

Fișa de prezentare a rezultatelor proiectului de cercetare

I. Codul(cifrul) și denumirea proiectului

16.80013.5007.08/Ro

Tehnologii de fabricare și aplicații ale nanoparticulelor și a nanoarhitecturilor bi- și tri-dimensionale pe bază de semiconductori de tip III-V

II. Denumirea programului de stat, denumirea direcției strategice

Programului de cooperare științifică și tehnologică între Academia de Științe a Moldovei și Autoritatea Națională pentru Cercetare Științifică și Inovare din România (ANCSI), Materiale, tehnologii și produse inovative.

III. Obiectivele proiectului

1. Dezvoltarea unei platformă de tehnologii cost eficiente pentru prepararea nanomaterialelor de diferită dimensionalitate în baza compușilor semiconductori III-V (InP, GaP, GaN):
 - (a) matrice semiconductoare poroase;
 - (b) nanoparticule metalice cu densitate dirijată;
 - (c) nanofire semiconductoare;
 - (d) membranelor nanoporoase.
2. Elaborarea tehnologiilor de preparare a materialelor tridimensionale nanocompozite:
 - (a) structuri miez-înveliș în baza nanofirelor;
 - (b) materiale hibride multifuncționale compozite din nanocristalite ale compușilor III-V și ZnO pe matrice din aerografrit.
3. Explorarea posibilitățile de aplicații practice ale materialelor elaborate.

IV. Termenul executării

01.09.2016 - 31.08.2018.

V. Volumul total al finanțării

Finanțarea planificată (mii lei)
235,0 mii lei

Executată (mii lei)
235,0 mii lei

VI. Volumul cofinanțării (mii lei)

0

VII. Organizațiile, subdiviziunile – executori ai proiectului (institut, laborator, secție, sector etc.)

Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D. Ghițu”, Laboratorul Nanotehnologii.

VIII. Organizația partener în executarea proiectului, conducător de proiect

Universitatea Politehnica din București, Centrul pentru Știința Suprafeței și Nanotehnologie, dr. Prodana Mariana.

IX. Executorii

	<i>Nume, prenume, anul nașterii, titlul științific, funcția în cadrul proiectului</i>
1.	Ursachi Veaceslav, 1956, dr. hab., director proiect
	Ghimpu Lidia, dr., 1961, cerc. șt. coord.
	Rusu Emil, 1944, cerc. șt. princip.
	Burlacu Alexandru, 1984, cerc. șt.
	Morari Vadim, 1992, cerc. șt. stag.
	Monaico Eduard, 1980, dr., cerc. șt. super.
	Zalamai Victor, 1978, dr., cerc. șt. super.

X. Sumarul activităților proiectului realizate

	<i>Activități planificate</i>	<i>Activități realizate și rezultate noi obținute în cadrul proiectului (150 de cuvinte)</i>
1.	Prepararea matricelor semi-conductoare poroase, elaborarea tehnologiilor electrochimice de depunere a nano-particulelor metalice și explorarea posibilităților de aplicare	Prin decapare electrochimică au fost preparate matrice semiconductoare poroase de InP, GaP și GaN cu morfologii și dimensiuni ale structurii poroase dirijate prin ajustarea parametrilor tehnologici. Au fost identificați electroliții

