



## Téma dizertačnej práce (DzP)

Akademický rok 2026/2027

Názov	Dielektrické mikrozrkadlá na čipe pre aplikácie vo fotonických a optoelektronických prvkoch		
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	prof. Ing. Dušan Pudiš, PhD. Katedra fyziky		
Forma štúdia	denná		
Dĺžka štúdia	3 roky		
Jazyk štúdia	slovenský		
Dátum nástupu	1.9.2026		
Výskumná oblasť	Fotonika, Sensorika, Optoelektronika		
Kontakt zadávateľa	Tel. číslo:	E-mail:	Web stránka:
	+421 41 513 2300	dusan.pudis@uniza.sk	Link: fyzika.uniza.sk

### Anotácia témy DzP

Dizertačná práca je zameraná na vývoj dielektrických mikrozrkadiel integrovaných priamo na fotonických čipoch a optoelektronických prvkoch, ktoré využívajú pokročilé princípy nanofotoniky. Hlavným cieľom výskumu je návrh a príprava multivrstiev usporiadaných v 3D geometrii inšpirovaných nanoštruktúrou krídel motýľov rodu *Morpho*, ktoré vykazujú unikátne selektívne spektrálne vlastnosti vysokej reflektivity. Jadro práce spočíva vo využití týchto prírodných štruktúr v technickej praxi pomocou technológie 3D laserovej litografie (dvojfotónová polymerizácia), ktorá umožňuje prípravu komplexných nanoštruktúr s rozlíšením menej ako vlnová dĺžka svetla. Tieto mikrozrkadlá na čipe sú kľúčovým elementom pasívnych ale aj aktívnych fotonických prvkov. Ich uplatnenie je v miniatúrnych optických rezonátoroch, integrovaných laseroch alebo vysoko selektívnych spektrálnych filtroch na čipe. Zvlášť sa ukazuje nová cesta ich využitia vo vysoko citlivých senzoroch založených na detekcii indexu lomu pri usporiadaní takýchto zrkadiel v pároch. Súčasťou práce bude okrem numerického modelovania a samotnej prípravy aj komplexná optická charakterizácia a morfológická analýza pripravených vzoriek. Výstupom dizertačnej práce bude metodika návrhu fotonických prvkov využívajúcich takéto zrkadlá pre aplikácie v modernej fotonike na čipe, optoelektronike a optických senzoroch.

### Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

Aktuálny trend miniaturizácie optických systémov vyžaduje integráciu vysoko účinných reflexných prvkov priamo do štruktúry fotonických čipov. Predkladaná práca rieši túto výzvu implementáciou dielektrických multivrstiev vytvárajúcich mikrozrkadlá. Hlavným vedeckým prínosom je návrh a vývoj týchto komplexných dielektrických zrkadiel v 3D geometrii do polymérnych materiálov pomocou metódy dvojfotónovej polymerizácie, čo umožňuje prekonať limity klasickej planárnej litografie hlavne v 3D usporiadaní.

V rámci experimentálnej fázy sa výskum zameria na analýzu vzťahu medzi geometriou nanoštruktúry a jej výslednými optickými vlastnosťami. Na verifikáciu rozlíšenia a kvality procesu a štúdium povrchovej topografie sa využijú pokročilé metódy skenovacej elektrónovej mikroskopie (SEM) a mikroskopie atomárnych síl (AFM). Kľúčovou súčasťou práce bude návrh a vybudovanie špecializovanej meracej aparatury určenej na charakterizáciu uhlovo-spektrálnych závislostí. Tento setup umožní mapovanie reflektivity v závislosti od uhla dopadu a vlnovej dĺžky na mikroštruktúrach, čo je nevyhnutné pre potvrdenie funkčnosti navrhnutých zrkadiel v komplexných optických systémoch.

Praktický význam práce podčiarkuje vývoj senzoričkej platformy, kde dvojica zrkadiel vytvorí optickú dutinu citlivú na zmeny indexu lomu okolitého prostredia. Takéto riešenie otvára nové možnosti v oblasti „lab-on-a-chip“ diagnostiky, kde kombinácia vysokej selektivity bio-inšpirovaných štruktúr a citlivosti rezonančných javov umožní detekciu stopových množstiev látok s vysokým rozlíšením.

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 optických signálov a manipuláciu s optickými väzkami.
- **Programovanie a využitie softvéru:** Ovládanie programovacích jazykov a prostredí (MATLAB, LabVIEW, Origin) na účely automatizácie pracoviska, 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 fotonického zakázaného pásma a odrazových vlastností zložitých štruktúr.
- **Obsluha pokročilej techniky a nanotechnológií:** Laserové litografie, depozičné techniky, ovládanie analytických zariadení, ako sú spektrometre, optické mikroskopy, konfokálny laserový mikroskop, optické diagnostiky a systémy pre morfológickú charakterizáciu.
- **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 osobnosťný profil:

1. Odborné vedomosti
  - Nevyhnutné: Základy optiky, vlnovej optiky, elektromagnetizmu a fyziky tučných látok.
  - Výhodou sú: Orientácia v nanofotonike, plazmonike alebo v interakcii svetla s biologickými štruktúrami.
2. Technické a metodické zručnosti
  - Schopnosť práce v simulačných prostredia (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. Osobnosťné 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  $\mu$ -tlače