

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2024

**privind implementarea proiectului din cadrul concursului
„Proiecte Tineri Cercetători”**

Proiectul **Detectoare de hidrogen și de bandă largă optice pe bază de nano-oxizi
semiconductori**

Cifra proiectului **24.80012.5007.15TC**

Prioritatea strategică **V ”Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare”**

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

(semnătura)

**Președintele
Consiliului științific UTM**

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

(semnătura)

Conducătorul proiectului

Dr. Nicolai ABABII

(numele, prenumele)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău 2024

CUPRINS:

1. Scopul etapei 2024
2. Obiectivele etapei 2024
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024
5. Rezultatele obținute
6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2024
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2024
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2024
10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane
11. Recomandări, propuneri
12. Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul 2024 (Anexa 1)
13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2024 în limba română și în limba engleză (Anexa 2)
14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 3)
15. Componența echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 4)

1. Scopul etapei 2024 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

Obținerea nano-oxizilor semiconductori prin metode și tehnologii cost-eficiente

2. Obiectivele etapei 2024 (obligatoriu)

1. Obținerea nano-oxizilor semiconductori în bază de ZnAl_2O_4 , ZnO:X , TiO:X ($\text{X} = \text{Cu}$, Pd și Al) prin metode simple și cost-eficiente.
2. Acoperirea nano-oxizilor semiconductori obținuți cu polimeri și copolimeri pentru îmbunătățirea parametrilor senzoriali.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

1. Analiza bazelor de date ale revistelor științifice de profil și determinarea tehnicilor de obținere a nano-oxizilor semiconductori.
2. Pregătirea instalațiilor și echipamentului pentru creșterea nanostructurilor.
3. Creșterea structurilor pe baza nano-oxizilor semiconductori și acoperirea acestora cu polimeri și copolimeri.
4. Comunicări la manifestări științifice – 2.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

1. Au fost analizate articole științifice a bazelor de date ale revistelor științifice de profil și au fost determinate patru tehnici de obținere a nano-oxizilor semiconductori cu regimurile optime.
2. Au fost pregătite instalațiile și echipamentul pentru creșterea nanostructurilor.
3. Au fost obținute structuri în bază de ZnAl_2O_4 , TiO_2 , ZnO:X ($\text{X} = \text{Cu}$ și Pd) și au fost acoperite cu polimeri și copolimeri.
4. Au fost prezentate 4 comunicări la manifestări științifice și înaintate 2 articole spre publicare.

5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

Conform scopului și obiectivelor propuse au fost studiate mai multe metode de obținere a nano-oxizilor semiconductori cum ar fi: metoda pulverizării, metoda chimică și tratării termice, metoda sintezei chimice din soluții (SCS) și metoda imprimării 3D. Metoda pulverizării pentru obținerea nano-oxizilor semiconductori de TiO_2 constă dintr-un amestec de diizopropoxid de titan (TTIP) și de acetilacetona în izopropanol. Un flux de oxigen gazos a fost folosit ca gaz purtător pentru a alimenta aerosolul printr-o duză de sticlă special concepută pe un substrat de sticlă. În timpul procesului de depunere substraturile se mențin încălzite la o anumită temperatură, iar fluxul de O_2 se menține constant. Grosimea nano-oxizilor semiconductori de TiO_2 poate fi controlată prin reglarea timpului de pulverizare [1]. După obținerea nano-oxizilor semiconductori are loc procesul de recoacere termică pentru modificarea conductivității electrice și îmbunătățirea proprietăților optice. Grosimea optimală a nano-oxizilor semiconductori de TiO_2 pentru detectarea selectivă a hidrogenului a fost identificată de 12 nm, iar regimul tratamentului termic a fost de 600 °C timp de 2h [1].

Alte metode cercetate au fost sinteza de flacără, urmată de metoda chimică [2] și tratării termice la temperaturi de 975°C a combinației de material $\text{ZnO/Al}_2\text{O}_3$, prin care se depun nanopuncte de

ZnAl_2O_4 pe suprafața tetrapozilor de oxid de zinc și se formează un strat intermediar de ZnAl_2O_4 [3]. Metoda constă în utilizarea ca material de bază a ZnO obținut prin metoda sintezei de flacără și utilizarea $\text{AlC}_4\text{H}_7\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ diluat cu etanol pentru acoperirea cu nanopuncte de ZnAl_2O_4 . Etanolul se evaporă în urma amplasării probelor pe o placă încălzită la temperatura de 90 °C timp de 14 ore. La final probele se tratează termic pentru 3 ore la diferite temperaturi.

