

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>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

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:

Diodově čerpaný mikročipový laser s krystalem alexandritu

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: Ing. M. Fibrich, Ph.D.⁹

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

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.

⁹<mailto:martin.fibrich@jfji.cvut.cz>

¹⁰<mailto:jan.sulc@jfji.cvut.cz>

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

Rámcové téma práce č. 5:

Generace krátkých pulsů metodou Q-spínání ve střední infračervené oblasti spektra

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. R. Švejkar¹²

Konzultant(i): Ing. J. Šulc, Ph.D.¹³, prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.¹⁴

Student(ka): Dominika Popelavá

Abstrakt: Metoda Q-spínání umožňuje generaci nanosekundových pulsů s vysokým špičkovým výkonem, který může dosahovat stovek kW. Pokud je navíc v rezonátoru laseru využito erbiem dopované aktivní prostředí, je možné generovat takto krátké pulsy v oblasti vlnových délek 2.7–3 μm . Díky tomu jsou lasery generující tyto vlnové délky zajímavé pro medicínské aplikace (stomatologie, chirurgie, oftalmologie, aj.), spektroskopii či ve sváření a řezání plastů. Díky spolupráci s Akademií věd České republiky a firmou Crytur disponuje laboratoř širokým spektrem erbiem dopovaných aktivních prostředí, navíc máme možnost využít jak pasivní (Fe:ZnSe) tak aktivní (Pockelsova cela, akusto-optický modulátor) Q-spínače. Cílem této práce bude seznámit se s pevnolátkovými lasery dopovanými erbiovými ionty a rovněž s metodami generace krátkých pulsů v nanosekundové oblasti. V rámci experimentální práce budou měřeny základní charakteristiky aktivního prostředí. Dále student provede návrh a sestavení laserového rezonátoru pro generaci krátkých pulsů v režimu Q-spínání a charakterizaci výstupního laserového záření.

¹²<mailto:richard.svejkar@fjfi.cvut.cz>

¹³<mailto:jan.sulc@fjfi.cvut.cz>

¹⁴<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 6:

**Studium spektroskopických vlastností aktivních prostředí laserů
při teplotách 3.5 K**

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. R. Švejkar¹⁵

Konzultant(i): Ing. J. Šulc, Ph.D.¹⁶, prof. Ing. H. Jelínková, DrSc.¹⁷

Student(ka):

Abstrakt: Aktivní prostředí je nedílnou součástí laserového systému a bez znalosti jeho struktury a spektroskopických vlastností není možné vyvíjet moderní laserové systémy. Při extrémně nízkých teplotách kolem 3.5 K je možné pozorovat jednotlivé spektrální čáry, které přesně odpovídají energetickým hladinám zkoumaných iontů. Takto jemné rozdělení spektrálních čar není možné pozorovat například při pokojové teplotě (300 K) ani při teplotě kapalného dusíku (77 K). Teplotou jsou silně ovlivněny pozice spektrálních čar ale i doby života na jednotlivých energetických hladinách, které jsou důležité například pro matematické modely. Cílem této práce bude seznámit se s pevnolátkovými iontovými lasery, metodami dosahování extrémně nízkých teplot a měřením spektroskopických vlastností aktivních prostředí. V rámci experimentální práce se student nejprve seznámí s heliovým kryostatem a způsobem přípravy měření. Dále budou měřeny spektroskopické vlastnosti dostupných aktivních prostředí v rozsahu teplot od 3.5 K do 300 K. V neposlední řadě student provede porovnání spekter s energetickou strukturou materiálu.

¹⁵<mailto:richard.svejkar@fjfi.cvut.cz>

¹⁶<mailto:jan.sulc@fjfi.cvut.cz>

¹⁷<mailto:helena.jelinkova@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 7:

Multi-dopované diamantu podobné uhlíkové nanovrstvy

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. T. Kocourek, Ph.D. (FzÚ AV ČR)¹⁸

Konzultant(i): Ing. M. Jelínek, Ph.D.¹⁹

Student(ka):

