý vliv na výstupní účinnost celého systému. Mezi zajímavé aktivní prostředí patří krystal alexandritu, který umožňuje generaci vlnových délek jak ve viditelné tak blízké infračervené oblasti. Pro čerpání lze použít laserové diody v modrém i červeném spektrálním pásmu. Za zmínku stojí, že ve srovnání s ostatními hojně rozšířenými laserovými krystaly, alexandrit “pracuje” lépe za zvýšené teploty (dáno strukturou jeho energetických hladin). Cílem práce je seznámit se s problematikou tohoto typu laseru, navrhnout vhodný čerpací systém a následně realizovat vlastní alexandritový laserový systém umožňující generaci jak ve viditelné tak blízké infračervené spektrální oblasti.

¹⁴<mailto:martin.fibrich@fjfi.cvut.cz>

¹⁵<mailto:jan.sulc@fjfi.cvut.cz>

¹⁶<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 7:

Optimalizace diodově buzeného Nd:CaF₂/SrF₂ laseru generujícího sub-pikosekundové pulsy

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.¹⁷

Konzultant(i): Ing. M. Jelínek, Ph.D.¹⁸

Student(ka):

Abstrakt: Lasery s aktivním iontem neodymu Nd³⁺ jsou široce využívány pro laboratorní i průmyslové aplikace. Stále však probíhá výzkum nových matic pro tento aktivní iont, které by umožnily generaci kratších laserových pulsů, než je možné s maticemi standardními. V posledních letech jsou zkoumány fluoridové matrice (CaF₂, SrF₂), které významně ovlivňují vlastnosti aktivního iontu a nabízí také možnosti generace sub-pikosekundových pulsů. Cílem práce je nejprve seznámení s měřením a vyhodnocením základních spektroskopických vlastností (např. absorpčního a fluorescenčního spektra) daných materiálů. Dále potom seznámení s laserovým systémem, který je vyvíjen na KFE FJFI a umožňuje generaci sub-pikosekundových pulsů. Hlavními cíli práce jsou testování různých neodymem-dopovaných materiálů a dále potom celková optimalizace systému pro generaci co nejkratších laserových pulsů. V rámci práce se také seznámíte s metodami měření sub-pikosekundových pulsů.

¹⁷<mailto:vaclav.kubecek@fjfi.cvut.cz>

¹⁸<mailto:michal.jelinek@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 8:

Optimalizace diodově buzeného Tm:CaF₂ laseru generujícího v oblasti 2 μm v režimu synchronizace módů

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.¹⁹

Konzultant(i): Ing. M. Jelínek, Ph.D.²⁰

Student(ka):

Abstrakt: Lasery s aktivním iontem thulia Tm³⁺ nabízí možnost generace záření v infračervené spektrální oblasti okolo 2 mikrometrů, která má potenciální uplatnění v medicíně i dalších oborech. V posledních letech jsou zkoumány fluoridové matrice (například CaF₂), které nabízí možnost ladění vlnové délky laseru v širokém rozsahu a dále generaci ultrakrátkých pulsů. Cílem práce je seznámení s měřením a vyhodnocením základních spektroskopických vlastností (např. absorpčního a fluorescenčního spektra) daného materiálu a dále potom návrh, konstrukce, optimalizace a měření výstupních parametrů laseru s aktivním materiálem Tm:CaF₂.

¹⁹<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

²⁰<mailto:michal.jelinek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 9:

Femtosekundový Ti:safírový oscilátor

Typ práce: DP

Vedoucí práce: Ing. M. Frank²¹

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.²²

Student(ka): (Bc. Jan Olšan)

Abstrakt:

²¹<mailto:frankmil@jfji.cvut.cz>

²²<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 10:

Kompaktní, diodově buzený Nd:YVO₄ laser generující v kontinuální synchronizaci módů

Typ práce: RP, BP

Vedoucí práce: prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.²³

Konzultant(i): Ing. M. Frank²⁴

Student(ka):

Abstrakt: Pevnolátkové lasery s aktivním iontem neodymu Nd³⁺ jsou široce využívány pro laboratorní i průmyslové aplikace. Díky možnostem účinného čerpání pomocí laserových diod jsou tyto lasery velmi vhodné pro generaci laserového záření na vlnových délkách v okolí 1060 nm. Mezi nejvýznamnější představitele této skupiny laserů patří i Nd:YVO₄, které vyniká vysokým ziskem nad nejznámějším Nd:YAG laserem. Cílem této práce je návrh, realizace a optimalizace kompaktního, diodově buzeného laserového systému generujícího laserové impulsy v pikosekundové oblasti pomocí satureovatelného absorbéru. Hlavní důraz bude kladen na dosažení časově stabilního laserového záření v základním příčném módu. Tento nízko-výkonový oscilátor by byl následně použit jako hlavním oscilátor pro zesilovače v systému MOPA (master oscillator – power amplifier) pro dosažení vyššího špičkového výkonu.

²³<mailto:vaclav.kubecek@fjfi.cvut.cz>

²⁴<mailto:frankmil@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 11:

Širokopásmový opticko-vláknový thuliem dopovaný zdroj zesílené spontánní emise

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Aubrecht, Ph.D. (ÚFE AV ČR, FJFI)²⁵

Konzultant(i): Ing. P. Peterka, Ph.D. (ÚFE AV ČR)²⁶

Student(ka):

Abstrakt: Optická vlákna jsou pro své vlastnosti a četné výhody v posledních letech využívána nejen v telekomunikacích, ale i pro mnohé průmyslové aplikace. Optická vlákna dopovaná ionty thulia (Tm^{3+}) umožňují generovat světelné záření v okolí vlnové délky 2 mikrometrů. Tato spektrální oblast je speciálně žádaná pro medicínské, průmyslové i senzorické aplikace. Světelné zdroje založené na generaci zesílené spontánní emise v thuliem dopovaných optických vláknech nabízejí oproti jiným širokopásmovým zdrojům na bázi generace superkontinua vysokou stabilitu spektrální výkonové hustoty. Její hodnoty současně o několik řádů převyšují hodnoty tradičních zdrojů záření (halogenové nebo xenonové žárovky). Širokopásmový zdroj využívá thuliem dopovaná optická vlákna se zvýšenou účinností fluorescence a kombinuje spontánní emisi šířící se v dopředném i zpětném směru.

Cílem této experimentální práce je seznámit se s vlastnostmi optických vláken obsahující thuliové ionty, naměřit základní charakteristiky aktivního prostředí, navrhnout a sestavit vláknový zdroj zesílené spontánní emise a změřit výstupní charakteristiky zkonstruovaného zdroje.

Práce bude realizována na Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR v oddělení Vlákenné lasery a nelineární optika.

²⁵aubrecht@ufe.cz

²⁶peterka@ufe.cz

Rámcové téma práce č. 12:

Polarimetrie tepelně zatížených optických komponent laserového systému Bivoj

Typ práce: VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. O. Slezák, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)²⁷

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.²⁸

Student(ka):

Abstrakt: Optické komponenty (především zesilovače, ale i jiné) jsou v kilowattovém 100 J multi-slabovém laserovém systému Bivoj vystaveny vlivu nehomogenního zahřívání v důsledku absorpce laserového a čerpacího záření. Indukované změny teploty vedou ke změnám optických vlastností materiálu, který se působením mechanického napětí stává dvojlomným.

Cílem práce bude navrhnout vhodný způsob polarimetrického měření dvojlomných vlastností materiálu s prostorovým rozlišením, návrh a realizace měření a podrobná analýza získaných dat. Pro výslednou analýzu bude třeba určit kompletní Muellerovu matici dané optické soustavy s prostorovým rozlišením po průřezu svazku. Výsledné údaje o indukovaných dvojlomných vlastnostech budou využity pro ověření teoretických tepelně-optických výpočtů a pro návrh redukce, případně kompenzace vzniklých tepelně-optických jevů v laseru Bivoj.

²⁷<mailto:slezako@fzu.cz>

²⁸<mailto:vaclav.kubecek@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 13:

Diagnostika výstupního svazku 100J kilowattového více-deskového laseru Bivoj

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Pilař, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)²⁹

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.³⁰

Student(ka):

Abstrakt: Diagnostika svazku vysoko-výkonového laseru představuje základní zdroj dat pro charakterizaci výstupního svazku a také zpětnou vazbu různých optimalizačních systémů. V současnosti je diagnostická větev laseru Bivoj závislá na polarizaci svazku. Úkolem studenta bude seznámit se současným návrhem diagnostické větve a s dalšími možnostmi získávání nízkoenergetického signálu pro diagnostiku. Následně navrhne vhodné polarizačně nezávislé řešení pro diagnostiku systému Bivoj včetně nového uspořádání. Součástí práce bude i návrh začlenění nových diagnostických prvků, které v současné diagnostice chybí.

²⁹<mailto:pilar@fzu.cz>

³⁰<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 14:

Tvarování ns pulsů pro vysokoenergetický laserový systém Bivoj

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Divoký, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³¹

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.³²

Student(ka):

Abstrakt: Kilowattový 100 J multi-slabový laserový systém Bivoj deformuje tvar obálky pulsu kvůli vyčerpání zisku v koncových zesilovačích. Tato deformace se kompenzuje vhodným tvarem obálky vstupního pulsu. V rámci práce bude třeba vytvořit model zesílení v laserovém řetězci, experimentálně ho ověřit a naprogramovat elektro-optický modulátor tak, aby na výstupu laserového řetězce byl dosažen požadovaný tvar pulsu.

