



Téma dizertačnej práce (DzP)

Akademický rok 2026/2027

Názov	ADAPTÍVNA INTERFERENČNÁ LITOGRAFIA PRE FÁZOVÉ MRIEŽKY A DIFRAKČNÉ OPTICKÉ PRVKY		
Inštitúcia	Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinská univerzita v Žiline		
Miesto	Žilina, Slovensko		
PhD. program	Elektrotechnológie a materiály		
Školiteľ	doc. Ing. Ľuboš Šušlik, PhD. Katedra fyziky		
Školiteľ špecialista	Ing. Matej Goraus, PhD. Katedra fyziky		
Forma štúdia	Denná		
Dĺžka štúdia	3 roky		
Jazyk štúdia	slovenský		
Dátum nástupu	1.9.2026		
Výskumná oblasť	Fotonika, Nanolitografia, Optoelektronika		
Kontakt zadávateľa	Tel. číslo: +421 41 513 2300	E-mail: dusan.pudis@uniza.sk	Web stránka: Link: fyzika.uniza.sk

Anotácia témy DzP

Dizertačná práca sa zameriava na výskum a implementáciu inovatívnej metódy adaptívnej interferenčnej litografie, ktorá kombinuje dynamickú fázovú moduláciu prostredníctvom priestorových modulátorov svetla (SLM) a spolu s laserovou interferenčnou litografiou (LIL). Hlavným cieľom je prekonanie technologických obmedzení štandardnej laserovej interferenčnej litografie a dosiahnutie flexibility pri zápise fázových profilov na veľkých plochách. Práca sa zameriava na medzeru v efektívnej príprave difrakčných optických prvkov (DOE), ako sú mikrošoškovkové polia, fázové mriežky s premenlivou periódou a prvky pre tvarovanie laserových zväzkov. Vývoj zahŕňa návrh algoritmov pre generovanie digitálnych fázových masiek, štúdium interferencie modulovaných vlnoploch a optimalizáciu procesu prenosu nanovzorov do dielektrických, polovodičových a kovových substrátov. Navrhovaná metodika kombinuje výhody interferenčných metód ako sú veľplošné mriežky, vysoká rýchlosť s presnosťou adaptívnej optiky. Toto otvára nové možnosti v oblasti integrovanej fotoniky a senzorických systémov pracujúcich v širokom spektrálnom rozsahu od UV až po NIR oblasť. Technický prínos práce bude v implementovaní SLM do automatizovanej LIL, ktorá už existuje na Katedre fyziky. Vedecký prínos bude smerovaný na vytváranie veľkých polí pre plazmonické snímacie prvky, pre metapovrchy a pre generovanie vortexového lúča pre biomedicínske aplikácie.

Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

Výskum sa zameriava na prekonanie kritického limitu súčasnej nanolitografie, ktorým je kompromis medzi plochou zápisu a flexibilitou geometrie. Klasičná laserová interferenčná litografia (LIL) exceluje v rýchlosti, ale je obmedzená len na periodické vzory. Integrácia priestorového modulátora svetla (SLM) do tohto procesu transformuje statickú interferenciu na dynamický nástroj schopný generovať požadované fázové profily. Technologickým jadrom je využitie SLM ako digitálne programovateľnej masky, ktorá v reálnom čase modifikuje vlnoplochu interferujúcich zväzkov. Tento prístup umožňuje vytváranie progresívnych difrakčných optických elementov (DOE) a metapovrchov s vysokým rozlíšením, ktoré sú kľúčové pre manipuláciu so svetlom v sub-vlnovej oblasti. Výskum rieši ako efektívne vyrábať veľkoplošné plazmonické polia pre senzoriku a biomedicínske aplikácie bez nutnosti použitia drahých a pomalých skenovacích metód, akou je napr. elektrónová litografia. Výsledkom bude plne automatizovaná litografická platforma na Katedre fyziky, schopná generovať štruktúry pre komplexné optické javy, vrátane vortexových lúčov s orbitálnym momentom hybnosti, využitelných pri optickej