	în practică.	<p>optimali, care s-au dovedit a fi 5 % HCl pentru InP, 1M HBr pentru GaP și 0.3M HNO₃ pentru GaN.</p> <p>Au fost elaborate condițiile tehnologice de depunere a nano-formațiunilor metalice de Au și Ag în matrice poroase.</p> <p>În rezultatul studiului spectroscopiei electrochimice de impedanță și a spectroscopiei Raman au fost determinate schemele echivalente ale circuitelor electrice ale probelor poroase pentru aplicații electrochimice și posibilitățile ingineriei de fononi prin depunere formațiunilor metalice.</p>
2.	<p>Dezvoltarea tehnologiilor electrochimice de fabricare a nanofirelor din InP și GaP. Studiul materialelor hibride metal/semiconductor în baza nanofirelor de InP și GaP. Elaborarea condițiilor tehnologice de fabricare a structurilor miez/înveliș în baza altor materiale semiconductoare pentru aplicații în calitate de senzori.</p>	<p>Au fost determinate condițiile tehnologice de decapare electrochimică pentru trecerea morfologiilor structurilor poroase spre nanopereți și nanofire. Au fost preparate nanofire și structuri columnare de <i>n</i>-InP și <i>n</i>-GaP cu diametrul în jur de 50 nm.</p> <p>Aceste nanostructuri au fost utilizate în calitate de miez pentru producerea structurilor miez/înveliș de tipul semiconductor/metal prin depunerea electrochimică în regim de impuls a nanoparticulelor de Au sau de Ag.</p> <p>Au fost dezvoltate tehnologii de obținere a structurilor miez/înveliș cu miezul din SnO₂ și învelișul nanostructurat din GaAs și CdTe pentru aplicații în senzori de gaze de tip intrinsec cu fibră optică.</p>
3.	<p>Fabricarea membranelor din materiale semiconductoare (InP, GaP, GaN) pentru aplicații practice.</p>	<p>Au fost elaborate tehnologii pentru producerea nanomembranelor din InP, GaP și GaN, inclusiv a membranelor nanoporate. În baza unei nanomembrane de InP a fost fabricat un fotodetector și au fost explorate mecanismele relaxării fotoconductibilității. Prin studiul proprietăților fotonice și fotoelectrice a fost analizată perspectiva de implementare a nanomembranelor de GaP și GaN în dispozitive nanoelectronice, optoelectronice sau fotonice.</p>
4.	<p>Elaborarea tehnologiilor de obținere a materiale hibride multifuncționale compozite din nanocristalite ale compușilor III-V și ZnO pe matrice din aerografite și explorarea posibilităților de aplicații practice.</p>	<p>Au fost elaborate tehnologii de preparare a materialelor hibride multi-funcționale compozite aerografite/GaN, aerografite/InP și aerografite/ZnO. Aceste structuri au fost caracterizate prin microscopia electronică de scanare, XRD, spectroscopia de luminescență, împrăștiere Raman și FTIR. Au fost explorate posibilitățile de aplicare ale materialelor hibride aerografite/ZnO în calitate de fotodetectori de bandă largă și a materialelor hibride aerografite/GaN, aerografite/InP în calitate de senzori de deformații și tensiuni mecanice.</p>

XI. Lista lucrărilor științifice (monografii, articole, obiecte de proprietate intelectuală, teze de licență, masterat, doctorat susținute sau pregătite) cu referință la proiectul realizat

Monografie:

TIGINYANU, I.; TOPALA, P.; URSAKI, V. *Nanostructures and Thin Films for*

Multifunctional Applications: Technology, Properties and Devices. Springer International Publ., Switzerland, 2016, 576 p. ISBN 978-3-319-30197-6.

Capitol în monografie:

TIGINYANU, I.; URSAKI, V.; MONAICO, Ed. Template Assisted Formation of Metal Nanotubes: In: TIGINYANU, I.; TOPALA, P.; URSAKI, V., eds. *Nanostructures and Thin Films for Multifunctional Applications: Technology, Properties and Devices*. Springer International Publ., Switzerland, 2016, pp. 473-503. doi: 10.1007/978-3-319-30198-3.

Articole din reviste cu factor de impact:

1. E. V. MONAICO, E.V.; TIGINYANU, I.M.; URSAKI, V.V.; NIELSCH, K.; BALAN, D.; PRODANA, M.; ENACHESCU, M. Gold Electroplating as a Tool for Assessing the Conductivity of InP Nanostructures Fabricated by Anodic Etching of Crystalline Substrates, *Journal of the Electrochemical Society*, 2017, **164** (4), D179-D183. ISSN:1945-7111. doi: 10.1149/2.1071704jes (IF: 3.662).
2. GHIMPU, L.; URSAKI, V. V.; PANTAZI, A.; MESTERCA, R.; BRANCOVEANU, O.; SHREE, S.; ADELUNG, R.; TIGHINEANU I.M.; ENACHESCU, M. Characterization of core/shell structures based on CdTe and GaAs nanocrystalline layers deposited on SnO₂ microwires, *Superlattices and Microstructures*, 2018, **116**, 64-70. ISSN: 0749-6036. doi.org/10.1016/j.spmi.2018.01.034 (IF: 2.099).

