

## Rezumat

Teza de abilitare cu titlul „*Oxizi Nanostructurați și Biopolimeri Conductori: Interfețe Multifuncționale pentru Aplicații Biomedicale, de Conversie a Energiei, Electrochromice și Fotoelectrocatalitice*” sintetizează realizările academice, profesionale și științifice acumulate de-a lungul a peste două decenii de activitate de cercetare și didactică la Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, Facultatea de Inginerie Chimică și Biotehnologie.

Această lucrare este structurată pe două direcții de cercetare complementare, unificate printr-un cadru metodologic comun — sinteza prin metode electrochimice, fizice și chimice, caracterizarea avansată și integrarea funcțională a materialelor nanostructurate — și o viziune aplicativă orientată către tehnologii sustenabile și biomedicale. Direcția I abordează oxizii anorganici la scară nanometrică (în special  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$ ), iar Direcția II se concentrează pe sisteme bazate pe polimeri conductori și biopolimeri. Împreună, acestea definesc o abordare integrată structură–proprietăți–aplicații, de la electrochimia fundamentală până la integrarea în dispozitive funcționale.

Astfel, *direcția de cercetare I*, cu titlul: „I.2.1: *Oxizi anorganici micro- și nanostructurați multifuncționali pentru aplicații biomedicale, fotoelectrocatalitice și electrochromice*”, vizează fabricarea controlată și funcționalizarea de suprafață a nanostructurilor de  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  prin metode diverse, precum anodizarea electrochimică, metoda sol–gel, depunerea prin rotație (spin coating), electrofilarea (electrospinning) și texturarea laser. Obiectivul central îl reprezintă controlul precis al morfologiei, cristalinității și al proprietăților de transport electronic și ionic, în vederea integrării acestor nanostructuri în arhitecturi hibride destinate implanturilor biomedicale, electrocatalizei pentru reacția de degajare a hidrogenului (HER), ferestrelor inteligente electrochromice și decontaminării fotocatalitice a apei. Cele patru subteme prezentate demonstrează o abordare sistematică, de la ingineria suprafețelor implanturilor până la conversia energiei și aplicațiile de mediu.

Subcapitolul I.2.1.1 se referă la obținerea nano- și microstructurilor de  $\text{TiO}_2$  pe aliajul românesc nou  $\text{Ti}_6\text{Al}_7\text{Nb}$  prin două metode: anodizare electrochimică și texturare laser, investigând sistematic influența parametrilor de procesare asupra morfologiei, rezistenței la coroziune și răspunsului biologic. Contribuția originală constă în stabilirea unor corelații clare între metoda de obținere a acestor structuri, caracteristicile nanostructurii și performanța biologică, furnizând criterii de proiectare pentru suprafețe optimizate ale implanturilor pe bază de titan.

Subcapitolul I.2.1.2 prezintă electrocatalizatori hibridi de tip Ti/TiO<sub>2</sub>NT (NT — nanotuburi) decorați cu nanoparticule de Co sau Ag, sintetizați prin reducere electrochimică și depunere chimică. Aceste materiale prezintă rezistență redusă la transferul de sarcină, supratensiune scăzută și activitate îmbunătățită pentru reacția de degajare a hidrogenului (HER). O contribuție esențială o reprezintă dezvoltarea nanostructurilor hibride TiO<sub>2</sub>NT–metal cu eficiență catalitică sporită pentru producerea hidrogenului.

Subcapitolul I.2.1.3 descrie prepararea de filme electrochromice înalt cristaline pe bază de WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> și TiO<sub>2</sub>–PEG (polietilenglicol) pe substraturi de oxid de staniu dopat cu fluor (FTO), prin metode sol–gel, spin coating, electrofilare și depunere electrochimică. Au fost evidențiate performanțe electrochromice superioare prin stabilirea unor corelații între morfologie, transportul sarcinii și modulația optică. Noutatea constă în sinteza nanocompozitelor hibride cu caracteristici electrochromice controlate, destinate ferestrelor inteligente eficiente energetic.