³¹<mailto:divoky@fzu.cz>

³²<mailto:vaclav.kubecek@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 15:

Aplikace adaptivní smyčky k optimalizaci fokusu laserového svazku

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Pilař, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³³

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.³⁴

Student(ka):

Abstrakt: Kilowattový 100J multi-slabový laserový systém Bivoj je využíván pro testování meze poškození optických materiálů. Pro takové experimenty je zapotřebí vysoce kvalitní svazek s jasně definovaným fokusem. Během šíření svazku od výstupu laseru k testovací komoře dochází k degradaci vlnoplochy svazku a výsledný fokus není ideální. Cílem práce bude vývoj systému pro řízení deformovatelného zrcadla, který bude schopen optimalizovat laserový fokus, demonstrace jeho funkce a následná implementace v místě testovací stanice

³³<mailto:pilar@fzu.cz>

³⁴<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

Date: 21.05.2019

Laser plasma electron accelerators for medical applications

Bachelor or Master Thesis

Abstract

Laser-plasma accelerators are the new frontier for compact particle accelerators. By using ultrashort high-power lasers it is possible to accelerate electrons up to GeV energies in few cm distances. This revolutionary technology has the potential to be used for different medical applications. In particular, the use of this technology to treat cancer and to produce medical radioisotopes is being investigated in these years.

The candidate work will be done in the Electron Acceleration Group at ELI-Beamlines and will consist in the understanding of the physics underlying the interaction of the electron beams with the matter, and in the study of the advantages of this new technique over the existing solutions.

The specific Thesis goal will be chosen according to the candidate's interest. The work could be either focused on simulations, experiments, or a combination of both. The candidate will be trained on the software and hardware required to accomplish the Thesis goals.

Supervisor

Gabriele M. Grittani

GabrieleMaria.Grittani@eli-beams.eu

Date: 21.05.2019

Laser diagnostics for a laser-plasma electron accelerator

Bachelor Thesis

Abstract

Laser-plasma accelerators are the new frontier for compact particle accelerators. By using ultrashort high-power lasers it is possible to accelerate electrons up to GeV energies in few cm distances. However, to fully exploit this potential, the laser parameters at the point of interaction must be fully measured in space and time, and hence optimized to have the highest intensity possible.

The candidate work will be done in the Electron Acceleration Group at ELI-Beamlines and will consist in the short laser pulse description and characterization in general, having an overview of the analytical description of the laser pulse and all the basic diagnostics usually needed in a real experiment. Particular attention will be given to one advanced diagnostics device (for ex. pulse duration measurement by spectral interferometry or spatial profile imaging).

The candidate is expected to implement a measurement technique in a real laboratory setup, by installing a device and doing data analysis.

No particular software skill is required, data analysis and presentation will be done in Matlab.

Supervisor

Carlo M. Lazzarini

CarloMaria.Lazzarini@eli-beams.eu

Rámcové Téma (BP, VÚ, DP)

Multibarevné laserové pole pro generaci vysokých harmonických frekvencí.

Generace vysokých harmonických frekvencí (HHG) je silně nelineární jev, kdy interakci vysoce intenzivního laserového záření (intensity až 10^{15} W.cm⁻²) dochází ke generaci plně koherentních attosekundových impulzů ($\tau \approx 10^{-18}$ s) v oblasti XUV až RTG vlnových délek. Tento jev se dá popsat modelem, kdy působením laserového záření na atomy plynu dochází k ionizaci, tj. Uvolnění elektronů, jejich následnému urychlování a zpětné rekombinaci s původním iontem vedoucí k emitování vysokoenergetického fotonu. Takovéto záření je vhodné pro mnoho nových metod studování ultrarychlých fyzikálních i chemických jevů.

Jedna z nevýhod generace vysokých harmonických frekvencí je relativně slabá účinnost tohoto jevu. Jedna z cest pro vylepšení účinnosti ale i užitečných vlastností jako je třeba polarizace, je použití multibarevného laserového pole. Takovéto laserové záření je obvykle složeno z původní složky a z její druhé harmonické (poloviční vlnová délka). Ukazuje se, že jedna z možností vylepšení je použití širokospektrálního pole v THz oblasti vlnových délek (vlnové délky v daleké IR oblasti v rozmezí 10 μ -100 μ m).

Vedoucí práce:

Ondřej Hort, Ph. D. Ondrej.Hort@eli-beams.eu

Konzultanti:

Ing. Matej Jurkovič matej.jurkovic@eli-beams.eu

Ing. Petr Gavrilov, CSc. petr.gavrilov@jfifi.cvut.cz

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 19:

Optimalizace časových parametrů a tvarování impulzů vysokovýkonného pikosekundového laserového systému. Temporal optimization and pulse-shaping of high-power picosecond laser system

Typ práce: DP

Vedoucí práce: Ing. M. Smrž, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³⁵

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem diplomové práce je podrobně charakterizovat laserové parametry jednotlivých stupňů pikosekundového tenkodiskového laserového systému. Diplomant se zaměří zejména na časové charakteristiky, optimalizaci užití metody zesilování čerpovaných pulzů (tj. prodlužovače a kompresoru pulzů) a seznámí se mj. s měřicími metodami optické autokorelace a FROG a s časovým tvarováním impulzů.

³⁵<mailto:smrz@fzu.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 20:

Hybridní vláknový Yb předzesilovač sub-pikosekundových pulsů s Yb:YAG koncovým stupněm. Hybrid sub-picosecond Yb-fiber preamplifier with Yb:YAG booster amplifier

Typ práce: VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Smrž, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³⁶

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem diplomové práce je optimalizace vláknového předzesilovače na bázi ytterbia jako zdroje pulsů pro tenkodiskový CPA laser. Vláknový systém bude doplněn o tzv. monokrystalické vlákno, tj. Yb:YAG krystal s průměrem do 1 mm a délkou několik centimetrů, posilující výstupní výkon do oblasti 10-20 W. Student se zaměří na porovnání několika typů těchto vláken, provede srovnání s Yb:YAG prostředím o větším průměru z hlediska tepelné zátěže a navrhne optimální systém s maximálním středním výkonem.

³⁶<mailto:smrz@fzu.cz>

Rámcové téma práce č. 21:

Femtosekundový laser s Yb-dopovaným aktivním prostředím. Femtosecond Yb-doped laser

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Smrž, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³⁷

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je vývoj oscilátoru s Yb-dopovaným aktivním prostředím. Student vybere vhodné aktivní prostředí (tenký disk nebo miniaturní tyč, popř. vlákno, a vhodný materiál) a zvolí způsob generování pulsů. Student navrhne optický systém laseru, optimalizuje ho a provede charakterizaci jeho výstupního svazku a laserových pulsů. V případě potřeby student navrhne systém pro úpravu opakovací frekvence pulsů na požadovanou hodnotu. Práce proběhne pod vedením zkušených kolegů v laboratoři laserového centra Hilase.

³⁷<mailto:smrz@fzu.cz>

Rámcové téma práce č. 22:

Femtosekundový laser ve střední infračervené oblasti. Femtosecond mid-infrared laser

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Smrž, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³⁸

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je vývoj laseru s Ho nebo Tm-dopovaným aktivním prostředím. Student vybere vhodné aktivní prostředí (tenký disk nebo miniaturní tyč, popř. vlákno, a vhodný materiál) a zvolí způsob generování pulsů. Student navrhne optický systém laseru, optimalizuje ho a provede charakterizaci jeho výstupního svazku a laserových pulsů. V případě potřeby student navrhne systém pro úpravu opakovací frekvence pulsů na požadovanou hodnotu. Práce proběhne pod vedením zkušených kolegů v laboratoři laserového centra Hilase.

³⁸<mailto:smrz@fzu.cz>

Rámcové téma práce č. 23:

Automatizovaný skenovací detektor pro měření kvality svazku ve střední infračervené oblasti spektra

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. O. Novák, Ph.D. (FzÚ AV ČR, HiLASE)³⁹

Konzultant(i): Ing. M. Jelínek, Ph.D.⁴⁰

Student(ka):

Abstrakt: Důležitou charakteristikou laserového svazku je jeho kvalita, která se vyjadřuje parametrem M². Její stanovení vyžaduje určení průměru svazku v několika pozicích podél směru šíření svazku. Pro měření průměru svazku se používají vícebodové detektory (kamery) nebo jednobodové detektory. Před jednobodové detektory je umístěna ostrá hrana nebo štěrbinu, která postupně zakrývá (skenuje) měřený svazek. Ze změřené závislosti výkonu na pozici hrany či štěrbinu se pak určí průměr svazku. Uvedené detektory se též označují jako skenovací detektory.

V poslední době nabývají na významu laserové svazky o vlnových délkách spadajících do střední infračervené oblasti spektra (2 – 8 μm). Pro oblast středního infračerveného záření ovšem nejsou dostupné kamery s dostatečným rozlišením. Proto se pro měření profilů těchto svazků používají skenovací detektory. Cílem práce je vyvinout automatizovaný systém pro měření kvality svazku M², který bude založen na skenovacím detektoru a motorizovaném posuvu.

