

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare

și Dezvoltare _____

_____ 2025

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

privind implementarea proiectului din cadrul concursului
Programe de postdoctorat pentru anii 2024-2025

Proiectul „Obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente
bidimensionale în baza compușilor semiconductori”
(titlul proiectului)

Cifra proiectului 24.00208.5007.01/PDII

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Președintele

Consiliului științific UTM

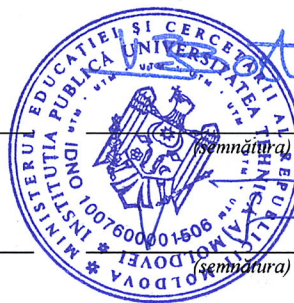
dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Conducătorul proiectului
(postdoctorandul)

Dr. Fiodor BRANIȘTE

(numele, prenumele)



Braniste
(semnătura)

L.Ș.

Chișinău, 2025

CUPRINS

1. Scopul conform proiectului depus la concurs (obligatoriu).	3
2. Obiectivele (obligatoriu).	3
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor (obligatoriu)	3
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor	3
5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)	3
Dezvoltarea și Caracterizarea Fotodetectorului de UV pe Bază de Aero-TiO ₂	3
Îmbunătățirea Performanței Fotodetectorului de UV pe bază de nanoparticule de TiO ₂ funcționalizate cu nanodote de Au.....	4
Formarea straturilor încapsulate de ZnO în pereții microtuburilor de aero-GaN	7
6. Diseminarea rezultatelor	9
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)	10
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)	10
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)	11
Dificultățile în realizarea proiectului	11
10. Recomandări, propuneri (opțional)	11
Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect.....	12
Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anii 2024-2025 în cadrul proiectului.....	14
Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2025	16

1. Scopul conform proiectului de concurs (obligatoriu).

Scopul principal al proiectului constă în obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale pe bază de SnS, SnSe și GaN, precum și dezvoltarea aplicațiilor practice pe baza aero-nanomaterialelor obținute anterior la CNSTM (aero-GaN, aero-Ga₂O₃, aero-TiO₂, aero-ZnS).

2. Obiectivele (obligatoriu).

- Sintetizarea aero-nano-materialelor pe bază de materiale semiconductoare cu banda interzisă îngustă, cum ar fi SnS și SnSe prin creșterea straturilor atomare pe substrat de sacrificiu de ZnO.
- Micșorarea dimensiunilor aero-tetrapozilor în structurile 3D pe bază de aero-GaN utilizând creșterea epitaxială a GaN pe substrat de sacrificiu din tetrapozi de ZnO cu dimensiuni submicrometrice.
- Elaborarea condițiilor tehnologice de obținere a aero-nano-materialelor pe baza materialelor hibride, precum și funcționalizarea selectivă a acestora cu nanodote metalice, polimeri, sau materiale hibride.
- Elaborarea elementelor de dispozitive electronice în baza aero-nanomaterialelor: sensori electromecanici, filtre fotocatalitice, membrane auto-asamblate flexibile, etc.

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

- Elaborarea protocoalelor de obținere a structurilor hibride prin funcționalizarea Aero-nano-materialelor sintetizate în prima parte a proiectului și a celor obținute anterior cu nanodote metalice
- Caracterizarea proprietăților optice a structurilor hibride ale aeronanomaterialelor funcționalizate cu nanodote metalice.
- Dezvoltarea aplicațiilor în domeniul microfluidicii utilizând micro-nanostructurile de formă tubulară (microtetrapozi goi în interior) obținute în etapa I a proiectului (ZnO-T, aero-GaN)
- Caracterizarea proprietăților electrice și senzoriale ale straturilor pe baza aeronanomaterialelor cu arhitectură 3D

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor

- Elaborarea aero-nanostructurilor 3D în baza materialelor din TiO₂, TiO₂/MgO/ZnO, GaN/ZnO/GaN, SnSe₂, etc.
- Funcționalizarea aeromaterialelor cu nanodote metalice și caracterizarea proprietăților;