O altă metodă studiată este metoda sintezei chimice din soluții (SCS), care reprezintă o abordare eficientă și versatilă pentru obținerea nano-oxizilor semiconductori din clasa A2B6 [4]. Aceste tehnici permit controlul precis al parametrilor de sinteză, ceea ce asigură o reproductibilitate ridicată a proprietăților morfologice, structurale și compoziționale ale materialelor rezultate. În cadrul metodei SCS, reacțiile au loc la temperaturi moderate, fiind astfel economice și prietenoase cu mediul, ceea ce face ca metoda să fie adecvată și pentru producția pe scară largă. Parametrii de sinteză, cum ar fi concentrația precursorilor, pH-ul soluției, temperatura și timpul de reacție, pot fi ajustați pentru a obține materiale cu dimensiuni și forme precise, inclusiv particule, nanofire, sau pelicule subțiri [5]. Spre exemplu pentru obținerea oxidului de cupru/zinc se utilizează soluția complexă formată din amestecul de sulfat de cupru ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) sau sulfat de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), hidroxid de sodiu (NaOH) și tiosulfat de sodiu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Metoda este potrivită atât pentru studii de laborator, cât și pentru producția industrială, oferind o reproductibilitate bună datorită condițiilor bine definite de sinteză. Reacțiile chimice implicate se desfășoară la temperaturi mai scăzute în comparație cu alte tehnici de sinteză, ceea ce reduce costurile energetice. Metoda poate fi aplicată pentru o gamă largă de materiale, inclusiv nano-oxizi din seria A2B6, precum ZnO , CuO , CdO sau alte combinații semiconductoare. Nano-oxizii semiconductori A2B6 sintetizați prin metode SCS sunt utilizați în domenii precum fotocataliza, senzori de gaz, celule solare, dispozitive optoelectronice și aplicații biomedicale. Controlul fin asupra proprietăților acestor materiale face ca metoda să fie una dintre cele mai promițătoare pentru cercetarea și dezvoltarea nanotehnologiilor. Acest proces simplu și adaptabil oferă o cale eficientă pentru explorarea noilor funcționalități ale nano-oxizilor semiconductori [6].

Una din cele mai recente și actuale metode de obținere a nano-oxizii semiconductori este metoda imprimării 3D. Datorită tehnologiei sale cost-eficiente și procesării ușoare a atras o atenție importantă pentru fabricarea diferitelor componente 3D, unde cel mai important domeniu este fabricarea de microstructuri funcționale sau chiar dispozitive [7]. Pentru această abordare de fabricație, cernelile care conțin metale sau nanoparticule de oxid de metal pot fi produse cu ușurință, dar necesită o optimizare reologică aprofundată pentru a deveni imprimabile cu o imprimantă cu jet de cerneală. Astfel, de metode mai simple ar fi scrierea directă cu cerneală (DIW), care poate atenua complexitatea fabricării prin extrudare pe bază de seringă. Deși nu elimină necesitatea optimizării reologice, condițiile limită sunt mult mai puțin strânse datorită procesului de extrudare simplă la imprimarea cu jet de cerneală. Tehnologia DIW nu necesită nici fotolitografie, nici expunere la UV sau procese de gravare, ceea ce permite tipărirea modelelor funcționale complexe direct pe substraturile senzorilor, precum și reducerea costului final al senzorilor fabricați [8]. Metoda de obținere constă în aplicarea particulelor de cupru sferoidal într-o baie cu ultrasunete în apă distilată timp de 5 minute. Se adaugă pulbere de oxid de polietilenă (PEO) și soluția se agită la temperatura camerei până când se obține o suspensie uniformă. Cernelile apoi sunt depuse pe substraturi în urme cu un singur strat printr-un aparat de scriere directă cu cerneală. Prin modificarea factorului de

extrudare și a geometriei se pot controla înălțimea, lățimea și orientarea urmelor care se dorește de depus [8].