Práce bude probíhat v laboratoři laserového centra HiLASE.

³⁹<mailto:novakon@fzu.cz>

⁴⁰<mailto:michal.jelinek@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 24:

Testování lepidel pro lepení tenkodiskových aktivních prostředí

Typ práce: BP

Vedoucí práce: Ing. J. Cvrček⁴¹

Konzultant(i): Ing. M. Jelínek, Ph.D.⁴²

Student(ka):

Abstrakt: V optické dílně laserového centra HiLASE se zabýváme vývojem technologie lepení tenkých disků na kovové chladiče. Cílem bakalářské práce je osvojení si metody lepení a testování zhotovených vzorků za použití různých druhů lepidel. Student se v rámci práce seznámí s prací na interferometru, mikroskopu a dalším vybavením optické dílny a laserového centra.

10. 10. 2019

⁴¹<mailto:Jan.Cvrcek@fjfi.cvut.cz>

⁴²<mailto:michal.jelinek@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 25:

Eulerovské modelování interakce laserového záření s plazmatem

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: prof. Ing. J. Limpouch, CSc.⁴³

Konzultant(i): prof. Ing. R. Liska, CSc.⁴⁴

Student(ka):

Abstrakt:

10. 10. 2019

⁴³<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

⁴⁴<mailto:liska@siduri.fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 26:

Komprese chirpovaného pulsu ve femtosekundovém laserovém systému PULSAR a její optimalizace

Typ práce: BP

Vedoucí práce: Ing. P. Hříbek, CSc.

Konzultant(i): prof. Ing. J. Limpouch, CSc.⁴⁵

Student(ka):

Abstrakt:

⁴⁵<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 27:

Zlepšení parametrů impulsu femtosekundového laseru PULSAR

Typ práce: VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. P. Hříbek, CSc.

Konzultant(i): prof. Ing. J. Limpouch, CSc.⁴⁶

Student(ka):

Abstrakt:

⁴⁶<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 28:

Plazmové jevy při šíření pikosekundového laserového impulsu

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: prof. Ing. J. Limpouch, CSc.⁴⁷

Konzultant(i): Ing. P. Hříbek, CSc.

Student(ka):

Abstrakt:

⁴⁷<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 29:

Interakce laserového záření s plazmatem v podmínkách inerciální fúze

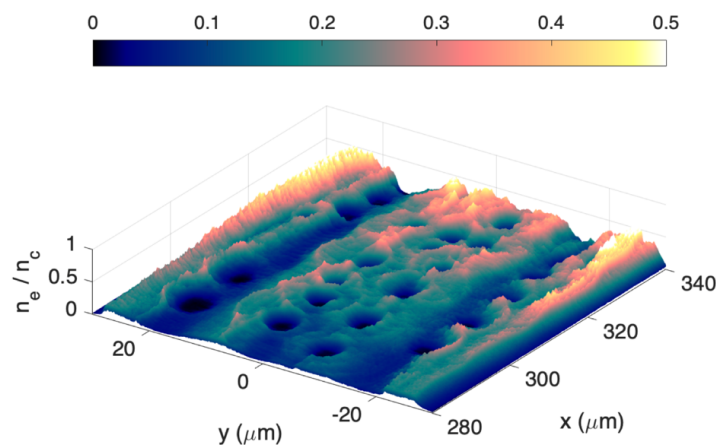
Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. O. Klimo, Ph.D.⁴⁸

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Klíčovým faktorem pro zapálení inerciální fúze je porozumění absorpce laserového záření a kontrola nelineárních procesů, ke kterým může dojít při šíření laserových impulzů skrz řídké plazma obklopující fúzní terč. Tyto procesy mohou vést k rozptylu laserového záření, vzniku horkých elektronů i rozpadu laserového svazku na filameny a nerovnoměrné absorpci energie a jsou pro efektivní zapálení fúzního terče nežádoucí. Cílem práce bude studium absorpce laserového záření v plazmatu za podmínek, které odpovídají zapálení inerciální termojaderné fúze. Studium bude probíhat pomocí výpočetně náročných částicových simulací na superpočítačích a přispěje k pochopení absorpčních procesů a nestabilit, které limitují efektivní zapálení fúzního terče. Rovněž bude studován vliv složení terče a silných externích magnetických polí, který mohou proces interakce výrazně ovlivnit. Tento výzkum se týká i současných experimentů na laseru PALS v ČR a dalších laserech v zahraničí a výzkum probíhá ve spolupráci s ELI Beamlines a výzkumným ústavem CELIA v Bordeaux ve Francii.



Obrázek 1: Elektronová hustota v okolí čtvrtiny kritické hustoty s viditelnými hustotními kavitami.

⁴⁸<mailto:ondrej.klimo@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 30:

Interakce intenzivního laserového záření s hustým podkritickým plazmatem

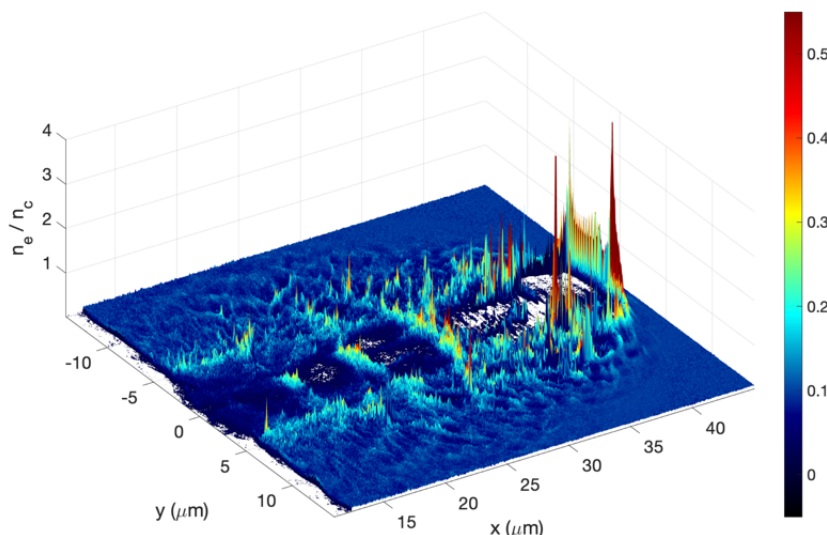
Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. O. Klimo, Ph.D.⁴⁹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: V poslední době je možné v experimentech s intenzivními lasery studovat interakci s terčí s hustotou blíží se kritické hustotě plazmatu pro dané záření. Takové terče mohou vzniknout jednak vytvořením hustého oblaku plynu nebo z velmi řídké pěny. Interakce laserového záření s těmito terči vede zpravidla k velmi efektivnímu urychlování elektronů (případně i iontů). Za tímto účelem by měla být v rámci navrhované práce studována interakce laserového záření s těmito terči pomocí numerických simulací metodou Particle in Cell. V rámci studovaného tématu se předpokládá provádění intenzivních výpočtů s pomocí již dostupných kódů na superpočítačích, analýza výsledků nebo například návrh optimálních parametrů pro budoucí experimenty. Tento výzkum probíhá ve spolupráci s ELI Beamlines.



Obrázek 1: Elektronová hustota v terči v průběhu interakce.

⁴⁹<mailto:ondrej.klimo@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 31:

Diagnostika iontů urychlených z plazmatu petawattovým laserem

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Dr. L. Giuffrida (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)⁵⁰

Konzultant(i): doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.⁵¹

Student(ka):

Abstrakt: Rozličné teoreticky popsané mechanismy by měly být schopné urychlit ionty z plazmatu interagujícího s extrémně intenzivním laserovým svazkem. Tyto ionty je pro ověření těchto teoretických konceptů třeba experimentálně spolehlivě detektovat. Tato práce se bude zabývat experimentální diagnostikou urychlených iontů, jejím testováním a současně vyhodnocováním naměřených dat (detektory měření doby průletu, radiochromické filmy, stopové detektory CR39). Vzhledem k zahraničnímu vedoucímu práce se předpokládá psaní práce v angličtině.

⁵⁰Lorenzo.Giuffrida@eli-beams.eu

⁵¹<mailto:jan.psikal@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 32:

Kinetické modelování laserového plazmatu pomocí Vlasov-Maxwellova kódu

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. Martin Mašek, Ph.D. (FzÚ AV ČR)⁵²

Konzultant(i): doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.⁵³

Student(ka):

Abstrakt: Vzhledem k rostoucí kapacitě stávajících i nově budovaných výpočetních systémů představují Vlasovovské simulace dobrou alternativu k populární metodě Particle-in-Cell (PIC). Jejich hlavní výhodou oproti metodě PIC je, že neobsahují šum, který může zakrýt drobné detaily rozdělovací funkce. Tyto detaily však na druhou stranu mohou hrát významnou roli pro celkový vývoj pozorovaného fyzikálního systému. Cílem práce by bylo podílet se na vývoji již existujícího Vlasovovského kódu a aplikovat jej na studium interakce intenzivního laserového impulzu s terčem. Vzhledem k bezšumovosti použité metody lze velmi dobře modelovat například vývoj parametrických nestabilit v koróně laserového plazmatu a na něj navázané další fyzikální efekty.