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

Dezvoltarea și Caracterizarea Fotodetectorului de UV pe Bază de Aero-TiO₂

Detectoarele de radiații UV sunt esențiale pentru o gamă largă de aplicații, incluzând monitorizarea mediului, sănătatea și securitatea. Materialele nanostructurate, cum ar fi oxidul de zinc (ZnO) și dioxidul de titan (TiO₂), sunt de interes particular datorită absorbției radiației în domeniul spectral UV. Aero-nanomaterialele, o clasă de materiale poroase cu densitate redusă, obținute prin utilizarea de șabloane de sacrificiu pe bază de ZnO, oferă proprietăți unice. În cadrul

proiectului a fost dezvoltată tehnologia de integrare a aero-TiO₂ în dispozitive de senzori, evaluând performanța acestora sub iradiere UV.

Materialul aero-TiO₂ a fost obținut prin depunerea straturilor ultra-subțiri de TiO₂, cu o grosime de 50 nm, pe o rețea interconectată de ZnO prin tehnica ALD la o temperatură a substratului de 150 °C.

Procesul de depunere este urmat de tratamentul termic în atmosferă de H₂+Ar (2% + 98%) la temperatura de 850°C timp de 5 ore. Această etapă a condus la formarea de micro-tetrapode cu cavități pe bază de aero-TiO₂, păstrând forma inițială a șablonului.

Senzorii au fost fabricați prin depunerea materialului aero-TiO₂ pe electrozi ceramici interdigitați (Au/Cr pe substrat de alumina) prin metoda de "spin-coating".