Abstrakt: Předmětem práce je příprava tenkých vrstev za pomoci pulsních laserů a následně studium fyzikálních a biologických vlastností nových typů dopovaných uhlíkových biomateriálů, s cílem optimalizace jejich mechanických a biokompatibilních parametrů. Speciálně se jedná o studium povrchových chemických vazeb ve spojení s případnou toxicitou vrstev. Pozornost bude zaměřena na germaniem a vápníkem dopované bez-vodíkové diamantu-podobné vrstvy připravené duální laserovou depozicí. Metoda umožňuje připravit dopované vrstvy pro širokou škálu koncentrací dopantů jednoho nebo více prvků. Bude studována morfologie (AFM, SEM, profilmetr), složení (WDS, XPS), chemické vazby (Augerova spektroskopie, XPS – včetně hloubkových profilů), transmitance, tvrdost, adheze, smáčivost, povrchová energie a biologické vlastnosti (studium buněk, toxicita). Cílem práce je seznámit se jak s problematikou přípravy tenkých vrstev za pomoci pulsních výkonných laserů, tak jejich vlastní příprava a základní analýza fyzikálních vlastností.

¹⁸<mailto:kocourek@fzu.cz>

¹⁹<mailto:michal.jelinek@fjfi.cvut.cz>

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 $10^{15} \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$) dochází ke generaci plně koherentních attosekundových impulzů ($\tau \approx 10^{-18} \text{ s}$) 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 $10\mu\text{-}100\mu\text{m}$).

Náhled možných úkolů/cílů (BP, VÚ, DP):

Jedná se jen o náhled možných úkolů v rámci dané práce s tím, že i dle preference studenta by se na základě konzultace vybraly/doplňily konkrétnější úkoly jako výsledné cíle dané práce.

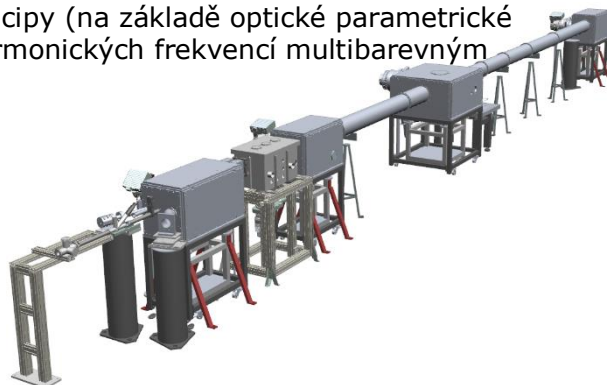
- Seznámení se s generací THz záření v plynném prostředí. Jedná se o relativně nové principy, s velkou možností vlastního tvůrčího příspěvku.
- Zjednodušená simulace (klasická mechanika) pohybu volného elektronu v elektromagnetickém poli laseru vedoucí jak ke generaci vysokých harmonických frekvencí tak hlavně ke komplementární generaci THz záření. Jedná se o nalezení vhodných podmínek, předpokladů nebo omezení vycházejících z takového modelu právě pro generaci THz záření.
- Simulace stejného druhu jako předchozí bod, s cílem najít možné unikátní vlastnosti generovaného XUV záření (HHG) pomocí speciálního multibarevného pole.
- Experiment simultánní generace THz záření během generace vysokých harmonických frekvencí v plazmatu.
- Seznámení se s parametrickými jevy a jejich principy (na základě optické parametrické generace), vznikajícího při generaci vysokých harmonických frekvencí multibarevným polem složeným z IR a THz záření

Konzultant:

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

Vedoucí práce:

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



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Katedra fyzikální elektroniky

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 9:

Studium defokusace laserového svazku v plynu

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: prof. Ing. J. Limpouch, CSc.²⁰

Konzultant(i): Ing. J. Vábek²¹

Student(ka):

Abstrakt:

21. 10. 2020

²⁰<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

²¹<mailto:jan.vabek@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 10:

Generace vysokých harmonických frekvencí pomocí “dvoubarevného” pole

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: O. Hort, Ph.D. (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)²²

Konzultant(i): prof. Ing. J. Limpouch, CSc.²³, Ing. J. Vábek²⁴

Student(ka):

Abstrakt:

21. 10. 2020

²²<mailto:Ondrej.Hort@eli-beams.eu>

²³<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

²⁴<mailto:jan.vabek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 11:

Charakteristika tenkého kapalného terče pomocí optického sondovacího svazku

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: T. Chagovets, Ph.D. (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)²⁵

Konzultant(i): doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.²⁶, Ing. F. Grepl (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)

Student(ka):

Abstrakt: Současný vývoj laserových systémů s vysokou opakovací frekvencí (1–10 Hz) a s vysokým špičkovým výkonem až do několika PW umožňuje zkoumání nových mechanismů urychlování iontů z laserem ionizovaných terčů. Aktuálním problémem je vývoj vhodných terčových systémů pro urychlování iontů se schopností obnovit cíl při 10 Hz provozu. Cílem práce bude seznámení se s různými typy vodních a kryogenních terčů (vznikajících přes trysku) vhodných pro vysokorepetiční laserové urychlování iontů, návrh a realizace optické sestavy pro monitorování terčových parametrů (např. pomocí interferometrie) jako je jejich tloušťka, poloha, úhel natočení apod. a experimentální zkoumání terčových parametrů v závislosti na nastavení terčového systému.