⁵²<mailto:masekm@fzu.cz>

⁵³<mailto:jan.psikal@fjfi.cvut.cz>

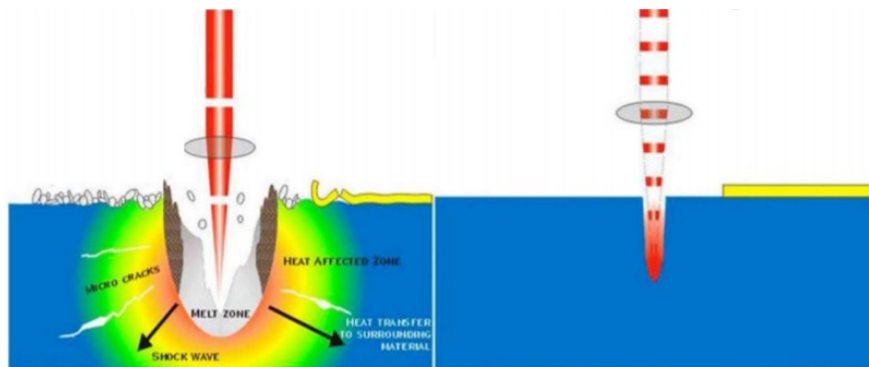
Řezání a vrtání speciálních kovových kompozitů

Kovové materiály a lehké konstrukce dosahují svých limitů v oblastech, kde musí odolávat silnému tribologickému, mechanickému nebo tepelnému namáhání. Tato slabina může být odstraněna při zachování nízké hmotnosti součásti cíleným a v některých případech částečným vyztužením kovu keramickými částicemi, případně vlákny. Tyto, tzv. kovové matricové kompozity (MMC) jsou relativně novým typem materiálu využívající především hliník, hořčík nebo titan.

Průmyslové využití těchto materiálů je omezeno obtížnou obrobiteľností s velkým opotřebením obráběcích nástrojů. Laserové obrábění má proto v této oblasti velký potenciál k nahrazení konvenčních nástrojů a zpřesnění, zlevnění a urychlení celého procesu.

Cílem této práce je ve spolupráci s Laserovým centrem HiLASE a The Manufacturing Technology Centre (MTC) ve Velké Británii je:

- Studovat a porozumět interakci laserového záření s krátkým a ultrakrátkým pulzem
- Navrhnout experiment s využitím laserových systémů a procesních stanic dostupných v laserovém centru HiLASE.
- Optimalizovat proces laserového obrábění hliníkového kompozitu vyztuženého karbidem křemíku s cílem dosáhnout vysoké rychlosti a přesnosti obrábění s minimální teplem ovlivněnou oblastí v okolí interakce splňující dané průmyslové standardy.



Obr. 1: Schématická ilustrace ablace nanosekundovým (a) a femtosekundovým (b) laserem.

Rámcové téma práce č. 34:
Interferometrická tomografie plynových trysek

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Nejdle, Ph.D. (FzÚ AV ČR)⁵⁴

Konzultant(i): Ing. M. Albrecht (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)⁵⁵

Student(ka):

Abstrakt: Plynové trysky jsou velmi hojně používány jako terče pro studium interakce intenzivních laserových pulzů s látkou. V rámci ní lze studovat jevy probíhající v podkritickém plazmatu, jako jsou: urychlování elektronů pomocí laseru, generace ultrakrátkých pulzů rentgenového záření nebo jiné jevy související s fyzikou laserového plazmatu. Znalost hustotního profilu plynu nad tryskou je naprosto klíčová pro správnou kontrolu a vyhodnocení celého procesu interakce.

Student se v rámci tohoto projektu bude zabývat vývojem automatizované stanice na charakterizaci plynových trysek využívajícího novou interferometrickou metodu sondování plynu, která má mnohonásobně vyšší citlivost než dosud používané metody.

⁵⁴<mailto:Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu>

⁵⁵<mailto:Martin.Albrecht@eli-beams.eu>

Rámcové téma práce č. 35:

Pokročilé terče pro generaci vysokých harmonických frekvencí pomocí modulační prostředí akustickou vlnou

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Nejdla, Ph.D. (FzÚ AV ČR)⁵⁶

Konzultant(i): Ing. O. Finke (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)⁵⁷

Student(ka):

Abstrakt: Generace vysokých harmonických frekvencí (HHG) je silně nelineární jev, kdy interakce fokusovaného intenzivního laserového pulzu s plynným terčem vede ke vzniku ultrafialového až měkkého rentgenového záření. Takto vzniklé pulzy kopírují vlastnosti původního laserového záření, projevují se vysokou koherencí a můžou být krátké až desítky attosekund ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$). Záření vzniklé generací vysokých harmonických má široké uplatnění v biochemických a materiálových vědách.

Proces generace vysokých harmonických frekvencí je doprovázen nízkou konverzní účinností a tak je důležité dodržet podmínky optimální generace. Při těchto podmínkách se indexy lomu laserového svazku a generovaného záření rovnají, což vede ke kvadratickému nárůstu získaného signálu. Je splněna tzv. podmínka synchronizace fáze. Při reálných experimentech je bohužel složité takovýchto podmínek dosáhnout a tak je potřeba hledat jiné metody dosažení co největšího zisku. Jedna z možností je periodicky modulovat hustotu prostředí (tím pádem i index lomu) tak, aby byl zisk generace kladný. Takovéto modulace by se dalo například dosáhnout stojatou akustickou vlnou.

⁵⁶<mailto:Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu>

⁵⁷<mailto:Ondrej.Finke@eli-beams.eu>

Rámcové téma práce č. 36:

Plazmové zdroje krátkovlnného záření vytvářené intenzivním laserem

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Nejdla, Ph.D. (FzÚ AV ČR)⁵⁸

Konzultant(i): Dr. Dong-Du Mai, Dipl. Phys (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)⁵⁹

Student(ka):

Abstrakt: Jednou z účinných metod generace monochromatického svazku krátkovlnného záření v laboratoři (desítky až stovky eV) je vytvoření tzv. rentgenového laseru, který využívá zářivých přechodů mnohonásobně ionizovaných atomů, kdy v případě vhodného vybudování energetických hladin může dojít k zesílení rentgenového záření prostřednictvím stimulované emise. Tyto částečně koherentní rentgenové impulzy generované ve sloupci horkého plazmatu mohou dosahovat energie od μJ až po několik mJ při délce impulsu od jednotek po stovky ps.

Pro dosažení ještě kratších vlnových délek lze využít nekoherentního záření vzniklého přechody mezi nejnižšími kvantovými hladinami iontů (K-alfa záření) popřípadě zářivé oscilace laserem urychlených elektronů (Comptonův rozptyl záření na elektronovém svazku nebo betatronové oscilace urychlených elektronů v plazmatu).

Tyto zdroje záření mohou být díky svému vysokému jasů, krátké délce impulsu a snadné synchronizaci s dalším laserovým impulsem s výhodou použity k charakterizaci horkého hustého plazmatu (při studiu inerciální fúze) nebo pro řadu dalších aplikací od zobrazování biologických vzorků s vysokým rozlišením po užití ve fyzice pevných látek.

Práce může být zaměřena na experimentální realizaci a aplikace daného zdroje záření, na teoretické studium problému (s možným využitím numerických simulací), nebo na kombinaci všech těchto aktivit.

⁵⁸<mailto:Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu>

⁵⁹<mailto:dong-du.mai@eli-beams.eu>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 37:

Kvantové vlastnosti plazmonických nanostruktur: analýza a simulace

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁰

Konzultant(i): doc. Ing. L. Kalvoda, CSc.⁶¹

Student(ka):

Abstrakt:

⁶⁰<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

⁶¹<mailto:ladislav.kalvoda@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 38:

Interakce kvantovaného optického pole s vybranými kvantovými systémy

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶²

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt:

⁶²<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 39:

Nelokální a kvantové efekty v plazmonických nanostrukturách

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶³

Konzultant(i): Ing. P. Kwiecien, Ph.D.⁶⁴

Student(ka):

Abstrakt:

⁶³<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

⁶⁴<mailto:pavel.kwiecien@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 40:

Neklasické stavy světla: základní vlastnosti a možnosti jejich realizace

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁶⁵

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁶

Student(ka):

Abstrakt:

⁶⁵<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁶⁶<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Návrh zadání diplomové práce / výzkumného úkolu 1

Název tématu: *Plasmonické nanostruktury pro miniaturní optické biosenzory*

Zásady pro vypracování:

Tématem diplomové práce je výzkum optických nanostruktur s povrchovými plasmony a jejich využití pro konstrukci nových optických biosenzorů schopných vysoce lokalizované detekce biomolekul. Teoretická část práce bude zaměřena na modelování optických vlastností metalických nanostruktur numerickými metodami, např. metodou konečných diferencí v časové doméně (FDTD). V experimentální části práce se student bude věnovat přípravě nanostruktur metodami elektronové a koloidní litografie a vývoji optického systému pro spektroskopii povrchových plasmonů na těchto nanostrukturách. Diplomant se bude rovněž podílet na experimentech, v nichž budou realizované nanostruktury a optický systém využity pro citlivou detekci vybraných biomolekul.

