



Téma dizertačnej práce (DzP)

Akademický rok 2026/2027

Názov	Návrh a charakterizácia plazmonických metamateriálov s chirálnou odozvou		
Inštitúcia	Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinská univerzita v Žiline		
Miesto	Žilina, Slovensko		
PhD. program	Elektrotechnológie a materiály		
Školiteľ	Prof. Ing. Dušan Pudiš, PhD. Katedra fyziky		
Školiteľ špecialista	Mgr. Ivana Lettrichová, PhD. Katedra fyziky		
Forma štúdia	denná		
Dĺžka štúdia	3 roky		
Jazyk štúdia	slovenský		
Dátum nástupu	1.9.2026		
Výskumná oblasť	Fotonika, Senzorika, Optoelektronika		
Kontakt zadávateľa	Tel. číslo:	E-mail:	Web stránka:
	+421 41 513 2300	dusan.pudis@uniza.sk	Link: fyzika.uniza.sk

Anotácia témy DzP

Predložená dizertačná téma reaguje na aktuálne výzvy v oblasti ultracitlivej biosenzoriky, kde tradičné metódy narážajú na limity pri detekcii nízkych koncentrácií chirálnych biomolekúl. Výskum sa primárne zameriava na inžinierstvo kovovo-dielektrických rozhraní, ktoré vďaka excitácii povrchových plazmónov umožňujú lokalizovať a zosilniť elektromagnetické pole do subvlnových rozmerov. Základným vedeckým cieľom je príprava nových nanoštruktúr a modifikácia ich geometrických parametrov tak, aby generovali čo najvyššiu optickú chirálnu hustotu, čím sa dosiahne výrazne silnejšia interakcia s chirálnymi analytmi v porovnaní s neštruktúrovanými materiálmi. Navrhnuté štruktúry integrujú súčasne aj mechanizmy povrchovo zosilnenej Ramanovej spektroskopie (SERS), čo umožní simultánne získavať informácie o chemickom zložení a priestorovej konfigurácii molekúl (enantiomérov). Numerické modelovanie pomocou metód FDTD a FEM bude mať za úlohu predikciu spektrálnych extrémov. Experimentálna časť zahŕňa pokročilé nanotechnológie na prípravu týchto nanoštruktúr ale aj meranie cirkulárneho dichroizmu, analýzu v blízkom poli ako aj štandardnú morfológickú charakterizáciu atómovým silovým mikroskopom (AFM), elektrónovým mikroskopom (SEM) a konfokálnym mikroskopom (CLSM). Výsledkom je komplexný návrh a príprava inteligentných nanoštrukturovaných substrátov, ktoré posúvajú hranice detekčných limitov v senzorike a biomedicínskej diagnostike.

Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

Predložená práca sa zameriava na prekonanie súčasných limitov v detekcii chirálnych látok, ktoré sú kľúčové najmä vo farmaceutickom priemysle, kde majú rôzne enantioméry liečiv odlišné biologické účinky. Výskum je postavený na synergii teoretických simulácií a pokročilých nanotechnológií, pričom hlavný dôraz sa kladie na vývoj hybridných kovovo-dielektrických rozhraní s presne definovanou symetriou.

V rámci dizajnu sa budeme zaoberať javom tzv. „superchirálnych“ polí, ktoré vznikajú v tesnej blízkosti plazmonických nanoštruktúr a dramaticky zvyšujú citlivosť meraní cirkulárneho dichroizmu. Praktická časť práce zahŕňa optimalizáciu nanotechnologických procesov s využitím laserovej interferenčnej litografie, 3D laserovej litografie a elektrónovej litografie a súčasne depozíciu tenkých kovových vrstiev, s cieľom dosiahnuť požadovanú štruktúru a geometriu senzorických povrchov.

Okrem biosenzingu sa práca venuje aj hĺbkovej analýze morfológických vplyvov na optickú odozvu, kde pomocou výsledkov z atómovej silovej mikroskopie (AFM), reflexných a transmisných meraní a Ramanovej spektroskopie (SERS) definujeme vzťah medzi nanogeometriou a zosilnením signálu. Výsledné poznatky prinesú

novú metodiku pre vývoj vysoko selektívnych diagnostických čipov schopných pracovať s minimálnymi objemami vzoriek v reálnom čase.

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 detekciu slabých signálov a manipuláciu s optickými zväzkami.
- **Programovanie a využitie softvéru:** Ovládanie programovacích jazykov a prostredí (MATLAB, LabVIEW, Origin) na účely automatizácie pracoviska, riadenia laboratórných 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 výpočet optickej chirálnnej hustoty a SERS zosilnenia.
- **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 fyziky tuhých látok.
 - Výhodou sú: Orientácia v nanofotonike, plazmonike alebo v interakcii svetla s biologickými štruktúrami.
2. Technické a metodické zručnosti
 - Schopnosť práce v simulačných prostrediach (FDTD, FEM) 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, nanotechnológií a biológie.

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