²⁵timofej.chagovets@eli-beams.eu

²⁶<mailto:jan.psikal@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 12:

Diagnostika iontů urychlených z plazmatu petawattovým laserem

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: Dr. L. Giuffrida (FzÚ AV ČR, ELI-Beamlines)²⁷

Konzultant(i): doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.²⁸

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.

²⁷Lorenzo.Giuffrida@eli-beams.eu

²⁸<mailto:jan.psikal@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 13:

Kinetické modelování laserového plazmatu pomocí Vlasov-Maxwellova kódu

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: RNDr. Martin Mašek, Ph.D. (FzÚ AV ČR)²⁹

Konzultant(i): doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.³⁰

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 impulsu 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.

²⁹<mailto:masekm@fzu.cz>

³⁰<mailto:jan.psikal@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 14:

Simulace laserového urychlování protonů

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. J. Pšikal, Ph.D.³¹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Během interakce intenzivních laserových svazků s ionizovanými terči dochází ke generaci velmi silných kvazistatických elektrických polí uvnitř nebo na okrajích ionizovaných terčů. Tato pole mohou urychlovat nabitě částice na velmi vysoké energie. Ačkoliv bylo provedeno již mnoho simulací tohoto laserového urychlování protonů, téma stále není vyčerpáno. Zajímavou otázkou je například urychlování v případě různých hustotních profilů plazmatu (ionizovaných terčů) nebo částicové simulace urychlování protonů v případě laserových impulzů o časové délce nad 1 ps.

³¹<mailto:jan.psikal@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 15:

Vyhlazování multi-materiálových výpočetních sítí

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Kuchařík, Ph.D.³²

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Náplní práce bude studium známých metod pro vylepšování geometrické kvality výpočetních sítí. Hlavním tématem pak bude vyhlazování sítě v blízkosti vnějších a vnitřních hranic (materiálových rozhraní). Cílem práce je vyvinout metodu způsobující co nejmenší míchání materiálů.

³²<mailto:kucharik@newton.fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 16:

Konzistence kinetické energie při interpolaci stavových veličin

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Kuchařík, Ph.D.³³

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Při hydrodynamických simulacích pomocí Lagrangeovsko-Eulerovských (ALE) metod dochází k nekonzistenci při interpolaci kinetické energie kvůli podmínce na zachování hybnosti, což se typicky řeší pomocí opravy vnitřní energie. Tento přístup však může vést k jejímu poškození. Cílem práce bude implementace, otestování a vylepšení několika možných přístupů pro opravu vnitřní energie a jejich porovnání v případě multimateriálových stavových veličin ve střídané (staggered) diskretizaci.

³³<mailto:kucharik@newton.fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 17:

Studium konvergence Lagrangeovsko-Eulerovských (ALE) metod

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Kuchařík, Ph.D.³⁴

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Pro simulace hydrodynamiky tekutin lze používat několik typů metod z hlediska chování výpočetní sítě. ALE metody jsou založeny na kombinaci metod Lagrangeovského a Eulerovského typu, přičemž podíl Eulerovské složky se často liší v různých simulacích a pro různá rozlišení výpočetní sítě. Cílem práce bude studie konvergence pro čistě Lagrangeovské metody, Eulerovské metody a ALE metody s různými parametry ve střídané (staggered) diskretizaci.

³⁴<mailto:kucharik@newton.fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 18:

Vysoce přesné algoritmy pro interpolace funkcí v Lagrangeovsko-Eulerovských (ALE) metodách

Typ práce: VÚ, DP

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Kuchařík, Ph.D.³⁵

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Při změně (vyhlazení) výpočetní sítě v průběhu ALE simulace musí nevyhnutelně následovat interpolace dat (remapování) z Lagrangeovské sítě na vyhlazenou. U tradičních metod lze ukázat jejich druhý řád přesnosti v případě hladkých profilů remapovaných veličin, v případě nespojitých dat však chyba významně roste. Cílem práce je prozkoumat možnosti nelineárních (a nepolynomiálních) interpolací dat v rámci kombinované metody používající různé aproximace v jednotlivých buňkách výpočetní sítě.