Předpokládané znalosti:

Vlnové jevy na rozhraní prostředí, povrchový plasmon, optické vlnovodné a difrakční struktury, optika kovů, optické senzory a biosenzory.

Seznam odborné literatury:

1. S. Enoch, N. Bonod (editors): Plasmonics: from basics to advanced topics, Springer, 2012.
2. J. Homola (editor): Surface plasmon resonance based sensors, Springer, 2006.
3. S. A. Maier: Plasmonics: fundamentals and applications, Springer, 2007.

Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)
Chaberská 57, 182 57 Praha 8

Školitel: Prof. Ing. Jiří Homola, CSc., DSc., ÚFE AV ČR
Konzultant: Doc. Ing. Ivan Richter, Dr., KFE FJFI

Návrh zadání diplomové práce / výzkumného úkolu 3

Název tématu: *Plasmonické nanostruktury s extraordinární transmisí pro optické biosenzory*

Zásady pro vypracování:

Tématem diplomové práce je výzkum plasmonických nanostruktur s extraordinární transmisí a jejich využití pro konstrukci optických biosenzorů pro vysoce citlivou detekci biomolekul. Teoretická část práce bude zaměřena na modelování optických vlastností plasmonických nanostruktur založených na uspořádaném poli děr nanoskopických rozměrů v tenké kovové vrstvě a studium vlivu parametrů nanostruktury na citlivost k lokalizovaným molekulárním procesům v různých oblastech nanostruktury. Experimentální část práce bude věnována přípravě a charakterizaci nanostruktur metodami elektronové litografie a rastrovací elektronové mikroskopie a realizaci optického systému pro měření (spektrální) transmisie na těchto nanostrukturách. Student se bude rovněž podílet na experimentech, v nichž budou realizované nanostruktury a optický systém využity pro citlivou detekci vybraných biomolekul.

Předpokládané znalosti:

Vlnové jevy na rozhraní prostředí, povrchový plasmon, difrakční struktury, optika kovů, optické senzory a biosenzory.

Seznam odborné literatury:

1. S. C. Genet and T. W. Ebbesen: Light in tiny holes, *Nature* 445, 39-46, 2007.
2. J. Homola (editor): Surface plasmon resonance based sensors, Springer, 2006.
3. J. A. Jackman, A. R. Ferhanab and N.-J. Cho: Nanoplasmonic sensors for biointerfacial science, *Chem. Soc. Rev.*, 46, 3615-3660 (2017).

Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)
Chaberská 57, 182 57 Praha 8

Školitel: Prof. Ing. Jiří Homola, CSc., DSc., ÚFE AV ČR
Konzultant: Doc. Ing. Ivan Richter, Dr., KFE FJFI

Rámcové téma práce: Příprava polovodičových nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ, DP

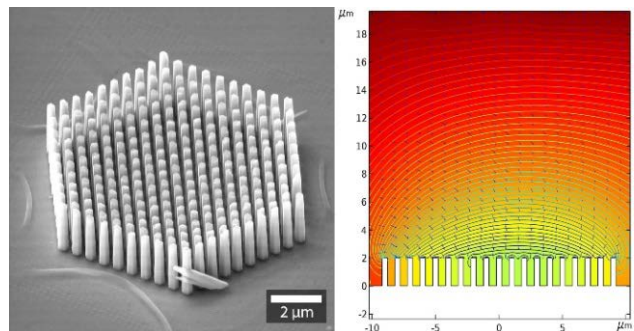
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

Vedoucí práce: Jan Grym, Ph. D., grym@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra fyzikální elektroniky.

Abstrakt:

Polovodičové nanostruktury jsou základními stavebními kameny moderních elektronických a optoelektronických součástí. Cílem práce je popsat mechanismy růstu jednodimenzionálních polovodičových nanostruktur (nanotyček) z roztoků. S využitím litografických technik budou nanotyčky připravovány v hexagonálních periodických polích, která umožňují studovat rychlosti růstu jednotlivých krystalografických ploch a ovlivňovat ji parametry procesu a řízeným dopováním. Práci je možno zaměřit teoreticky i experimentálně.



Rámcové téma práce: Elektrická charakterizace jednotlivých polovodičových nanotyček

Typ práce: BP, VÚ, DP

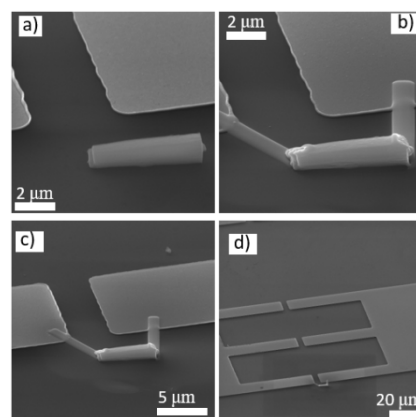
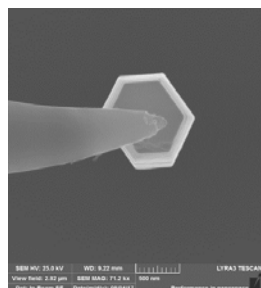
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

Vedoucí práce: Jan Grym, Ph. D., grym@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra fyzikální elektroniky.

Abstrakt:

Pro širší využití polovodičových nanostruktur v elektronice je nutné vyvinout metody pro charakterizaci jejich fyzikálních vlastností. Práce bude směřována do oblasti elektrické charakterizace jednotlivých nanotyček a jejich heterostruktur. Cílem je vyvinout metody, které umožní elektricky charakterizovat jednotlivou kolmo stojící nanotyčku s využitím vodivého hrotu mikroskopu atomárních sil nebo hrotu nanomanipulátoru v elektronovém mikroskopu a následně nanotyčku přenést



pomocí nanomanipulátoru na nevodivý substrát a deponovat kontakty s využitím injekčního systému plynů nebo elektronové litografie.

Rámcové téma práce: Využití elektronových a iontových svazků pro přípravu a charakterizaci polovodičových nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ, DP

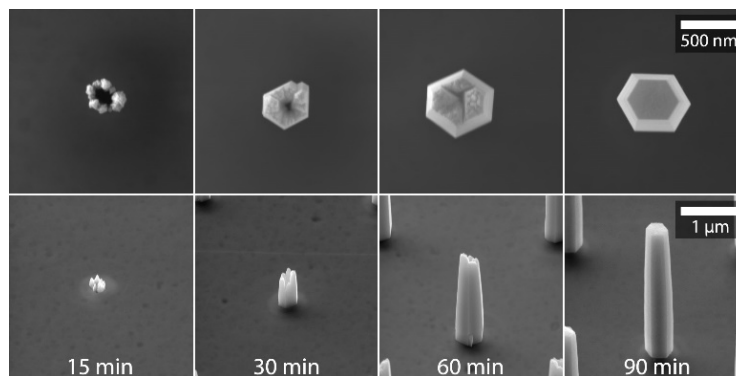
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

Vedoucí práce: Jan Grym, Ph. D., grym@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra fyzikální elektroniky.

Abstrakt:

Polovodičové nanostruktury jsou intenzivně studovány pro budoucí elektronické a fotonické aplikace. Fokusevané elektronové a iontové svazky umožňují modifikovat podložku v oblastech o velikosti desítek nanometrů a ovlivňovat tak umístění nanostruktur na podložce. Ve spojení s injekčním systémem plynů a s nanomanipulátorem pak lze připravovat



elektrické kontakty na jednotlivých nanotyčkách přímo v elektronovém mikroskopu. Cílem práce je studovat interakci fokusovaných elektronových a iontových svazků s podložkou, využít elektronové a iontové litografie pro řízenou nukleaci a růst polovodičových nanostruktur a studovat jejich fyzikálních vlastností s ohledem na aplikační potenciál ve zdrojích zelené energie, v senzorech chemických látek a ve zdrojích a detektorech světla.

Témata studentských prací ve výzkumném týmu Nano-optika

Rámcové téma práce: Mikroskopie s vysokou snímkovací frekvencí

Typ práce: BP (Bakalářská práce)

Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)
Chaberská 57, 182 57 Praha 8

Vedoucí práce: Marek Piliarik, Ph. D.
Piliarik@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
Katedra fyzikální elektroniky

Abstrakt:

Světelná mikroskopie zůstává klíčovou metodou pozorování biologických a biomolekulárních vzorků pro pochopení jejich funkce a dynamiky. V nano-optice jsme dokonce posunuli hranice citlivosti zobrazení až na úroveň jednotlivých molekul a dokážeme studovat dynamiku molekulárních soustav hluboko pod rozlišovací schopností světla. Moderní zobrazovací metody založené na rozptylu světla umožnily zkrátit expoziční doby pro mikroskopické snímky na úroveň mikrosekund a získat detailní záznam pohybu nano-objektů s přesností jednotek nanometrů. S tímto posunem mikroskopických technik ale souvisí řada nových technologických výzev jednak na straně řízení experimentu, sběru a zpracování obrazových dat, jednak na straně interpretace a pochopení pozorovaných jevů.