S-a efectuat un studiu legat de tehnicile de tratament termic convențional (TA) și tratament termic rapid (RTA). Tehnicile de tratament termic convențional (TA) reprezintă o etapă tehnologică clasică folosită asupra materialelor metalice, întrucât au fost întâlnite de-a lungul anilor în cadrul industriei metalurgice datorită influenței asupra proprietăților acestora. Mai nou, tratamentul termic a fost cercetat ca factor de influență pentru îmbunătățirea separării fazelor și eliminării defectelor blocurilor de pelicule copolimerice și prin urmare schimbarea culorii din albastru în roșu a acestor blocuri [9]. La momentul actual, tehnologiile se interconectează și tind să promoveze direcțiile nano, prin urmare această tehnologie este îndreptată și pe materiale senzorice pentru a schimba proprietățile nanostructurilor [10]. Un studiu recent, a demonstrat că o probă de TiO_2 tratată termic la 610°C în aer timp de 60 minute a influențat proprietățile senzorice ale probei, iar în combinație cu un polimer depus la suprafață, a fost posibil obținerea unui răspuns la amoniac la temperatura camerei [11].

A doua tehnică de tratament termic este tratamentul termic rapid (RTA), proces conceput inițial pentru călirea implanturilor, dar mai târziu răspândit pentru oxidare, depunere chimică de vapori și creștere epitaxială [12]. Încă în 1996 a fost făcut un studiu pentru arăta diferențele observate între aceste două tehnici de tratare termică și s-a determinat că timpul de cristalizare, timpul de creștere și timpul tranzitoriu sunt activate prin temperatură și că dimensiunea granulelor de siliciu policristalin rezultată este invers proporțională cu temperatura de tratare, atât pentru tratare termică în sobă, cât și pentru tratare termică rapidă, dar totodată pentru RTA s-a depistat timp tranzitoriu mai mic, un timp de creștere mai mic, un timp de cristalizare mai mic și dimensiuni mai mici ale granulelor [13].

Senzori pe bază de ZnO au fost studiați într-o lucrare recentă, unde pentru a crește cristalinitatea peliculelor obținute, a fost aplicată tehnica de tratare TA în aer la 450°C , 550°C sau 650°C timp de 120 de minute și tehnica RTA în aer la 450°C , 550°C sau 650°C timp de 1 minut pe unele seturi de probe utilizate pentru îmbunătățirea structurilor și fabricarea senzorilor [14]. Analizând ambele tehnici de tratament termic s-a observat că temperaturile cele mai optime pentru RTA variază între 600°C și 750°C , ceea ce a influențat la morfologia structurilor și anume la creșterea dimensiunii granulare a acestora, precum și schimbării proprietăților optice. Un alt parametru important la obținerea proprietăților îmbunătățite a fost timpul de tratament, care variază între 20 și 60 de secunde [15]. Reieșind din cele studiate se poate de menționat că pentru obținerea detectoarelor propuse, este necesar ca probele să fie tratate termic la temperaturi între 400°C și 1000°C cu durate de timp diferite și prin tehnici diferite (TA sau RTA).

În urma studierii metodelor de obținere și a tehnicilor de tratament termic a nano-oxizilor semiconductori menționate, au fost pregătite instalațiile și echipamentul pentru creșterea nanostructurilor, după care, au fost obținute un șir de seturi de probe pe baza diferitor materiale.

Prin metoda pulverizării au fost obținute 2 seturi din 5 probe de nano-oxizi semiconductori de TiO_2 (a se vedea figura 1). Ulterior 4 probe au fost tratate la temperatura de 600°C , dar cu durate de timp diferite (1 h și 2 h). Pentru posibilitatea de măsurare a proprietăților de detectare, la toate probele au fost depuse contacte în formă de meandru pentru a mări suprafața activă a nano-oxizilor. Câte 3 probe din aceste seturi au fost pregătite și acoperite cu polimeri din PV3D3, PV4D4, PTFE și combinații de copolimeri dintre aceștia.



Figura 1. Seturi de nano-oxizi semiconductori de TiO_2 .