Subcapitolul I.2.1.4 abordează o strategie ecologică de funcționalizare a nanotuburilor de TiO<sub>2</sub> cu molecule naturale — precum polidopamina, punctele cuantice de carbon derivate din fibroina mătăsii și clorofila — obținând astfel sisteme fotocatalitice active atât sub iradiere UV, cât și vizibilă, cu performanțe superioare în degradarea poluanților organici din apele uzate. Această lucrare demonstrează în mod inedit dezvoltarea structurilor hibride de TiO<sub>2</sub> bio-funcționalizate, bazate pe mecanismul dublei heterojoncțiuni de tip S-scheme, pentru remedierea eficientă a mediului.

Prin intermediul acestei prime direcții abordate, se urmărește controlul sistematic al morfologiei și proprietăților de suprafață ale nanostructurilor, integrând oxizi anorganici cu metale, polimeri conductori și molecule bio-inspirate, precum și stabilirea unor corelații riguroase structură–proprietăți–aplicații cu impact în tehnologiile biomedicale, energetice, de mediu și electrochromice.

*Direcția de cercetare II — „I.2.2: Dezvoltarea filmelor de polimeri conductori și a membranelor funcționale pe bază de biopolimeri pentru aplicații biomedicale, energetice și electrochromice”* — abordează ingineria moleculară și nanoscalară a materialelor polimerice funcționale, demonstrând modul în care polimerii conductori și biopolimerii — integrați cu suprafețe de oxizi nanostructurați — generează sisteme cu proprietăți electrice, electrochimice și ionice controlabile. Completând strategiile pe bază de oxizi din Direcția de cercetare I, această direcție explorează trei domenii interconectate: 1. acoperiri biomedicale pe bază de polipirol (PPy) electrodepus pe implanturi, 2. arhitecturi hibride polimer–oxid pentru conversia energiei și 3. electroliți polimerici solizi bio-inspirați pentru dispozitive electrochromice.

Principiul comun îl reprezintă ingineria interfețelor substrat–polimer și electrolit–polimer în vederea optimizării performanței funcționale.

În subcapitolul I.2.2.1 este investigată electrodepunerea acoperirilor de PPy pe aliajul Ti6Al7Nb, evaluând riguros efectele parametrilor de sinteză, ale dopării cu diferiți surfactanți și ale micro/nanostructurării asupra adeziunii filmului la substrat, rezistenței la coroziune și viabilității celulare. Contribuția originală constă în stabilirea corelațiilor structură–proprietăți–răspuns biologic pentru optimizarea biocompatibilității implanturilor.

Subcapitolul I.2.2.2 prezintă obținerea contra-electrozilor prin integrarea filmelor de poli(3,4-etilenedioxitiofen) sulfonat de polistiren (PEDOT:PSS) pe nanotuburi de TiO<sub>2</sub>, utilizate în celule solare sensibilizate cu coloranți naturali (DSSC). Morfologia filmului, conductivitatea și calitatea interfeței sunt corelate cu eficiența transportului de sarcină și performanța dispozitivului. Noutatea constă în proiectarea arhitecturilor hibride polimer–oxid care maximizează transferul de electroni și eficiența conversiei energiei.

Subcapitolul I.2.2.3 descrie sinteza electroliților polimerici solizi pe bază de biopolimeri și acid dezoxiribonucleic (ADN) dopat cu cromofori, utilizați pentru asamblarea dispozitivelor electrochromice de tip fereastră inteligentă. A fost investigată sistematic influența compoziției membranei, conductivității ionice și organizării structurale asupra stabilității electrochimice și performanței dispozitivului. Noutatea constă în dezvoltarea membranelor electrolitice bio-inspirate cu conductivitate ionică sporită, cinetică de comutare bună și stabilitate îmbunătățită pe termen lung.

Împreună, cele două direcții de cercetare definesc o abordare originală și integrată, combinând oxizii anorganici la scară nanometrică cu polimeri conductori și biopolimeri pentru crearea unor sisteme multifuncționale cu morfologie, proprietăți de suprafață și performanțe controlabile. Ansamblul contribuțiilor avansează înțelegerea fundamentală a relațiilor structură–proprietăți–aplicații și aliniaza lucrarea la prioritățile internaționale actuale din domeniul nanomaterialelor sustenabile, multifuncționale și bio-inspirate, cu relevanță demonstrată atât pentru comunitatea științifică, cât și pentru cea industrială.