Cílem bakalářské práce bude sestavení experimentální aparatury mikroskopu s interferenčním kontrastem se snímkovací frekvencí přesahující 100 tis snímků za sekundu a její využití pro velmi přesné trasování nanočástic v reálných systémech interagujících biomolekul.

Zásady pro vypracování:

Práce se zabývá metodou interferometrické detekce a zobrazení rozptýleného světla. V rámci teoretické části se bude student zabývat limity detekce rozptýleného světla a nároky na zobrazovací a detekční systém mikroskopu. Pozornost bude věnována difuzním vlastnostem zkoumaných objektů svázaných molekulární kotvou s pozorovanými molekulami. Realizovaný systém bude využit ke studiu fyzikální a biomolekulární dynamiky na nanoskopické úrovni.

Seznam odborné literatury:

1. S. Spindler et al., Visualization of lipids and proteins at high spatial and temporal resolution via interferometric scattering (iSCAT) microscopy *J. Phys. D: Appl. Phys.* **49** (2016) 274002.
2. M. Piliarik, V. Sandoghdar, Direct optical sensing of single unlabelled proteins and super-resolution imaging of their binding sites, *Nature Communications* **5** (2014) 4495.
3. L. Novotny, B. Hecht, Principles of Nano-Optics, Cambridge University Press 2006.
4. J. Ortega Arroyo, Investigation of Nanoscopic Dynamics and Potentials by Interferometric Scattering Microscopy, Springer Theses 2018.

Další časopisecká literatura.

Témata studentských prací ve výzkumném týmu Nano-optika

Rámcové téma práce: Nanoskopie rozptýleného světla na molekulách

Typ práce: BP, DP (Bakalářská práce, Diplomová práce)

Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)
Chaberská 57, 182 57 Praha 8

Vedoucí práce: Marek Piliarik, Ph. D.
Piliarik@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
Katedra fyzikální elektroniky

Abstrakt:

Rozptyl je nejzákladnější interakcí světla s hmotou. To, jakou část světla daný, konečně malý objekt rozptýlí je určeno jeho účinným průřezem na použité vlnové délce. Tento rozptyl lze detekovat přímým optickým měřením odraženého nebo prošlého světla s citlivostí, která dokáže i ve viditelné oblasti světla rozeznat fluktuace odpovídající změnám na úrovni až jednotlivých molekul. Takové metody byly nedávno vyvinuty na několika předních světových pracovištích. Interferometrická detekce rozptýleného světla (iSCAT) využívaná v naší laboratoři je dosud jediná, která dokáže zaznamenat jednoznačnou informaci o změnách odpovídajících jediné molekule nebo velmi malé nanočástici kdekoli v zorném poli mikroskopu.

Cílem bakalářské práce je (s využitím unikátního know-how ve skupině nano-optiky) sestavení a experimentální charakterizace iSCAT interferenčního mikroskopu s optimalizovanou referenční vlnou a jeho využití k detekci extrémně malých nanočástic a nezačtených proteinů.

Zásady pro vypracování:

Práce se zabývá metodou interferometrické detekce a zobrazení rozptýleného světla rozšířenou o možnost úpravy referenčního svazku v zadní ohniskové rovině mikroskopu. Student se bude zabývat optimalizací poměru signálu k šumu při detekci rozptýleného světla v interferometrické konfiguraci. Optimalizace bude zaměřena na detekci co nejmenších objektů až na úroveň atomárních klastrů a jednotlivých biomolekul a bude optimalizovaná jak citlivost tak co nejmenší expoziční doba pro zobrazení jednotlivých objektů.

Seznam odborné literatury:

1. K. Lindfors, T. Kalkbrenner, P. Stoller, V. Sandoghdar, Detection and spectroscopy of gold nanoparticle using supercontinuum white light confocal microscopy. *Phys. Rev. Lett.* **93** (2004) 037401
2. M. Piliarik, V. Sandoghdar, Direct optical sensing of single unlabelled proteins and super-resolution imaging of their binding sites, *Nature Communications* **5** (2014) 4495.
3. M. Liebel, J. T. Hugall, and N. F. van Hulst, Ultrasensitive Label-Free Nanosensing and High-Speed Tracking of Single Proteins, *Nano Lett.* **17** (2017), 1277
4. G. Young et al., Quantitative mass imaging of single biological macromolecules, *Science* **360** (2018) 423

Další časopisecká literatura.

Témata studentských prací ve výzkumném týmu Nano-optika

Rámcové téma práce: Korelativní mikroskopie rozptylových značek

Typ práce: DP (Diplomová práce)

Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)
Chaberská 57, 182 57 Praha 8

Vedoucí práce: Marek Piliarik, Ph. D.
Piliarik@ufe.cz

Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
Katedra fyzikální elektroniky

Abstrakt:

Světelná mikroskopie zůstává klíčovou metodou pozorování biologických a biomolekulárních vzorků pro pochopení jejich funkce a dynamiky. V nano-optice jsme dokonce posunuli hranice citlivosti zobrazení až na úroveň jednotlivých molekul a dokážeme studovat dynamiku molekulárních soustav hluboko pod rozlišovací schopností světla. Kombinace optického zobrazení dynamiky a korelovaného zobrazení s vysokým rozlišením, například pomocí rastrovací sondy, je mimořádně efektivní přístup například v buněčné biologii.

Cílem diplomové práce bude rozšíření možností korelativní mikroskopie z úrovně jednotlivých buněk na úroveň jednotlivých molekul. Pro optické zobrazování bude využito unikátní know-how výzkumného týmu Nano-optiky. Pro zobrazování s vysokým rozlišením bude využita převážně mikroskopie atomárních sil dostupná na pracovišti, kterou je možné s optickým mikroskopem kombinovat.

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s interferenční mikroskopií rozptýleného světla (iSCAT) a sledováním dynamiky na nanometrové úrovni.
2. Seznámení se s obsluhou mikroskopu atomárních sil (AFM).
3. Analýza omezení korelativních měření (iSCAT-AFM).
4. Studium dimerů a klastrů zlatých nanočástic (5 nm – 20 nm) pomocí iSCAT-AFM zobrazování.

Seznam odborné literatury:

1. C. F. Bohren, D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. 2004.
2. L. Novotny, B. Hecht, Principles of Nano-Optics, Cambridge University Press 2006.
3. M. Piliarik, V. Sandoghdar, Direct optical sensing of single unlabelled proteins and super-resolution imaging of their binding sites, Nat. Commun. 5 (2014) 4495
4. S. Weisenburger and V. Sandoghdar, Light Microscopy: An ongoing contemporary revolution, Contemporary Physics 56 (2015) 123
5. B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, Inc. 2007.
6. M. McDonald et al., Visualizing single-cell secretion dynamics with single protein sensitivity, Nano Lett. 2017,

Další časopisecká literatura.

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 49:

Možnosti využití grafenu v fotonických a plazmonických nanostrukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁷

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor základní fyziky a zejména optických vlastností nového perspektivního 2D materiálu, tvořeného monovrstvou uhlíkových atomů s mnoha unikátními a ojedinělými vlastnostmi – grafenu. V této fázi by se jednalo o úvodní rešeršní a teoretickou studii, ovšem s potenciálním významem pro by byla významná pro mnoho aplikací, ve fotonických i plazmonických nanostrukturách. Ukazuje se, že grafen má, kromě materiálových a elektrických i unikátní vlastnosti elektrodynamické a optické, zahrnující např. existenci povrchových vln, plazmonů, apod.

⁶⁷<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 50:

Subvlnově strukturované vlnovodné struktury

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁸

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky interakce světla, podpořený numerickými simulacemi, se speciálním typem nových vlnovodných a fotonických struktur na nich založených, které byly nedávno navrženy kolegy v Kanadě. Jsou založeny na myšlence, že světlo se může šířit, kromě standardního vlnovodného způsobu pomocí periodicky se opakujících, prostorově oddělených struktur, s rozměry podstatně menšími než interagující vlnová délka (tzv. subvlnový režim). V takovém případě, jak se ukazuje, i na základě našich předchozích simulací, se světlo může celkovou strukturou šířit až překvapivě efektivně. Tato studie by mohla být významná pro mnoho aplikací.

⁶⁸<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 51:

Vlnovodné a fotonické struktury s kompenzací zisku a ztrát

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky interakce světla, podpořený numerickými simulacemi, se speciálním typem nových vlnovodných a fotonických struktur na nich založených, které obsahují části se ztrátami, kompenzované jinými částmi vykazujícími zisk. Tyto struktury se také v širším kontextu nazývají fotonickými analogy kvantově mechanických struktur s narušenou symetrií parita-čas (PT), respektive nehermitovské systémy (s komplexními potenciály), představují tak jedno z nových perspektivních témat nejen ve fotonice. Příkladem mohou být vzájemně vázané fotonické vlnovody, v nichž některé vykazují ztráty, jiné zisk, vzájemně se kompenzující. Takovéto struktury vykazují prudké změny disperzního chování a přináší tak mnoho nové a překvapivé fyziky. Tato studie by mohla být významná pro mnoho potenciálních aplikací ve fotonice.

⁶⁹<mailto:ivan.richter@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 52:

Vybrané problémy šíření elektromagnetického pole ve fotonických a plazmonických strukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁰

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky interakce světla s fotonickými strukturami, se zaměřením na fyzikální a (kvazi)analytické pohledy, na konkrétních aplikacích, na vybraných strukturách. Tato studie by byla významná pro mnoho aplikací.

