

REZUMAT

Această teză de abilitare în domeniul Fizicii prezintă rezultate științifice și realizări profesionale acumulate în perioada 2009–2025, ulterior obținerii titlului de doctor. Lucrarea se situează la intersecția dintre Nanofotonică, Plasmonică, Spectroscopie Optică și Știința Materialelor, fiind articulată în jurul a trei piloni de cercetare interconectați: (i) dezvoltarea auto-asamblării coloidale ca instrument de fabricare a nanostructurilor din metale nobile; (ii) studiul și înțelegerea fundamentală a proprietăților lor optice și plasmonice; și (iii) exploatarea lor în aplicații de detecție optică moleculară prin spectroscopie Raman sau fluorescență amplificate de suprafețe (SERS, SEF).

Contribuțiile de fabricare se centrează pe Auto-Asamblarea Convectivă (CSA) a nano- și micro-particulelor coloidale, în special varianta originală Stop & Go CSA (SG-CSA), prin care am demonstrat un control independent al dimensiunilor laterale și periodicității spațiale a rețelelor de micro-fire de nanoparticule. Am demonstrat versatilitatea SG-CSA atât pentru nanoparticule de aur, cât și pentru oxid de grafen redus pe substraturi rigide sau flexibile. Asamblarea coloidală pe substraturi pre-topografiate DVD-R a furnizat rețele coloidale uniaxiale utilizate ca măști pentru nanostructuri plasmonice anizotrope sensibile la polarizare, în timp ce prin co-asamblare binară am produs filme de nanoparticule micro-structurate cu morfologie ierarhică și activitate SERS îmbunătățită.

În domeniul plasmonicii fundamentale, prin studii sistematice ale Filmelor Metalice peste Nanosfere (MFoN) am stabilit dependența spectrelor de absorbție, transmisie și reflectanță de diametrul sferelor, grosimea filmului și mediul înconjurător, pe intervale largi de parametri și domenii spectrale, susținute de simulări FDTD. Aceste studii au contribuit la o înțelegere mai aprofundată a interacțiunii dintre plasmoni localizați și propagativi, a transmisiei optice extraordinare și a amplificării câmpului electromagnetic apropiat, relevante pentru spectroscopia îmbunătățită de suprafață. Măsurătorile SERS rezolvate în polarizare pe nanostructuri plasmonice anizotrope au evidențiat că re-radierea fotonilor SERS este guvernată de densitatea locală de stări optice și de rezonanța plasmonică dominantă a substratului, independent de polarizarea excitației, rezultat cu implicații pentru înțelegerea fundamentală a mecanismului electromagnetic de amplificare SERS. Am investigat efecte SEF atât pe oligomeri plasmonici individuali asamblați prin nanoxerografie AFM, cât și pe nanostructuri periodice de tip MFoN liniare, permițând cartografierea spațială directă a zonelor de amplificare și a modificărilor timpului de viață al fluorescenței, corelate cu geometria locală. Emisia îmbunătățită plasmonic a punctelor cuantice CdSeS/ZnS disper-

sate într-o matrice polimerică pe substraturi AuFoN a demonstrat factori de amplificare de până la 12, reglabili prin diametrul microsferelor.

Contribuțiile în domeniul senzorilor acoperă detecția LSPR, detecția moleculară bazată pe SERS și platforme multimodale. Am demonstrat că structurile MFoN funcționează ca senzori plasmonici atât în transmisie, cât și în reflexie, modul de reflexie oferind o sensibilitate de aproximativ un ordin de mărime mai ridicată. Substraturi SERS bazate pe filme auto-asamblate de nanoparticule de argint și aur au permis detecția unor analiti cu relevanță de mediu, inclusiv pesticide și poluanți farmaceutici, la concentrații de până la 10^{-7} M. Un nanosenzor dual chemirezistiv/SERS original, în care același ansamblu dens de nanoparticule funcționează simultan ca traductor rezistiv și substrat SERS, a fost demonstrat pentru prima dată. Integrarea microfluidică a substraturilor AuFoN combinată cu controlul electrochimic (EC-SERS) a stabilit o platformă versatilă pentru monitorizarea în timp real a analiților în medii apoase.

Producția științifică cuprinde 91 de publicații, 79 de articole (70 în perioada 2009–2025) în reviste peer-reviewed cu factor de impact, 1 carte și 2 capitole de carte – cu peste 2070 de citări și un indice h de 25 (Web of Science). Trei articole au fost selectate pentru copertele unor reviste (*Journal of Physical Chemistry C*, 2011; *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2013; *Analyst*, 2023), iar șase au primit fiecare peste 100 de citări. Am coordonat în calitate de director de proiect șapte granturi competitive în perioada 2011–2025, incluzând granturi naționale, un proiect Norway Grants și proiecte de cooperare bilaterală România–Franța. Din 2022, conduc grupul de *NanoFotonică* din cadrul INCDTIM Cluj-Napoca.

Dirrecțiile viitoare de cercetare vizează trei axe principale: (i) detecția prin SERS și SEF a poluanților de mediu emergenți și a nanoplasticelor, combinând optimizarea fundamentală a substraturilor ghidată de simulări FDTD și instrumente AI cu dezvoltarea de platforme reutilizabile, orientate spre aplicații pe teren; (ii) controlul emisiei luminoase în dispozitive fotonice, prin emisia îmbunătățită cu ajutorul nanostructurilor plasmonice, senzori bazați pe fluorescență îmbunătățită plasmonic și spectroscopie rezolvată în timp; și (iii) metasuprafețe fotonice cu indice de refracție ridicat bazate pe Ta₂O₅ nanostructurat, care susțin rezonanțe Mie și stări cuasi-legat în continuum cu pierderi de absorbție reduse. Aceste ambiții științifice sunt urmărite în paralel cu un angajament față de conducerea echipei de cercetare, îndrumarea studenților doctoranzi și predarea universitară, formând un plan coerent de dezvoltare profesională pe termen lung.