Articole în culegeri (naționale / internaționale),

1. ANICAI, L.; GOLGOVICU, F.; MONAICO, E.; URSAKI, V.; PRODANA, M.; ENACHESCU, M., TIGHINEANU, I. Influence of Metal Deposition on Electrochemical Impedance Spectra of Porous GaP and GaN Semiconductors, *Proc. 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science, Chișinău, Republic of Moldova*, October 19-21, 2017, pp. 60-64.
2. MONAICO, Ed.; MONAICO, El.; URSAKI, V.; TIGINYANU, I. Fabrication of Porous Nanostructures by Design, *Proc. 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science, Chișinău, Republic of Moldova*, October 19-21, 2017, pp. 45-48.
3. GHIMPU, L.; PLESCO, I.; URSACHI, V.; TIGINYANU, I.; ZARRELLI, M.; ZOTTI, A.; BORRIELLO, A. Gas sensors based on optical fiber coated with nanocrystalline TiO₂ and nanofibrous ZnO, *Proc. 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science, Chișinău, Republic of Moldova*, October 19-21, 2017, p. 21.
4. GHIMPU, L.; PANTAZI, A.; BRANCOVEANU, O.; MESTERCA, R.; URSACHI, V.; TIGHINEANU, I.; ENACHESCU, M. Structuri miez/înveliș bazate pe CdTe/SnO₂ și GaAs/SnO₂ pentru aplicații optoelectronice, *Proc. 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science, Chișinău, Republic of Moldova*, October 19-21, 2017, p. 463.
5. MORARI, V.; RUSU, E.; CURMEI, N.; URSAKI, V. V.; V. URSAKI, .; BRANCOVEANU, O.; MESTERCA, R.; MOISE, C.; PRODANA, M.; ENACHESCU, M. Obținerea și caracterizarea filmelor subțiri în sistemul ZnSnO, *Proc. 6th Int. Conf. ICTEI 2018*, Chisinau, 24-27 May 2018, pp. 133-136.
6. URSAKI, V.; GHIMPU, L.; MESTERCA, R.; BRANCOVEANU, O.; URSAKI, V.; PRODANA, M.; ENACHESCU, M.; DIMITRACHI, S.; TIGHINEANU, I. WO₃/WS₂ composite materials for gas sensor and energy storage applications, *Book of abstracts, 9th Int.conf. MSCMP-2018*, Chisinau, 25-28 September 2018, p 200.
7. MONAICO, Ed.; MOISE, C.; MIHAI, G.; URSAKI, V.V.; TIGINYANU, I.M.; ENACHESCU, M.; NIELSCH, K. Control of HVPE grown GaN nanostructuring by anodization, *Book of abstracts, 9th Int.conf. MSCMP-2018*, Chisinau, 2018, p. 207.

A fost susținută teza de doctorat a dlui Alexandru Burlacu "Luminescența și efecte laser în filme nanostructurate și microstructuri de ZnO crescute prin depunere chimică din vapori și electrochimică".

Este în proces de elaborare teza de doctorat a dlui Vadim Morari „Tehnologii de obținere și proprietățile optice și fotoelectrice în sistemul ZnO-Mg_xZn_{1-x}O pentru aplicații optoelectronice”.