Prin metoda depunerii chimice a nanopunctelor de ZnAl_2O_4 pe suprafața de ZnO , au fost obținute două seturi din 2 probe de ZnAl_2O_4 cu tratament termic TA la temperaturi diferite de 900°C și 1000°C pentru fiecare set. Pe baza probelor obținute de $\text{ZnO}/\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ a fost scrisă și prezentată o lucrare la conferința internațională ECCO-2024, în care are loc descrierea procesului de obținere, cercetarea proprietăților morfologice, chimice și structurale. S-a observat formarea de micro-nanostructuri cu morfologie diferită, și anume tetrapozi și nanofire, acoperite cu nanopuncte mici (a se vedea figura 2). Studiul EDX a prezentat compoziția chimică a micro-nanostructurilor, confirmând prezența Al. Difractograma XRD al micro-nanostructurilor investigate arată prezența ZnO și ZnAl_2O_4 în material.

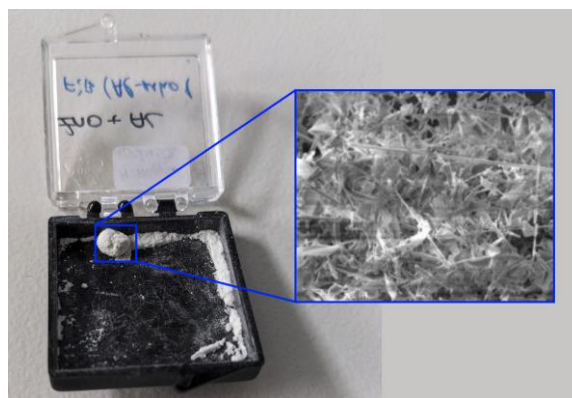


Figura 2. Nano-oxizi semiconductori de $\text{ZnO}/\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ obținuți. În inserție este reprezentată imaginea SEM a nano-oxizilor de $\text{ZnO}/\text{ZnAl}_2\text{O}_4$.

Prin metoda sintezei chimice din soluții (SCS) au fost obținute două seturi din 3 probe de $\text{ZnO}:\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cu}$) și două seturi din 3 probe de $\text{ZnO}:\text{X}$ ($\text{X}=\text{Pd}$) (a se vedea figura 3). După obținerea probelor, pentru fiecare set s-a efectuat tratarea termică TA la temperaturi diferite (în intervalul 400°C – 650°C) cu durate de timp diferite. Pentru tratamentul termic TA durata de timp a fost în intervalul 30 min – 240 min. Pentru tratamentul termic RTA durata de timp a fost de 60 secunde. Pentru posibilitatea de măsurare a proprietăților de detectare, la toate probele au fost depuse contacte în formă de meandru pentru a mări suprafața activă a nano-oxizilor. Câte 2 probe din aceste seturi au fost pregătite și acoperite cu polimeri din PV3D3, PV4D4, PTFE și combinații de copolimeri dintre aceștia.

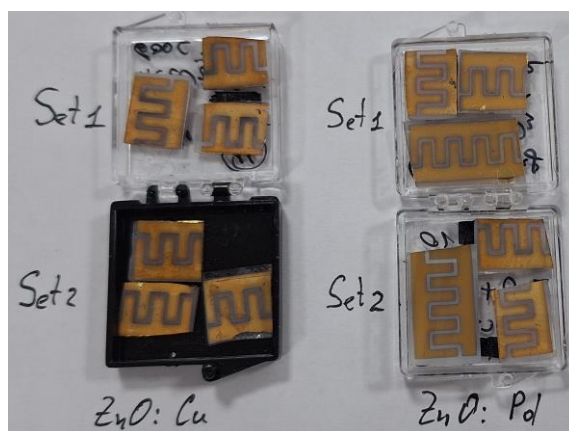


Figura 3. Seturi de nano-oxizi semiconductori de ZnO:X (X= Cu și Pd).

Rezultatele obținute în această perioadă au fost prezentate la 2 manifestări științifice internaționale cu 4 comunicări și au fost înaintate 2 articole spre publicare care se află în etapa de recenzare. În următoarea perioadă se preconizează caracterizarea proprietăților structurale, morfologice, chimice, vibraționale, optice și senzoriale a tuturor nanostructurilor obținute și integrarea acestora în detectoare de hidrogen și optice pentru aplicații biomedicale și industriale.