³⁵<mailto:kucharik@newton.fjfi.cvut.cz>

Rámcové Téma (BP, VÚ, DP)

Více-průchodová optická mikroskopie pro studium vzorků s nízkým kontrastem

Již od konstrukce prvního optického mikroskopu v 17. století stojí mikroskopie za celou řadou zásadních vědeckých objevů. I přes nepřehledné množství zobrazovacích modalit dostupných u špičkových modelů mikroskopů renomovaných světových výrobců je princip fungování mikroskopů stále stejný: interakce světla se vzorkem a následný záznam prostorového rozložení míry interakce jednotlivých částí vzorku s důrazem na vysoké rozlišení. Světlo přitom se vzorkem interaguje pouze jednou.

Cílem této práce bude rozvinout koncept více-průchodového zobrazení aplikovaného na optický mikroskop. Po seznámení se základními principy nejrůznějších modalit optických mikroskopů student/ka sestaví a otestuje mikroskop využívající samo-zobrazujících optických systémů k dosažení více-průchodové interakce světla se vzorkem při zachování prostorové informace.

Po dohodě se studentem mohou konkrétní úkoly zahrnovat:

- Sestavení více-průchodového mikroskopu (VPM)
- Přípravu vzorku s malým absorpčním kontrastem a demonstrace zvýšení kontrastu při použití VPM ve srovnání s konvenčním mikroskopem
- Charakterizaci optických vlastností VPM – určení modulační přenosové funkce
- Analýzu využitelnosti konceptu VPM pro další zobrazovací modalitty používané v optické mikroskopii
- Optický návrh kompaktního samo-zobrazovacího systému s vysokou numerickou aperturou

Vedoucí práce:

Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D.

Jaroslav.Nejdl@eli-beams.eu

Konzultanti:

doc. Ing. Ladislav Pína, DrSc
Ing. Martin Albrecht

ladislav.pina@fjfi.cvut.cz
albrecht@fjfi.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Katedra fyzikální elektroniky

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 20:

Kvantové vlastnosti plazmonických nanostruktur: analýza a simulace

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter³⁶

Konzultant(i): doc. Ing. L. Kalvoda, CSc.³⁷

Student(ka):

Abstrakt:

21. 10. 2020

³⁶<mailto:ivan.richter@jfji.cvut.cz>

³⁷<mailto:ladislav.kalvoda@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 21:

Interakce kvantovaného optického pole s vybranými kvantovými systémy

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter³⁸

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt:

³⁸<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 22:

Nelokální a kvantové efekty v plazmonických nanostrukturách

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter³⁹

Konzultant(i): Ing. P. Kwiecien, Ph.D.⁴⁰

Student(ka):

Abstrakt:

³⁹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

⁴⁰<mailto:pavel.kwiecien@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 23:

Neklasické stavy světla: základní vlastnosti a možnosti jejich realizace

Typ práce: BP (VÚ)

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁴¹

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁴²

Student(ka):

Abstrakt:

⁴¹<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁴²<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

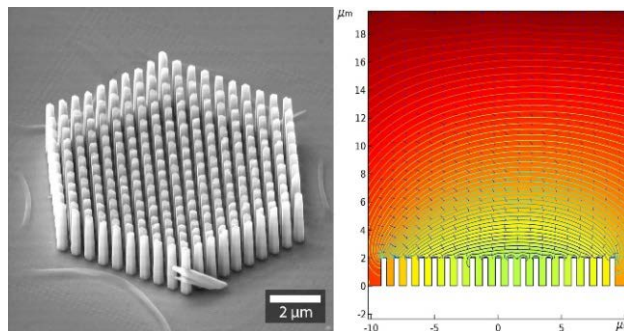
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

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 součástek. 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

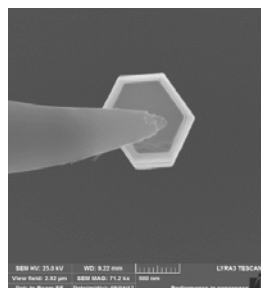
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

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

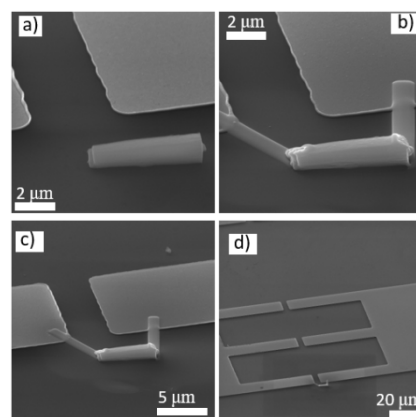
Konzultant: doc. Dr. Ing. Ivan Richter, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra fyzikální elektroniky.