XII. Lista propunerilor de proiecte prezentate/ câștigate în cadrul concursurilor naționale și internaționale cu tangență la tematica cercetării proiectului realizat

1. O parte dintre executanții lucrărilor din cadrul acestui proiect au participat la pregătirea și sunt implicați în implementarea unui proiect din cadrul programul „STCU&ASM: Inițiative Comune de Cercetare-Dezvoltare” cu titlul “Three-dimensional hierarchical hybrid nanoarchitectures based on graphitic aerogels and nanocrystalline semiconductor compounds for multifunctional applications”.
2. Echipa de cercetare a participat la pregătirea unei aplicații de proiect pentru programul H2020-WIDESPREAD-05-2017:Twining, care a fost acceptată pentru finanțare, iar lucrările de implementare vor demara în curând.
3. Echipa de cercetare a înaintat o propunere de proiect în cadrul programului finanțat de Uniunea Europeană Joint Operational Programme Romania – Republic of Moldova 2014 – 2020 cu titlul “The Research and Innovation Operational Center in Advanced Fabrication”.

XIII. Lista colaborărilor inițiate în cadrul proiectului

În afară de colaborarea cu echipa de la Centrul pentru Știința Suprafeței și Nanotehnologie de la Universitatea Politehnica din București, lucrările din cadrul proiectului au stimulat aprofundarea relațiilor de colaborare a echipei din Moldova cu alte grupuri de cercetători, care efectuează studii în domenii conexe, precum ar fi o echipă de la Universitatea Christian-Albrechts din Kiel, care elaborează senzori magnetoelectrice minusculi cost-efectivi capabili să înregistreze semnale biomagnetice, un grup de cercetători de la IMP-București, implicat în dezvoltarea tehnologiilor pentru prepararea structurilor și sistemelor micro-electro-mecanice și nano-opto-electro-mecanice, o echipă de la Universitatea din Bristol, care dezvoltă senzori biochimici și aplicații nano-optice și plasmonice la interfața dintre nanofizică și nanobiologie, precum și o echipă de la Institutul Regal de Tehnologii KTH, Stockholm, Suedia, care elaborează detectoare de radiație UV, biosenzori și dispozitive fotonice lab-on-a-chip.

XIV. Lista evenimentelor organizate / la care s-a participat în cadrul proiectului

Echipa de cercetare a participat la organizarea conferințelor internaționale: 8th International Conference *MSCMP-2016*, Chisinau, 12-14 September 2016 și 9th International Conference *MSCMP-2018*, Chisinau, 25-28 September 2018.

Echipa de cercetare a participat la 4 conferințe:

8th International Conference *MSCMP-2016*, Chisinau, 12-14 September 2016;

9th International Conference on *Microelectronics and Computer Science, Chișinău, Republic of Moldova*, October 19-21, 2017;

6th Int. Conf. *ICTEI 2018*, Chisinau, 24-27 May 2018;

9th International Conference *MSCMP-2018*, Chisinau, 25-28 September 2018.

XV. Lista de mobilități efectuate în cadrul proiectelor

În anul 2016 au fost efectuate 3 deplasări a cercetătorilor din Moldova la UPB București: dr. Lidia Ghimpu, dr. Eduard Monaico, doctorand Vadim Morari.

În anul 2017 au fost efectuate 3 deplasări a cercetătorilor din Moldova la UPB București: dr. Lidia Ghimpu, dr. hab. Emil Rusu, doctorand Vadim Morari.

În anul 2018 au fost efectuate 3 deplasări a cercetătorilor din Moldova la UPB București: dr. Lidia Ghimpu, dr. Eduard Monaico, dr. hab. Veaceslav Ursachi.

În anul 2016 au fost efectuate 4 deplasări a cercetătorilor de la UPB București în Moldova: prof. Marius Enachescu, dr. Mariana Prodana, dr. Calin Moise, dr. Florentina Golgovici.

În anul 2017 au fost efectuate 2 deplasări a cercetătorilor de la UPB București în Moldova: doctorand Geanina Mihai și masterand Pumnea Alexandru.

XVI. Informații despre infrastructura utilizată în realizarea proiectului

Utilajul utilizat la IEN, Chișinău:

Instalație de depunere în vid „Sputter-Coater” cu surse e-beam și magnetron.