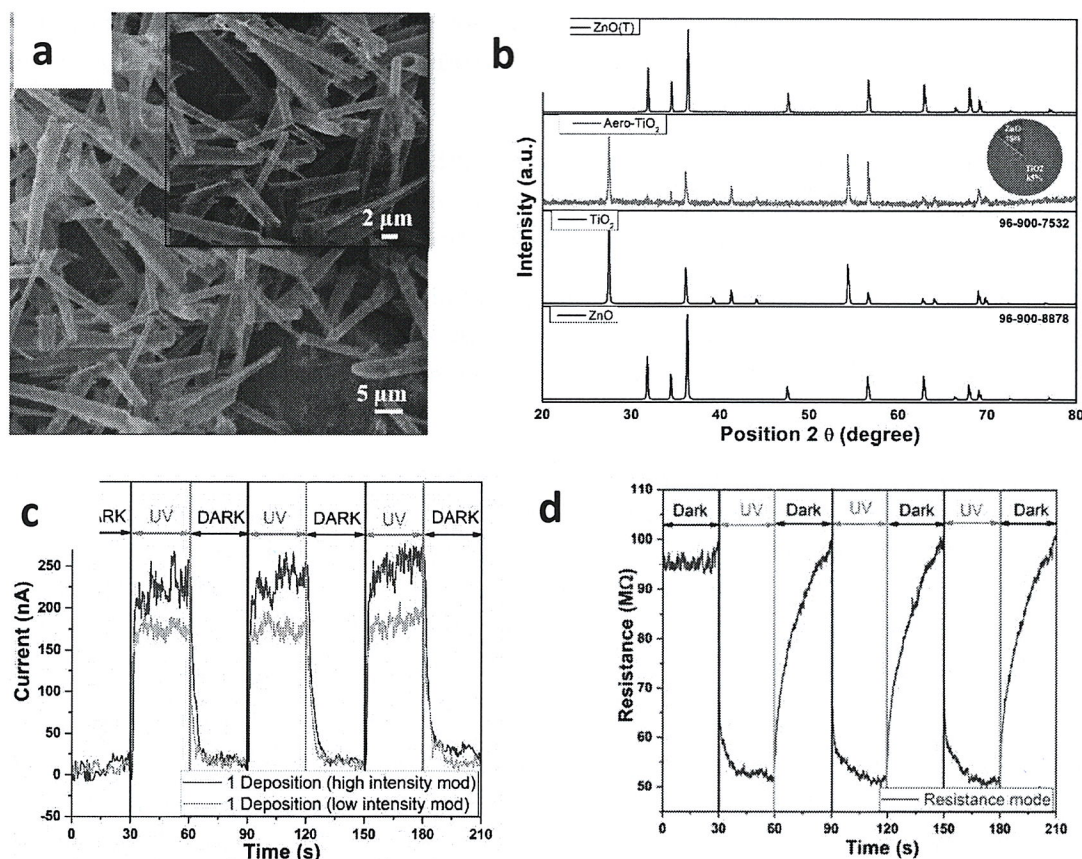


Fig. 1. Imaginea SEM a aero-TiO₂ utilizat în calitate de sensor de UV; (b) Caracteristica XRD a probelor de aero-TiO₂; (c), (d) Răspunsul la iluminare cu UV

Imaginile SEM au confirmat morfologia rețelelor interconectate, atât pentru șablonul ZnO, cât și pentru aero-TiO₂, cu o distribuție medie a diametrului brațelor în intervalul 1-3 μm. Depunerea omogenă a aero-titaniului pe electrozi a fost observată, densitatea tetrapodelor crescând cu numărul de cicluri de spin-coating. Analiza XRD a confirmat faza hexagonală wurtzită a ZnO(T) și faza rutil a aero-TiO₂. Prezența unor vârfuri ZnO reziduale în aero-TiO₂ a indicat o etanșare incompletă a șablonului.

Valoarea maximă a responsivității a fost înregistrată sub iluminare de intensitate scăzută ($1.23 \times 10^{-4} \text{ A W}^{-1}$). S-a observat că responsivitatea scade odată cu creșterea grosimii stratului de aero-TiO₂ de pe electrozii interdigitați. Timpul de răspuns a fost de aproximativ 2.5 s pentru toți senzorii, iar timpul de recuperare variază în funcție de intensitatea luminii incidente.

Funcționarea senzorului este explicată prin efecte chemiresistive, unde adsorbția oxigenului în întuneric crește rezistența, iar desorbția oxigenului sub iluminare UV, mediată de purtătorii fotogenerați, scade rezistența. Structura 3D a aero-materialului facilitează formarea canalelor de conducție și o suprafață activă extinsă.

Îmbunătățirea Performanței Fotodetectorului de UV pe bază de nanoparticule de TiO₂ funcționalizate cu nandote de Au

Pentru a îmbunătăți eficiența senzorilor de UV pe bază de TiO₂, o strategie eficientă este funcționalizarea cu metale nobile (Pt, Au, Ag), în special nanoparticule de aur (AuNPs). AuNPs modifică distribuția sarcinii și deplasează nivelul Fermi, îmbunătățind separarea sarcinii și, implicit, eficiența fotocatalitică. Lucrări anterioare au arătat că depunerea de AuNPs pe suprafața TiO₂ crește separarea perechilor electron-gol și îmbunătățește reactivitatea fotodetectorului UV. În cadrul proiectului a fost efectuat un studiu, care propune o nouă abordare prin dezvoltarea unui fotodetector UV pe bază de TiO₂-AuNPs, fabricat prin spin-coating, și investighează performanța și mecanismele sale de funcționare.

Nanoparticulele de Au cu un diametru mediu de aproximativ 10 nm au fost sintetizate printr-o metodă modificată de reducere a citratului. Pentru a îmbunătăți stabilitatea coloidală, AuNPs au fost funcționalizate cu bis(p-sulfonatofenil)fenilfosfină dihidrat dipotasic (BSPP).

Nanoparticulele de TiO₂ au fost obținute prin metoda hidrotermală asistată de microunde. O soluție omogenă de tetraclorură de titan (TiCl₄) și acid oxalic a fost tratată într-un cuptor cu microunde la 200 °C timp de 60 de minute. Pulberea rezultată a fost spălată intens și uscată.