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

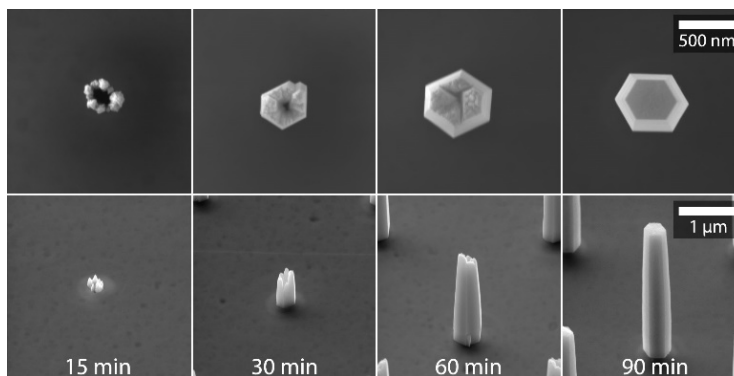
Školící pracoviště: Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i. (ÚFE)

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.

Rámcové téma práce č. 32:

Možnosti využití grafenu v fotonických a plazmonických nanostrukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴³

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.

⁴³<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 33:

Subvlnově strukturované vlnovodné struktury

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁴

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.

⁴⁴<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 34:

Vlnovodné a fotonické struktury s kompenzací zisku a ztrát

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁵

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.

⁴⁵<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 35:

Vybrané problémy šíření elektromagnetického pole ve fotonických a plazmonických strukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁶

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.

⁴⁶<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 36:

Fyzikální chování vybraných metamateriálů a metapovrchů

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁷

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.

⁴⁷<mailto:ivan.richter@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 37:

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

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁸

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.

⁴⁸<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 38:

Povrchové vlny a efekty v nanostrukturách

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁴⁹

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: V současné době nanostruktury představují atraktivní a variantu, často využívající 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.

⁴⁹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 39:

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

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁵⁰

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 fyzikou, 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.

⁵⁰<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 40:

Základy fyzikálního chování kvantových nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁵¹

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.

⁵¹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 41:

Fyzika periodických fotonických a plazmonických nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁵²

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.

⁵²<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 42:

Metody pro modelování fotonických a plazmonických nanostruktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: Ing. P. Kwiecien, Ph.D.⁵³

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁵⁴

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.

⁵³<mailto:pavel.kwiecien@fjfi.cvut.>

⁵⁴<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 43:

Neklasické kvantové stavy světla a možnosti jejich aplikací

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. I. Richter⁵⁵

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.).

⁵⁵<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 44:

**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.⁵⁶

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁵⁷

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.

⁵⁶<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁵⁷<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 45:

Možnosti paralelních výpočtů pro simulace fotonických a plazmonických struktur

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁵⁸

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁵⁹

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.

⁵⁸<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁵⁹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 46:

Integrální metody hraničních prvků pro aplikace ve fotonice a plazmonice

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁶⁰

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁶¹

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.).

⁶⁰<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁶¹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 47:

Možnosti numerických simulací nelineárních problémů ve fotonice a plazmonice

Typ práce: BP, VÚ (DP)

Vedoucí práce: doc. Ing. M. Šiňor, Dr.⁶²

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁶³

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.

⁶²<mailto:milan.sinor@fjfi.cvut.cz>

⁶³<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 48:

Měření nelineárního indexu lomu metodou Z-scan

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁶⁴

Konzultant(i): RNDr. M. Michl, Ph.D.⁶⁵

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.

⁶⁴<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁶⁵<mailto:martin.michl@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 49:

Fluorescence buzená dvoufotonovou absorpcí entanglovaných párů fotonů

Typ práce: BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁶⁶

Konzultant(i): RNDr. M. Michl, Ph.D.⁶⁷

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.