Instalație de depunere a peliculelor prin metoda MOCVD.

Microscop electronic TESCAN VEGA 5130 MM dotat cu sistemă INCA Energy 200 EDX (OXFORD Instruments) pentru analiza compoziției chimice.
Microscop de Forță Atomică Surface Imaging Systems (NANO Station II SPM).
Instalații pentru decapare electrochimică “Elipor” și “Gill AC” cu celula de decapare, Potențiostat/galvanostat, Termostat, Analizator de frecvență.
Instrumente pentru măsurători I-V și C-V Keithley 2400; Keithley 6430; Keithley 590.
Spectrometru Raman Confocal MonoVista CRS, Germania.
Spectrometru echipat cu lasere pentru excitare LQ529A, LP603.
Sistemă criogenică LTS-22-C-330 cu ciclu închis.

Utilajul utilizat la UPB, București:

Hitachi SU8230 Scanning Electron Microscope equipped with EDX Oxford.
Scanning Transmission Electron Microscope Hitachi HD 2700.
Sistem electrochimic PARSTAT 4000 (Princeton Applied Research) și sistem electrochimic AUTOLAB pentru măsurătorile de current mapping și spectroscopie de impedanță; soft Zview 2.9b (Scribner Associates Inc.) pentru prelucrarea datelor.
Rigaku SmartLab X Ray Diffractometer.
FTIR Spectrometer PerkinElmer.
Spectrometru Raman Confocal LabRam HR800.

În cadrul proiectului au fost procurate:

3 calculatoare ASUS Intel Core i3-7100U pentru colectarea și prelucrarea datelor.

XVII. Dificultăți/ impedimente apărute pe parcursul realizării proiectului

Nu au fost realizate integral acțiunile de mobilitate a partenerilor din Romania în ultimul an de implementare a proiectului.

XVIII. Relevanța rezultatelor științifice obținute (până la 200 de cuvinte).

Prepararea matricelor semiconductoare poroase de diferită dimensionalitate și a membranelor subțiri din InP, GaP și GaN, elaborarea tehnologiilor de depunere a formațiunilor metalice în aceste nanostructuri și identificarea schemelor echivalente ale circuitelor electrice ale electrozilor din aceste materiale constituie o bază importantă pentru aplicații electrochimice, nanoelectronice, optoelectronice și fotonice.

Prin demonstrarea faptului că depunerea electrochimică a metalelor în condiții identice are loc în mod diferit în nanostructuri de tipul nanopereților, nanofirelor și nanopanglicilor s-a propus un instrument nou pentru evaluarea conductibilității nanostructurilor semiconductoare. Posibilitatea de dirijare cu conductibilitatea nanostructurilor semiconductoare este foarte importantă pentru dezvoltarea dispozitivelor în baza acestor structuri.

Demonstrarea producerii învelișurilor din nanoparticule metalice unistratificate și bistratificate pe nanofire semiconductoare, de rând cu identificarea mecanismului depunerii electrochimice, deschid noi posibilități pentru implementarea acestor structuri în ingineria de fononi, senzori și dispozitive plasmonice. Structurile miez/înveliș de tipul oxid/semiconductor elaborate sunt relevante pentru dezvoltarea diferitor senzori, în particular a senzorilor cu fibră optică de tip intrinsec.

Tehnologiile elaborate pentru prepararea materialelor hibride multi-funcționale compozite aerografite/GaN, aerografite/InP și aerografite/ZnO au o vastă perspectivă de aplicare în senzori de radiație optică, de deformații și tensiuni mecanice.

Implementarea acestor elaborări va avea un impact economic, iar publicarea rezultatelor în reviste de prestigiu din străinătate și participare la conferințe internaționale are ca rezultat creșterea vizibilității și contribuției cercetătorilor din Moldova pe piața științifică internațională.

XIX. Beneficiarul (ministere, instituții de stat sau private, întreprinderi etc.)

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării; Ministerul Economiei și Infrastructurii.

Director de proiect: dr. hab. Veaceslav URSACHI