⁷⁰<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 53:

Fyzikální chování vybraných metamateriálů a metapovrchů

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷¹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Předmětem zájmu budou nové typy materiálů, tzv. metamateriály, tedy materiály se záporným indexem lomu. Cílem práce je – na základě seznámení se se základy fyziky metamateriálů a možnostmi popisu jejich fungování – diskutovat a rozebrat možnosti jejich aplikací.

⁷¹<mailto:ivan.richter@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 54:

Rezonanční efekty ve fotonických a plazmonických nanostrukturách (pro senzorické aplikace)

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷²

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Sensory na bázi povrchových plazmonů, ať již šířících se, lokalizovaných či jejich kombinací, představují dnes velmi přesnou a atraktivní variantu sledování velmi malých změn koncentrací sledovaných látek. Základem je jejich rezonanční odezva, tedy dobře sledovatelná prudká výrazná změna určitého výstupního parametru (např. reflexe světla od takovéto struktury) na základě velmi malé změny parametru vstupního (např. vlnová délka či úhel dopadu použitého světla). Pro takovéto aplikace je zapotřebí pochopit a umět využít fyziku těchto rezonančních efektů, vyskytujících se v takovýchto nanostrukturách.

⁷²<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 55:

Povrchové vlny a efekty v nanostrukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷³

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: V současné době nanostruktury představují atraktivní a variantu, často využívané povrchových vln a jevů, s řadou zajímavých efektů, zejména rezonančního charakteru. Takovéto vlny a efekty mohou být založeny jednak na povrchových plazmonech (ať již šířících se, lokalizovaných či jejich kombinací), ale také mohou být jiného (dielektrického, hybridní vlny, apod.), respektive kombinovaného charakteru (např. Tammovy, Dyakonovy, Zenneckovy, aj. vlny). Cílem práce by bylo seznámení s fyzikou povrchových vln a souvisejícími efekty v nanostrukturách, zejména rezonančního charakteru, včetně možností jejich aplikací. Byla by zkoumána potenciální možnost takovýchto rezonancí pro senzorické aplikace.

⁷³<mailto:ivan.richter@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 56:

**Nelineární efekty ve fotonických a plazmonických nanostruktu-
rách**

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁴

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: V současné době nelineární fotonické a plazmonické nanostruktury, založené na různých nelineárních optických efektech, začínají nabývat na významu, jak pro své možnosti aplikací (opticky řízené funkcionality struktur, zejména ve fotonice, optických komunikacích a zpracování informace, apod.), tak novou a zajímavou fyziky, která není přítomna v systémech lineárních (samopulzace, optické limitování, generace nových frekvencí, chaotické chování, apod.). Po úvodní rešerši a analýze by se pozornost soustředila na vybranou nelinearitu a třídy struktur, byla by provedena detailnější analýza, vhodnou kombinací přibližných a numerických přístupů. Cílem práce je také seznámení se s vybranými přístupy a metodami a jejich aplikacemi na modelování chování vybraných nelineárních fotonických a plazmonických nanostruktur.

⁷⁴<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 57:

Základy fyzikálního chování kvantových nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁵

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Nanotechnologie a nanostruktury jsou dnes velmi módním mezioborovým tématem přinášejícím zcela nové pohledy na fyziku i inženýrské aplikace, v mnoha odvětvích lidské činnosti. Cílem práce je – na základě seznámení se se základy fyziky kvantových nanostruktur a možnostmi popisu jejich fungování – diskutovat a rozebrat možnosti jejich dalších aplikací.

⁷⁵<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 58:

Fyzika periodických fotonických a plazmonických nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁶

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Periodické fotonické a plazmonické nanostruktury (jako např. metalické difrakční mřížky, metalo-dielektrické fotonické krystaly, apod.) nalézají celou řadu nových možností uplatnění v praxi. Jejich využití zasahuje dnes řadu možností, např. ve spektroskopii (např. pro tzv. povrchově zesílený Ramanův rozptyl), sensorice (senzory na bázi povrchových plazmonů), apod. Je přitom snahou využívat a studovat řadu různých forem a druhů takovýchto periodických struktur. Ukazuje se, že pro správnou analýzu a předpověď chování takovýchto struktur v konkrétních aplikacích je třeba využívat elektromagnetických přístupů a počítačového modelování. Cílem práce je také seznámení se s vybranými přístupy a metodami a jejich aplikacemi na modelování chování vybraných plazmonických nanostruktur.

⁷⁶<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 59:

Metody pro modelování fotonických a plazmonických nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: Ing. P. Kwiecien, Ph.D.⁷⁷

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁸

Student(ka):

Abstrakt: Předmětem zájmu budou numerické metody (jak ve frekvenční, tak časové doméně) pro simulace chování elektromagnetického záření ve fotonických a plazmonických mikro a nanostrukturách, ve vazbě na jejich aplikační možnosti (senzorické a spektroskopické aplikace), jejich principy fungování, možnosti implementace, včetně rešerše novinek u vybraných metod. Následně budou konkrétní vybrané nástroje podrobně diskutovány a aplikovány na modelových testovacích příkladech.

⁷⁷<mailto:pavel.kwiecien@fjfi.cvut.>

⁷⁸<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 60:

Neklasické kvantové stavy světla a možnosti jejich aplikací

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁷⁹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Kvantová optika nabízí nové možnosti nejen z teoretického pohledu, ale i z hlediska aplikací; v současnosti umožňuje provádět řadu experimentů na úrovni jednotlivých fotonů, které mohou mj. testovat samy základy pojmání kvantového pohledu na svět. Cílem práce je – na základě seznámení se se základy popisu kvantového optického záření rozebrat možnosti generace, charakterizace a aplikací kvantových stavů světla, zejména stavů neklasických (stlačené stavy, subpoissonovské stavy, apod.).

⁷⁹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 61:

**Numerické metody konečných prvků (FDTD) a elementů (FETD)
pro simulace fotonických a plazmonických nanostruktur**

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁸⁰

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁸¹

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky numerické metody konečných diferencí (a konečných elementů) v časové doméně a její aplikace na fotonické a plazmonické nanostruktury. Jedná se o teoretické téma, zaměřující se zejména na numerické aspekty metod a jejich efektivní aplikace. Pro konkrétní simulace vybraných struktur a funkcionalit budou vybrány vhodné nástroje, dostupné veřejně i v rámci pracoviště KFE. Budou též analyzovány a aplikovány, resp. vylepšovány a jednotlivé dílčí algoritmy v rámci metod, řešící specifické aspekty, např. týkající se disperze materiálů, apod.

⁸⁰<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁸¹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 62:

Možnosti paralelních výpočtů pro simulace fotonických a plazmonických struktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁸²

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁸³

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky paralelních numerických výpočtů, s využitím vhodných numerických metod a nástrojů. Jedná se o teoretické téma, zaměřující se zejména na numerické aspekty paralelizace vhodných výpočetních metod a jejich efektivní aplikace. Jak se totiž ukazuje, řada fotonických a plazmonických nanostruktur vyžaduje masivní 3D simulace, které jsou již jak paměťově, tak časově velmi náročné. Pro konkrétní simulace vybraných struktur a funkcionalit budou vybrány vhodné nástroje, dostupné veřejně i v rámci pracoviště KFE. Součástí práce by byly testy paralelních simulací a jejich porovnání, provedené na jednotlivých modelových příkladech struktur.

⁸²<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁸³<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 63:

Integrální metody hraničních prvků pro aplikace ve fotonice a plazmonice

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁸⁴

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁸⁵

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky specifických numerických metod, založených na integrální formulaci elektrodynamického problému, tedy metod často souhrnně nazývaných metody hraničních prvků, resp. metody Greenových funkcí, metody momentů, apod. Jedná se o teoretické téma, zaměřující se zejména na numerické aspekty integrálních metod hraničních prvků a jejich efektivní aplikace. Tyto metody, jak se ukazuje, jsou zejména vhodné pro numerickou analýzu izolovaných nanostruktur, rezonančního charakteru, kde ostatní běžné numerické metody selhávají, nebo jsou neúčinné. Pro konkrétní simulace vybraných struktur a funkcionalit budou vybrány vhodné nástroje, dostupné veřejně i v rámci pracoviště KFE, alternativně bude snahou vytvořit elementární vlastní nástroj. Budou analyzovány možnosti zahrnutí realistických vlastností struktur (morfologie, disperze, apod.).

⁸⁴<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁸⁵<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 64:

Možnosti numerických simulací nelineárních problémů ve fotonice a plazmonice

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁸⁶

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁸⁷

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je rozbor problematiky numerického řešení nelineárních problémů, vyskytujících se v rámci interakce světla ve fotonických a plazmonických nanostrukturách. Byl by vypracován přehled těchto nelinearit a zejména analyzovány numerické možnosti jejich řešení, především z hlediska efektivity a spolehlivé strategie simulací, v rámci daných parametrů a vlastností struktury, apod. Je totiž známo, že i když některé algoritmy řešení “slibují”, ne vždy je jejich řešení spolehlivé, resp. není vůbec fyzikálně použitelné. Bude snahou vytvořit elementární vlastní nástroj, pro simulace vybraných problémů, alternativně s možností rozšíření, modifikace vhodných nástrojů, dostupných veřejně i v rámci pracoviště KFE.