manipulácii s biologickými mikroobjektmi. Doktorand bude zodpovedný za návrh a kódovanie algoritmov pre generovanie digitálnych fázových masiek (napr. Gerchberg-Saxtonov algoritmus). Súčasťou je numerické modelovanie interferenčných polí a predikcia výsledných nanovzorov v rezište, čo vyžaduje pokročilú prácu v prostrediach MATLAB alebo Python. Zodpovednosť uchádzača taktiež zahŕňa kompletný technologický cyklus od prípravy substrátov, cez nanášanie tenkých vrstiev kovov a polovodičov, až po samotnú expozíciu a následné leptanie a taktiež bude vykonávať detailnú charakterizáciu topografie pripravených vzoriek pomocou mikroskopie SEM a AFM. Súčasťou bude optická charakterizácia prvkov, meranie difrakčnej účinnosti a testovanie schopnosti generovať vortexové lúče alebo plazmonické rezonancie v závislosti od aplikácie.

Výskumné úlohy doktoranda pre riešenie tejto témy a jeho zapojenie do vedecko-výskumných aktivít pracoviska:

- **Skúsenosti s experimentálnou laboratórnou prácou:** Schopnosť samoštatne navrhovať a realizovať pokročilé optické meracie zostavy so zameraním na laserové litografie a manipuláciu s optickými zväzkami.
- **Programovanie a využitie softvéru:** Ovládanie programovacích jazykov a prostredí (MATLAB, LabVIEW, Origin) na účely automatizácie pracoviska, riadenia laboratórnych prístrojov a efektívneho spracovania nameraných dát.
- **Numerické modelovanie a simulácie:** Zručnosť v práci s komerčnými alebo open-source softvérmi pre elektromagnetické simulácie (napr. Lumerical FDTD, COMSOL Multiphysics, ANSYS) so zameraním na simulácie povrchu.
- **Obsluha pokročilej techniky a nanotechnológií:** laserové litografie, depozičné techniky, ovládanie analytických zariadení, ako sú spektrometre, optické mikroskopy a systémy pre morfológickú charakterizáciu (SEM, AFM).
- **Všeobecné úlohy doktoranda:** samoštatné riešenie definovaných výskumných úloh pod odborným vedením školiteľa, aktívna účasť na vedecko-výskumných projektoch pracoviska, spracovanie a interpretácia výsledkov, príprava vedeckých publikácií, konferenčných príspevkov a prezentácií, spolupráca s ďalšími členmi výskumného tímu, prípadne s externými partnermi.

Profil uchádzača

Pre túto tému sa od uchádzača vyžaduje nasledovný osobnostný profil:

1. Odborné vedomosti
 - Nevyhnutné: Základy optiky, vlnovej optiky, elektromagnetizmu a nanotechnológií.
 - Výhodou sú: Orientácia v nanofotonike, nanotechnológiách alebo v interakcii svetla s biologickými štruktúrami.
2. Technické a metodické zručnosti
 - Schopnosť práce v simulačných prostrediach (FDTD, Matlab) a základná skúsenosť s laboratórnym experimentom.
 - Zručnosť v spracovaní a interpretácii vedeckých dát (MATLAB, Origin).
3. Jazykové a komunikačné schopnosti
 - Aktívna znalosť anglického jazyka na úrovni umožňujúcej štúdium zahraničnej literatúry a písanie vedeckých publikácií.
 - Ochota prezentovať výsledky výskumu na medzinárodných fórach.
4. Osobnostné predpoklady
 - Vysoká miera samoštatnosti, analytické myslenie a schopnosť riešiť komplexné teoretické a experimentálne úlohy.
 - Systematický prístup a schopnosť efektívnej komunikácie v rámci výskumného tímu.
5. Ďalšie výhodné predpoklady
 - Predchádzajúca skúsenosť s výskumnou činnosťou (napr. ŠVOČ alebo diplomová práca v príbuznom odbore).
 - Motivácia pre interdisciplinárny výskum na pomedzí fyziky a nanotechnológií.

Financovanie:

- Horizon Europe, No. 101057029, Automated Maskless Laser Lithography Platform for First Time Right Mixed Scale Patterning
- Erasmus +, No. KA220-HED-000161167, Výučba pokročilých technológií prostredníctvom digitálnej aditívnej výroby, 3D tlače a μ -tlače