⁶⁶<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

⁶⁷<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 50:

Spontánní parametrická sestupná konverze

Typ práce: BP, VÚ, (DP)

Vedoucí práce: Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁶⁸

Konzultant(i): doc. Dr. Ing. I. Richter⁶⁹

Student(ka):

Abstrakt: Spontánní parametrická sestupná konverze (SPDC) je nelineární proces důležitý v oblasti kvantové optiky. Je využitelný pro generaci jednotlivých fotonů nebo pro generování párů entanglovaných fotonů. Cílem práce je seznámení se s tímto procesem a jeho případná laboratorní realizace.

⁶⁸<mailto:miroslav.dvorak@fjfi.cvut.cz>

⁶⁹<mailto:ivan.richter@fjfi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 51:

Ovlivňování fotofyzikálních vlastností molekul pomocí plazmonických nanostruktur

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁷⁰

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁷¹, 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.

⁷⁰<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁷¹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 52:

Přenos elektronové excitační energie v organických sloučeninách

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁷²

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁷³

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.

⁷²<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁷³<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 53:

Látky s dlouhou dobou dohasínání luminescence

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁷⁴

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁷⁵

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 biomedicíně 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.

⁷⁴<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁷⁵<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 54:
Nelineární optické vlastnosti molekul

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁷⁶

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁷⁷

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.

⁷⁶<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁷⁷<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 55:

Molekulární krystaly pro terahertzové aplikace

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁷⁸

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁷⁹

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.

⁷⁸<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁷⁹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 56:

Agregací vyvolaná emise v organických sloučeninách

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁸⁰

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁸¹

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.

⁸⁰<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁸¹<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 57:

Termálně aktivovaná zpožděná fluorescence

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁸²

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁸³

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.

⁸²<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁸³<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 58:

Vývoj nových plastických scintilátorů pro detekci ionizujícího záření

Typ práce: RP, BP, VÚ, DP

Vedoucí práce: RNDr. M. Michl, Ph.D.⁸⁴

Konzultant(i): Ing. M. Dvořák, Ph.D.⁸⁵

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).

21. 10. 2020

⁸⁴<mailto:martin.michl@jfji.cvut.cz>

⁸⁵<mailto:miroslav.dvorak@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 59:

Elektronika časové měřicí ústředny pro kosmické projekty

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: prof. Ing. I. Procházka, DrSc.⁸⁶

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Experimentální práce zaměřená na optimalizaci elektroniky stávající časové měřicí ústředny. Časová měřicí je komplexní elektronický obvod řízený programovatelným logickým polem. Optimalizovanými parametry budou časové rozlišení, jeho stability a radiační odolnost ústředny pro její aplikace v kosmických projektech přenosu přesného času laserovými impulsy ze Země na družici.

⁸⁶<mailto:ivan.prochazka@jfifi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 60:

Programové vybavení pro zpracování časové informace z GNSS přijímače

Typ práce: RoP

Vedoucí práce: Ing. J. Blažej, Ph.D.⁸⁷

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Softwarová práce s úzkou vazbou na fyzikální experiment. Vytvoření programového vybavení pro autonomní synchronizaci počítače a k němu připojených přístrojů s časovou stupnicí GNSS. Modifikace pro různé přijímače GNSS signálů a různé OS počítače.

⁸⁷<mailto:josef.blazej@fjfi.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 61:

Detektor jednotlivých fotonů pro aplikace v kosmických projektech

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: prof. Ing. I. Procházka, DrSc.⁸⁸

Konzultant(i):

Student(ka):

Abstrakt: Experimentální elektronická a optická práce, optimalizace stávajícího řídicího obvodu detektoru jednotlivých fotonů pro parametry podle aktuálních požadavků připravovaných kosmických projektů. Testování a ověření činnosti navržené úpravy v laboratorních experimentech časově korelovaného čítání fotonů.

⁸⁸<mailto:ivan.prochazk@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 62:

Použití metody Monte Carlo k analýze chyb měření

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: externista

Konzultant(i): Ing. J. Blažej, Ph.D.⁸⁹

Student(ka):

Abstrakt: Teoreticky a softwarově zaměřená práce na pomezí aplikované matematiky a fyziky s úzkou vazbou na reálná měření při vzájemném odvalu přesných strojírenských součástí, zejména ozubených kol. Práce bude směřovat k vytvoření simulátoru odvalů, který umožní okamžitou analýzu chyb odvalu na základě jeho obrazu ve zvoleném stavovém prostoru.