Bibliografie:

1. ABABII, N. et al. Effect of noble metal functionalization and film thickness on sensing properties of sprayed TiO₂ ultra-thin films. În: *Sensors and Actuators, A: Physical*. 2019, 293, p. 242 - 258. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.04.017>.
2. HOPPE, M. et al. ZnAl₂O₄-Functionalized Zinc Oxide Microstructures for Highly Selective Hydrogen Gas Sensing Applications. *Phys. Status Solidi A*, 215: 1700772. <https://doi.org/10.1002/pssa.201700772>.
3. ZAJKOWSKA, W. et al. ZnO Nanowires Grown on Al₂O₃-ZnAl₂O₄ Nanostructure Using Solid-Vapor Mechanism. *Archives of Metallurgy and Materials. Arch. Metall. Mater.* 68 (2023), 3, 1177-1182. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.15089>.
4. LUPAN, O. et al. Nanostructured Zinc Oxide Films Synthesized by Successive Chemical Solution Deposition for Gas Sensor Applications. *Mater. Res. Bull.* 2009, 44, 63–69, doi:<https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2008.04.006>.
5. LUPAN, O. et al. Low-Temperature Solution Synthesis of Au-Modified ZnO Nanowires for Highly Efficient Hydrogen Nanosensors. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 32115–32126, doi:10.1021/acsami.9b08598.
6. LUPAN, O. et al. Nanofabrication and Characterization of ZnO Nanorod Arrays and Branched Microrods by Aqueous Solution Route and Rapid Thermal Processing. *Mater. Sci. Eng. B* 2007, 145, 57–66, doi:<https://doi.org/10.1016/j.mseb.2007.10.004>.
7. Donald, E. et al. Multiprocess 3D Printing for Increasing Component Functionality. *Science*. 2016, 353 (6307), aaf2093–aaf2093.
8. SIEBERT, L., et al. 3D-Printed Chemiresistive Sensor Array on Nanowire CuO/Cu₂O/Cu Heterojunction Nets. În: *ACS Applied Materials and Interfaces*. 2019, 11 (28), pp. 25508-25515. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b04385> (Factor de Impact: 10.383)

9. WANG, Z. et al. Tuning the Color of Photonic Glass Pigments by Thermal Annealing. *Adv. Mater.* 2023, 35, doi:10.1002/adma.202207923.
10. HU, Y. et al. The Effects of Annealing Temperature on the Sensing Properties of Low Temperature Nano-Sized SrTiO₃ Oxygen Gas Sensor. *Sensors Actuators B Chem.* 2005, 108, 244–249, doi:10.1016/j.snb.2004.10.053.
11. BRINZA, M. et al. Two-in-One Sensor Based on PV4D4-Coated TiO₂ Films for Food Spoilage Detection and as a Breath Marker for Several Diseases. *Biosensors* 2023, 13, 538, doi:10.3390/bios13050538.
12. GOLAN, G. et al. Progress in Vacuum Photothermal Processing (VPP). *Microelectronics J.* 2006, 37, 459–473, doi:10.1016/j.mejo.2005.07.014.
13. KINGI, R. et al. Comparison Between Rapid Thermal and Furnace Annealing for A-Si Solid Phase Crystallization. *MRS Proc.* 1996, 424, 237, doi:10.1557/PROC-424-237.
14. LUPAN, C. et al. Pd-Functionalized ZnO:Eu Columnar Films for Room-Temperature Hydrogen Gas Sensing: A Combined Experimental and Computational Approach. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2020, 12, 24951–24964, doi:10.1021/acsami.0c02103.
15. SHISHIYANU, S.T. et al. Photoluminescence of Chemical Bath Deposited ZnO:Al Films Treated by Rapid Thermal Annealing. *Thin Solid Films* 2005, 488, 15–19, doi:10.1016/j.tsf.2005.04.004.

6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice (obligatoriu)

Rezultatele obținute au fost diseminate la două Conferințe Internaționale:

- International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO 2024), Ediția a 13-a, 17-18 octombrie 2024, Chișinău, Republica Moldova.
- International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2024), Ediția a 12-a, 14-15 noiembrie 2024, Iași, România.