⁸⁶<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁸⁷<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 65:

Měření nelineárního indexu lomu metodou Z-scan

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁸⁸

Konzultant(i): RNDr. M. Michl, Ph.D.⁸⁹

Student(ka):

Abstrakt: Hlavním úkolem práce bude seznámení se s metodou Z-scan pro měření nelineárního indexu lomu a návrh (a případná realizace) experimentálního uspořádání využívajícího ns/ps lasery dostupné v laboratoři molekulové spektroskopie na KFE v Tróji.

⁸⁸<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁸⁹<mailto:martin.michl@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 66:

Fluorescence buzená dvoufotonovou absorpcí entanglovaných párů fotonů

Typ práce: BP

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁹⁰

Konzultant(i): RNDr. M. Michl, Ph.D.⁹¹

Student(ka):

Abstrakt: Využití neklasických stavů světla pro excitaci v technikách kvantové spektroskopie přináší možnost měření s mnohem lepším poměrem signál/šum. Nedávné práce pak ukazují, že je možné detekovat fluorescenci buzenou absorpcí entanglovaných párů fotonů s intenzitou čerpacího signálu až o deset řádů nižší než v případě klasického dvoufotonového čerpání. Seznamte se se současným stavem problematiky a s potenciálními látkami, u kterých by popisovaný jev mohl být pozorován. Navrhněte experimentální uspořádání pro detekci fluorescence buzené dvoufotonovou absorpcí entanglovaných párů fotonů.

⁹⁰<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

⁹¹<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 67:

Využití multi-excitonové generace pro fotovoltaiku třetí generace

Typ práce: BP

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁹²

Konzultant(i): RNDr. M. Michl, Ph.D.⁹³

Student(ka):

Abstrakt: Cílem práce je seznámení se s procesy vedoucími k multi-excitonové generaci v polovodičových strukturách (organické polovodiče, konjugované polymery, kvantové tečky, ...), s problematikou následné separace nosičů náboje s ohledem na využití ve fotovoltaice a s výsledky studií provedených na toto téma v posledních letech.

⁹²<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁹³<mailto:martin.michl@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 68:

Ovlivňování fotofyzikálních vlastností molekul pomocí plazmonických nanostruktur

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁹⁴

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁹⁵, Dr. P. Kapusta

Student(ka):

Abstrakt: Blízkost (řádově jednotky až desítky nm) plazmonických nanostruktur u molekul dramaticky ovlivňuje jejich fotofyzikální chování. Dochází tak např. k zesílení/zhášení fotoluminescence a zesílení absorpce a rozptylu světla či zvýšení fotostability u molekul používaných v biomedicíně jako luminiscenční sondy nebo značky. Práce může být zaměřena na rešerši v oblasti fyzikální podstaty a možných aplikací těchto jevů a/nebo experimentální studium těchto systémů pomocí stacionárních i časově rozlišených spektroskopických metod, včetně měření map doby dohasínání luminiscence (FLIM) pomocí fluorescenčního mikroskopu.

⁹⁴<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁹⁵<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 69:

Přenos elektronové excitační energie v organických sloučeninách

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁹⁶

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁹⁷

Student(ka):

Abstrakt: Mezi nejdůležitější aplikace výsledků studia přenosu excitační energie patří mj. pochopení fotosyntetických procesů v přírodě a příprava umělých fotosyntetických systémů, optické zpracování informací, zvyšování účinnosti fotovoltaických zařízení, optická nanometrologie či příprava sofistikovaných sond a značek pro biomedicínský výzkum. Cílem práce je seznámit se s aktuálním stavem poznání mechanismů inter- i intramolekulárního přenosu excitační energie a s vhodnými experimentálními a teoretickými metodami studia tohoto jevu. Dále je možné se zabývat teoretickým modelováním či spektroskopickými měřeními speciálně designovaných sloučenin, v nichž probíhá velmi účinný intramolekulární přenos energie.

⁹⁶<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁹⁷<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 70:

Látky s dlouhou dobou dohasínání luminescence

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁹⁸

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁹⁹

Student(ka):

Abstrakt: Doba dohasínání luminescence je velmi citlivá na fyzikálně-chemický stav bezprostředního okolí emitující molekuly. Časově rozlišená luminescenční mikroskopie tak umožňuje získávat řadu informací o pozorovaných objektech v biomedicině či materiálovém inženýrství. Pro tyto účely je výhodné, aby rozdíly způsobené interakcí s prostředím byly co možná největší, tj. aby molekula použitá jako luminescenční sonda měla co nejdelší dobu dohasínání ve volném stavu. K tomu je zapotřebí, aby k emisi záření docházelo zakázaným přechodem. V případě fosforescence jde o spinově zakázaný přechod zpravidla z tripletového excitovaného do základního singletového stavu molekuly. Nevýhodou fosforescenčních sond je však jejich náchylnost k tzv. "photobleachingu", tj. nevratné ztrátě luminescenčních vlastností kvůli jejich zvýšené reaktivitě molekul v tripletovém stavu. Náplní studentské práce je rešerše v oblasti látek emitujících spinově dovoleným fluorescenčním přechodem, který je však zakázán např. z důvodu symetrie molekuly, případně teoretické či experimentální studium perspektivních sloučenin.

⁹⁸<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁹⁹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 71:

Nelineární optické vlastnosti molekul

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.¹⁰⁰

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.¹⁰¹

Student(ka):

Abstrakt: Práce může být zaměřena na řešení v oblasti aplikací nelineárních vlastností molekul, souvislosti těchto vlastností se strukturou molekul a experimentálních metod pro jejich studium (EFISHG, HRS, NLT, TPEF . . .) a/nebo teoretické výpočty první a druhé hyperpolarizovatelnosti molekul pomocí metod funkcionálu hustoty.

10. 10. 2019

¹⁰⁰<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

¹⁰¹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 72:

Molekulární krystaly pro terahertzové aplikace

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.¹⁰²

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.¹⁰³

Student(ka):

Abstrakt: Práce je zaměřena na řešení v oblasti generace a detekce terahertzových vln založené na nelineárním jevu optického usměrňování v organických molekulárních krystalech a srovnání s používanými anorganickými materiály. Případně je možná experimentální příprava a charakterizace krystalů z perspektivních materiálů.

10. 10. 2019

¹⁰²<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

¹⁰³<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 73:

Agregací vyvolaná emise v organických sloučeninách

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.¹⁰⁴

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.¹⁰⁵

Student(ka):

Abstrakt: Fluorescence molekul pozorovaná v plynné fázi či v roztocích zpravidla vymizí při tvorbě agregátů či krystalů v důsledku koncentračního zhášení. Existuje však i opačný jev nazývaný agregací vyvolaná emise (Aggregation-induced emission, AIE), při kterém dochází k podstatnému zvýšení kvantového výtěžku fluorescence molekul při přechodu do pevné fáze. Sloučeniny s AIE jsou proto považovány za perspektivní materiály pro organickou optoelektroniku. Úkolem studenta bude provést rešerši v oblasti mechanismů AIE a případně teoretické či experimentální studium vybraných molekul.

¹⁰⁴<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

¹⁰⁵<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 74:

Termálně aktivovaná zpožděná fluorescence

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.¹⁰⁶

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.¹⁰⁷

Student(ka):

Abstrakt: Jev termálně aktivované zpožděné fluorescence (Thermally-activated delayed fluorescence, TADF) spočívá v populování emitujícího singletového excitovaného stavu molekuly termálně aktivovaným zpětným mezisystémovým přechodem z tripletového stavu. To může být například využito pro zvýšení energetické účinnosti OLED, neboť při rekombinaci elektron-děrových párů vzniká statisticky třikrát více tripletových než singletových excitonů. Náplní práce bude rešerše v oblasti vztahu mezi chemickou strukturou a mechanismem TADF a případně teoretické či experimentální studium vhodných sloučenin.

¹⁰⁶<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

¹⁰⁷<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 75:

Vývoj nových plastických scintilátorů pro detekci ionizujícího záření

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.¹⁰⁸

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.¹⁰⁹

Student(ka):

Abstrakt: Náplní práce bude příprava a experimentální studium vlastností nových scintilačních materiálů na bázi polystyrenu/polyvinyltoluenu s cílem zvýšení účinnosti (počtu emitovaných fotonů vhodné vlnové délky na MeV absorbované energie), optimalizací doby odezvy a schopnosti pulsně-tvarové diskriminace (rozlišení záblesků způsobených neutrony a gamma zářením).

10. 10. 2019

¹⁰⁸<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

¹⁰⁹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 76:
Simulace PIXE spekter

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Voltr, CSc.¹¹⁰

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt:

¹¹⁰<mailto:josef.voltr@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 77:

SW nástroje pro vyhodnocování zpětného rozptylu (RBS)

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Voltr, CSc.¹¹¹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt:

¹¹¹<mailto:josef.voltr@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2019–20

Rámcové téma práce č. 78:

Diagnostika a řízení svazku v iontovém kanále

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. J. Voltr, CSc.¹¹²

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt:

¹¹²<mailto:josef.voltr@fjfi.cvut.cz>