⁸⁹<mailto:josef.blazej@fjfi.cvut.cz>

Návrh zadání bakalářské práce / výzkumného úkolu

Název práce: **Iontový zdroj těžko tavitelných prvků**

Vedoucí práce: **Ing. Michaela Martínková, PhD.**

Konzultant(i): **Prof. Ing. Jaroslav Král, CSc.**

Student(ka):

Anotace:

Tématem této experimentální práce by byla činnost se 100 keV urychlovačem iontů těžko-tavitelných prvků, sloužícího zejména k iontové implantaci. Zařízení tohoto typu jsou vhodná pro úpravu materiálů, tvorbu dopovaných optických materiálů, studium opotřebení materiálů jaderných a fúzních reaktorů, apod.

Náplní práce by bylo seznámit se nejprve s problematikou nízko-energetických iontových svazků (BP), a poté navázat s vlastní prací na urychlovači (VÚ). Téma je vhodné i pro zájemce o elektroniku. Na téma lze následně navázat a pokračovat i ve vyšších ročnících diplomovou prací.

Dotazy k tématu směřujte na: michaela.martinkova@fffi.cvut.cz

Návrh zadání bakalářské práce / výzkumného úkolu

Název práce: **Magneto-plazmatický kompresor**

Vedoucí práce: **Ing. Michaela Martínková, PhD.**

Konzultant(i):

Student(ka):

Anotace:

Tématem práce by bylo seznámit se s principem fungování tzv. magneto-plazmatického kompresoru a možnostmi jeho uplatnění. Zařízení tohoto typu jsou vhodná pro studium interakce jimi generovaného plazmatického jetu s materiály určenými pro činnost v extrémních podmínkách. Student(ka) by se účastnil(a) stavby a zprovoznění zařízení, seznámil(a) by se s vhodnými diagnostickými metodami (stínová metoda, interferometrie) pro studium interakce plazmatického jetu s tělesy. Z povahy věci se jedná více o experimentální téma.

Téma práce je vhodné pro bakalářskou práci, či výzkumný úkol. Na téma lze následně navázat a pokračovat ve vyšších ročnících i na diplomovou práci.

Dotazy k tématu směřujte na: michaela.martinkova@fffi.cvut.cz

Návrh zadání bakalářské práce / výzkumného úkolu

Název práce: **Uhlíkové nanovrstvy**

Vedoucí práce: **Ing. Michaela Martínková, PhD.**

Konzultant(i): **Prof. Ing. Jaroslav Král, CSc.**

Student(ka):

Anotace:

Tématem této bakalářské práce, či výzkumného úkolu, by bylo nejprve se seznámit s problematikou tvorby diamantových a uhlíkových nanovrstev a jejich vlastnostmi, či možnostmi aplikace. Diamantové vrstvy jsou v laboratorním prostředí tvořeny vakuovým naprašováním pomocí obloukového výboje a utužovány zdrojem iontů či elektronů, který umožňuje jejich další růst až do hloubky několika mikrometrů. Diamantové vrstvy se nacházejí ale například i v meziplanetárním prostoru.

Praktickou částí (VÚ) by tak bylo vytvořit diamantové nanovrstvy na 100 keV urychlovači iontů a podrobit je analýze na elektronovém mikroskopu, či jiné diagnostické metodě vhodné ke zkoumání takovýchto vrstev.

Na téma lze následně navázat a pokračovat i ve vyšších ročnících diplomovou prací.

Dotazy k tématu směřujte na: *michaela.martinkova@fffi.cvut.cz*

Návrh zadání bakalářské práce / výzkumného úkolu

Název práce: **Hypertermální zdroj iontů generovaný laserem**

Vedoucí práce: **Ing. Michaela Martínková, PhD.**

Konzultant(i):

Student(ka):

Anotace:

Tématem práce by bylo seznámit se s problematikou hypertermálního zdroje iontů a neutrálních částic generovaný laserem a jeho aplikacemi. Tento typ zdroje je vhodný pro studium interakce plazmatického jetu s povrchy a tělesy vystavenými extrémním podmínkám. Součástí práce by rovněž bylo seznámit se s diagnostickými metodami používanými pro měření na zařízení tohoto typu a experimentální realizace měření.

Téma práce je vhodné pro bakalářskou práci, či výzkumný úkol. Na téma lze následně navázat a pokračovat ve vyšších ročnících i na diplomovou práci.

Dotazy k tématu směřujte na: michaela.martinkova@fffi.cvut.cz

Rámcové téma práce č. 67:
Diodově buzený Tm:CaF₂ laser

Typ práce: BP, VÚ, DP

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

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.⁹¹

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 se 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.