7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)

Impactul științific al rezultatelor obținute îl reprezintă facilitarea schimbului de cunoștințe la nivel internațional și posibilitatea stimulării de noi colaborări în domeniu datorită participărilor la manifestările științifice internaționale. Impactul social îl reprezintă potențialul enorm al nano-oxizilor semiconductori obținuți în dezvoltarea de detectoare de hidrogen și de bandă largă optice pentru aplicații biomedicale și industrial care pot duce la o îmbunătățire a calității vieții prin monitorizarea mediului, detectarea poluanților și dezvoltarea de materiale inteligente.

8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (opțional)

9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (opțional)

În perioada 15 iulie – 1 august 2024, membrii echipei în componența Mihai Brînză și Cristian Lupan au fost în vizită la CAU Kiel, Germania. În această perioadă au inițiat discuții privind colaborările ulterioare, pentru depunerea polimerilor și copolimerilor pe senzori și urmării unei direcții comune de cercetare. La fel, au fost vizitate mai multe laboratoare, printre care și laboratorul de iCVD, unde echipa de acolo studiază depunerea polimerilor, utilizând reactoare asamblate tot de aceștia. Laboratorul are posibilitatea de a depune mai mulți polimeri cum ar fi: PV3D3, PV4D4, PTFE, PMAA, dar și combinații copolimerice dintre acestea.

10. Dificultățile în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc. (opțional)

11. Recomandări, propuneri (opțional).

Conducătorul de proiect

(semnătura)

Dr. Nicolai ABABII

(numele, prenumele)

Data: _____

L.Ș.

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 2024 în cadrul proiectului**

Detectoare de hidrogen și de bandă largă optice pe bază de nano-oxizi semiconductori

1. **Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. **Capitole în monografii naționale/internaționale**

3. **Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

- *International Conference on Electronics, Communications and Computing*: Conference program and abstract book, ediția a 13-a, Chișinău, 17-18 octombrie 2024. Chișinău: Tehnica-UTM, 2024. 225 p. ISBN 978-9975-64-480-8. <https://ecco.utm.md/wp-content/uploads/2024/12/IC-ECCO-2024-AbstractBookBN.pdf>

4. **Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

5. **Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

6. **Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

- NAGPAL, R., CHIRIAC, M., SUGIHARA, M., LITRA, D., ABABII, N., MAGARIU, N., LUPAN, C., ZINICOVSCHI, V., AMELOOT, R., LUPAN, O. Sensory properties of CuO/Cu₂O nanostructures coated with Zeolitic Imidazolate Frameworks. În: International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2024), Ediția a 12-a, 14-15 noiembrie 2024, Iași, România. pp. 6. (acceptat) https://www.ehbconference.ro/Portals/0/EHB2024_Detailed_Program.pdf

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- LUPAN, C. Morphological, chemical and structural characterization of ZnO/ZnAl₂O₄ micro-nanostructures. În: International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO 2024), Ediția a 13-a, 17-18 octombrie 2024, Chișinău, Republica Moldova. pp. 72-73. ISBN 978-9975-64-480-8. <https://ecco.utm.md/wp-content/uploads/2024/12/IC-ECCO-2024-AbstractBookBN.pdf>
- CHIRIAC, M., LITRA, D., ABABII, N., SANDU, I., SEREACOV, A., RAILEAN, S. Semiconducting oxide nanostructures for wideband optical detectors. În: International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO 2024), Ediția a 13-a, 17-18 octombrie 2024, Chișinău, Republica Moldova. pp. 82-83. ISBN 978-9975-64-480-8. <https://ecco.utm.md/wp-content/uploads/2024/12/IC-ECCO-2024-AbstractBookBN.pdf>
- MASLOVA, T. Nodes for sensor network. În: International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO 2024), Ediția a 13-a, 17-18 octombrie 2024, Chișinău, Republica Moldova. pp. 102. ISBN 978-9975-64-480-8. <https://ecco.utm.md/wp-content/uploads/2024/12/IC-ECCO-2024-AbstractBookBN.pdf>

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2024

Activitățile realizate pentru anul 2024 au fost conform obiectivelor propuse și anume obținerea nano-oxizilor semiconductori în bază de ZnAl_2O_4 , ZnO:X , TiO:X ($\text{X} = \text{Cu}$, Pd și Al) prin metode simple și cost-eficiente și acoperirea acestora cu polimeri și copolimeri pentru îmbunătățirea parametrilor senzoriali. Pentru realizarea acestor obiective au fost studiate și comparate mai multe metode de obținere a nano-oxizilor semiconductori așa ca metoda pulverizării, metoda chimică și tratării termice, metoda sintezei chimice din soluții (SCS) și metoda imprimării 3D, cu scopul de a dezvolta structuri cu proprietăți optime pentru diverse aplicații, în special în domeniul detectoarelor.

Din metodele studiate, au fost utilizate pentru obținerea nano-oxizilor semiconductori următoarele:

- Pulverizarea: Această metodă a fost utilizată pentru obținerea de nano-oxizi de TiO_2 cu grosime controlată prin reglarea timpului de pulverizare. Efectuarea tratamentului termic ulterior a fost utilizat pentru a îmbunătăți proprietățile optice și electrice ale nano-oxizilor.
- Metoda chimică și tratarea termică: A fost utilizată pentru depunerea de nanopuncte de ZnAl_2O_4 pe suprafața de ZnO , formând astfel micro-nanostructuri cu morfologie diferită, și anume tetrapozi și nanofire de ZnO , acoperite cu nanopuncte de ZnAl_2O_4 .
- Sinteza chimică din soluții (SCS): Această metodă versatilă a permis obținerea de nano-oxizi din clasa A_2B_6 cu control precis asupra dimensiunilor și formelor particulelor.

La fel a fost efectuat studiu legat de tehnicile de tratament termic, care joacă un rol esențial în modificarea proprietăților materialelor obținute în ceea ce privește creșterea cristalinității și îmbunătățirea performanței senzorilor. Au fost investigate atât tratamentul termic convențional (TA), cât și tratamentul termic rapid (RTA) și au fost determinate regimurile optime obținând pentru ambele tehnici în intervalul de temperatură de $400\text{ }^\circ\text{C}$ – $1000\text{ }^\circ\text{C}$, iar intervalele de timp pentru TA fiind de 30 min – 240 min și pentru RTA de 20 – 60 de secunde. În urma obținerii nano-oxizilor semiconductori o parte din acestea au fost pregătite și acoperite cu polimeri și copolimeri.

Cercetarea prezentată a adus o contribuție semnificativă la înțelegerea și dezvoltarea nano-oxizilor semiconductori, iar în următoarea perioadă se preconizează caracterizarea proprietăților structurale, morfologice, chimice, vibraționale, optice și senzoriale a tuturor nanostructurilor obținute, optimizarea regimurilor de obținere și integrarea acestora în detectoare de hidrogen și optice pentru aplicații biomedicale și industriale.

The activities carried out for 2024 were in accordance with the proposed objectives, namely obtaining semiconductor nano-oxides based on ZnAl_2O_4 , ZnO:X , TiO:X ($\text{X} = \text{Cu, Pd and Al}$) by simple and cost-effective methods and coating them with polymers and copolymers to improve sensory parameters. To achieve these objectives, several methods for obtaining semiconductor nano-oxides were studied and compared, such as the spraying method, the chemical and thermal treatment method, the solution chemical synthesis method (SCS) and the 3D printing method, with the aim of developing structures with optimal properties for various applications, especially in the field of detectors.

Of the methods studied, the following were used to obtain semiconductor nano-oxides:

- Spraying method: This method was used to obtain TiO_2 nano-oxides with controlled thickness by adjusting the spraying time. Subsequent thermal treatment was used to improve the optical and electrical properties of the nano-oxides.
- Chemical and thermal treatment method: It was used to deposit ZnAl_2O_4 nanodots on the ZnO surface, thus forming micro-nanostructures with different morphology, namely ZnO tetrapods and nanowires, covered with ZnAl_2O_4 nanodots.
- Solution chemical synthesis method (SCS): This versatile method allowed to obtain nano-oxides of the A₂B₆ class with precise control over the particle sizes and shapes.