⁹⁰<mailto:michal.jelinek@jfji.cvut.cz>

⁹¹<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

TÉMATA STUDENTSKÝCH PRACÍ PRO ŠKOLNÍ ROK 2020–21

Rámcové téma práce č. 68:

Laser s nelineárním zrcadlem pro pasivní synchronizaci módů

Typ práce: BP, VÚ, DP

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

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.⁹³

Student(ka):

Abstrakt: Nelineární zrcadla představují zajímavou možnost dosažení režimu generace ultrakrátkých impulsů u pevnolátkových laserů, například Nd:YVO₄. Cílem práce je seznámení se s principem nelineárního zrcadla založeného na periodicky pólovaném lithium niobátu (PPLN). Dále v rámci práce provedete návrh, konstrukci a měření výstupních parametrů laseru s nelineárním zrcadlem.

21. 10. 2020

⁹²<mailto:michal.jelinek@jfifi.cvut.cz>

⁹³<mailto:vaclav.kubecek@jfifi.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 69:

Automatizace měření kvality laserového svazku

Typ práce: RP, BP

Vedoucí práce: Ing. M. Frank⁹⁴

Konzultant(i): Ing. David Vyhliďal, Ph.D.⁹⁵

Student(ka):

Abstrakt: Kvalita a prostorové rozložení laserového svazku jsou jedním ze základních charakteristik laserového zdroje a pro mnoho aplikací mají stěžejní význam. Oba parametry mohou taktéž ovlivňovat samotný výsledek interakce. Kvalita svazku se udává pomocí M^2 parametru a vyjadřuje míru, jak se měřený svazek přibližuje tzv. Gaussovu svazku, jakožto k řešení s difrakčním limitem. Jedna z metod měření kvality svazku je založena na měření pomocí ostré hrany (Knife-edge method), kdy je snímána prošlá intenzita záření v závislosti na definovaném zakrytí svazku. Cílem práce je návrh a vývoj automatického měřiče kvality svazku pomocí výše zmíněné metody. Student se nejprve seznámí s popisem hlavních parametrů svazku, s teorií šíření laserového svazku volným prostorem a měřením parametru kvality svazku. Dále navrhne a realizuje měřicí zařízení spolu s ovládacím programem. Vyrobený automatizovaný měřič bude dále využíván v běžné laboratorní činnosti.

⁹⁴<mailto:frankmil@jfji.cvut.cz>

⁹⁵<mailto:david.vyhliďal@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 70:

Numerické modelování průběhu svazku v otevřeném rezonátoru

Typ práce: RP, BP

Vedoucí práce: Ing. M. Frank⁹⁶

Konzultant(i): Ing. David Vyhliďal, Ph.D.⁹⁷, prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.⁹⁸

Student(ka):

Abstrakt: Nezbytnou součástí při návrhu a vývoji pevnolátkových laserů a laserů obecně je stanovení průběhu základního módu laserového záření uvnitř otevřeného rezonátoru. Existuje mnoho metod, jak nalézt základní parametry příčného rozložení záření, jenž osciluje v laserovém rezonátoru. Nejčastěji se jedná o metody založené na principu ABCD optiky, která je velmi jednoduchá a intuitivní. Cílem práce je vývoj programu pro nalezení rozložení základního módu a módu vyšších řádu uvnitř rezonátoru se specifickými podmínkami. Práce je plně teoretického charakteru. Požaduje se znalost programování v jazyce MATLAB, C++ nebo Python

⁹⁶<mailto:frankmil@jfji.cvut.cz>

⁹⁷<mailto:david.vyhliďal@jfji.cvut.cz>

⁹⁸<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 71:

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

Typ práce: RP, BP

Vedoucí práce: Ing. M. Frank⁹⁹

Konzultant(i): prof. Ing. V. Kubeček, DrSc.¹⁰⁰

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 nejnámějším 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.

⁹⁹<mailto:frankmil@jfji.cvut.cz>

¹⁰⁰<mailto:vaclav.kubecek@jfji.cvut.cz>

Rámcové téma práce č. 72:

Eulerovské modelování interakce laserového záření s plazmatem

Typ práce: BP, VÚ

Vedoucí práce: prof. Ing. J. Limpouch, CSc.¹⁰¹

Konzultant(i): prof. Ing. R. Liska, CSc.¹⁰²

Student(ka): Jiří Löffelmann

Abstrakt:

¹⁰¹<mailto:jiri.limpouch@jfji.cvut.cz>

¹⁰²<mailto:liska@siduri.fjfi.cvut.cz>