Also, a study was carried out related to thermal treatment techniques, which play an essential role in modifying the properties of the obtained materials in terms of increasing crystallinity and improving the performance of the sensors. Both conventional thermal treatment (TA) and rapid thermal treatment (RTA) were investigated and the optimal regimes were determined, obtaining for both techniques the temperature range of 400 °C – 1000 °C, and the time range for TA of 30 min – 240 min and for RTA the time range of 20 – 60 seconds. Following the obtaining of semiconductor nano-oxides, some of them were prepared and coated with polymers and copolymers.

The presented research has made a significant contribution to the understanding and development of semiconductor nano-oxides, and in the next period, the characterization of the structural, morphological, chemical, vibrational, optical and sensory properties of all obtained nanostructures, the optimization of the obtaining regimes and their integration into hydrogen and optical detectors for biomedical and industrial applications are expected.

Conducătorul de proiect

(semnătura)

Dr. Nicolai ABABII

(numele, prenumele)

Data: _____

LȘ

**Executarea devizului de cheltuieli,
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2024**

Cifrul proiectului: 24.80012.5007.15TC

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720			
Servicii editare	222910			
Servicii de cercetări științifice	222930	115,1		115,1
Servicii neatribuite altor aliniate	222999			
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900			
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	316110			
Procurarea activelor nemateriale	317110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	44,9		44,9
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110			
Total		160,0		160,0

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

(semnătura)

Dr. Nicolai ABABII

(numele, prenumele)

Data: _____

LȘ

Componenta echipei conform contractului de finanțare 2024

Cifrul proiectului 24.80012.5007.15TC

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2024						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Ababii Nicolai	1991	Dr.	0,50	15.07.2024	31.12.2024
2.	Lupan Cristian	1997	f-grad	0,25	15.07.2024	31.12.2024
3.	Brînză Mihai	1998	f-grad	0,50	15.07.2024	31.12.2024
4.	Chiriac Maxim	1998	f-grad	0,50	15.07.2024	31.12.2024
5.	Maslova Tatiana	2000	f-grad	0,25	15.07.2024	31.12.2024

Modificări în componenta echipei pe parcursul anului 2024					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

(semnătura)

Dr. Nicolai ABABII

(numele, prenumele)

Data: _____

LȘ

INFORMAȚIE SUPLIMENTARĂ

1. **Nu vor fi examinate rapoartele care sunt incomplete**, lipsesc toate semnăturile și parafa instituției sau nu respectă cerințele de tehnoredactare.
2. Rapoartele anuale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **pe animale** vor fi însoțite de avizul Comitetului de etică național/instituțional în corespundere cu HG nr.318/2019 *privind aprobarea Regulamentului cu privire la organizarea și funcționarea Comitetului național de etică pentru protecția animalelor folosite în scopuri experimentale sau în alte scopuri științifice* (https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=115171&lang=ro).
3. Rapoartele anuale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **cu implicarea subiecților umani** vor fi însoțite de avizul Comitetului instituțional de etică a cercetării, în corespundere cu prevederile *Convenției europene pentru protecția drepturilor omului și a demnității ființei umane față de aplicațiile biologiei și medicinei*, adoptată la Oviedo la 04.04.1997, semnată de către RM la 06.05.1997, **ratificată prin Legea nr. 1256-XV din 19.07.2002, în vigoare pentru RM din 01.03.2003**) și a protocoalelor adiționale.
4. **Nu pot fi prezentate informații identice în Rapoartele anuale ale mai multor proiecte.**
5. Se acceptă publicațiile în care expres sunt stipulate datele de identificare ale proiectului (denumire și/sau cifrul).
6. **Cerințe de tehnoredactare a Raportului:**
 - a) Se va exclude textul în culoare roșie din raport, întrucât reprezintă precizări referitor la informația solicitată.
 - b) Câmpurile cu mențiunea „*optional*” se completează dacă sunt rezultate ce se încadrează în activitățile respective. În absența rezultatelor, câmpurile rămân **necompletate (nu se exclud rubricile respective)**.
 - c) Raportul se completează cu caractere TNR – 12 pt, în tabelele referitor la buget și personal – 11 pt; interval 1,15 linii; margini: stânga – 3 cm, dreapta – 1,5 cm, sus/jos – 2 cm.
 - d) **Copertarea se va face după modelul european – spirală.**