Senzorii UV au fost fabricați pe electrozi ceramici interdigitați de Au/Cr cu o suprafață de testare de 0.7 cm² și lățime de 100 μm pentru pinii de aur. Electrozi au fost curățați prin ultrasunete în etanol și apă distilată, apoi uscați. O cantitate de 10 μL de soluție TiO₂-AuNPs a fost aplicată pe electrod și depusă printr-o metodă de spin-coating la 1500 rpm timp de 10 secunde, rezultând un singur strat. Măsurătorile curent-tensiune (I-V) și curent-timp (I-T) au fost efectuate cu un Keithley 2450 SourceMeter SMU. Măsurătorile de detectare UV au fost realizate la temperatura de 25°C, sub iradiere UV (lungime de undă 365 nm, putere de 28 mW cm⁻²) și în întuneric, la tensiuni de 1 V și 10 V.

Imaginile SEM au relevat formarea de aglomerări de nanoparticule de TiO₂ de până la 200 nm, cu nanoparticule individuale mai mici de 10 nm și conglomerate stabile de aproximativ 40 nm. Analiza STEM a materialului compozit TiO₂-AuNPs a arătat o distribuție omogenă a nanoparticulelor de aur (cu dimensiuni de aproximativ 10 nm) în cadrul matricei de TiO₂.

Analiza XRD a confirmat prezența a trei faze polimorfe de TiO₂ (anatasă, rutilă și brookit). Faza anatasă a fost identificată la 2θ=25.3°, faza rutil la 2θ=27.4°, iar faza brookit la 2θ=30.8°. Spectroscopia Raman a susținut aceste descoperiri, indicând prezența tuturor celor trei polimorfe. S-a observat o scădere a intensității spectrului Raman pentru compozitul TiO₂-AuNPs, atribuită absorbției radiației laser de către nanoparticulele de aur. Dimensiunea medie a cristalitelor de TiO₂, calculată prin formula Debye-Scherrer, a fost de aproximativ 39.74 nm.

Măsurătorile I-V în întuneric au arătat o relație liniară curent-tensiune pentru ambii senzori (TiO₂ pur și TiO₂-AuNPs), indicând un contact ohmic între materialul de detectare și electrodul de aur. Sub iluminare UV, s-a observat o ușoară neliniaritate, semnalând formarea unei bariere de potențial la interfață. În senzorul TiO₂/Au, formarea unei joncțiuni Schottky la interfața

semiconductor-metal a fost evidențiată prin neliniaritatea crescută în caracteristicile I-V sub polarizare directă și inversă.

În întuneric, bariera Schottky la interfața TiO_2/Au lărgeste regiunea de epuizare, ducând la o rezistență mai mare și un curent de întuneric mai scăzut. Sub iluminare UV, electronii fotogenerați din TiO_2 se transferă către AuNPs, care acționează ca colectori eficienți de electroni. Acest transfer reduce regiunea de epuizare și scade rezistența mai eficient decât în cazul TiO_2 pur.

Funcționalizarea cu AuNPs a îmbunătățit sensibilitatea dramatic. La 1 V, sensibilitatea a crescut de la 2.5 (TiO_2 pur) la 179 (TiO_2 -AuNPs). La 10 V, sensibilitatea a crescut de la 4.24 la 107. Fotocurentul a crescut în probele funcționalizate cu nanoparticule de Au de la 1.24 nA la 0.58 μA la 1 V și de la 0.62 μA la 1.99 μA la 10 V.

Acest studiu a demonstrat cu succes fabricarea și testarea unui fotodetector UV îmbunătățit, bazat pe material compozit TiO_2 -AuNPs. Metoda de depunere prin spin-coating a permis obținerea unui senzor eficient și economic. Funcționalizarea nanoparticulelor de TiO_2 cu AuNPs a condus la o îmbunătățire remarcabilă a sensibilității și la reducerea timpilor de răspuns și recuperare. Această îmbunătățire se datorează formării unei joncțiuni Schottky la interfața TiO_2/Au , unde nanoparticulele de aur acționează ca colectori eficienți de electroni, reducând recombinarea purtătorilor de sarcină. Rezultatele confirmă că funcționalizarea senzorilor pe bază de oxizi metalici cu nanoparticule metalice, cum ar fi aurul, reprezintă o strategie extrem de eficientă pentru a îmbunătăți performanța dispozitivelor de detectare UV.

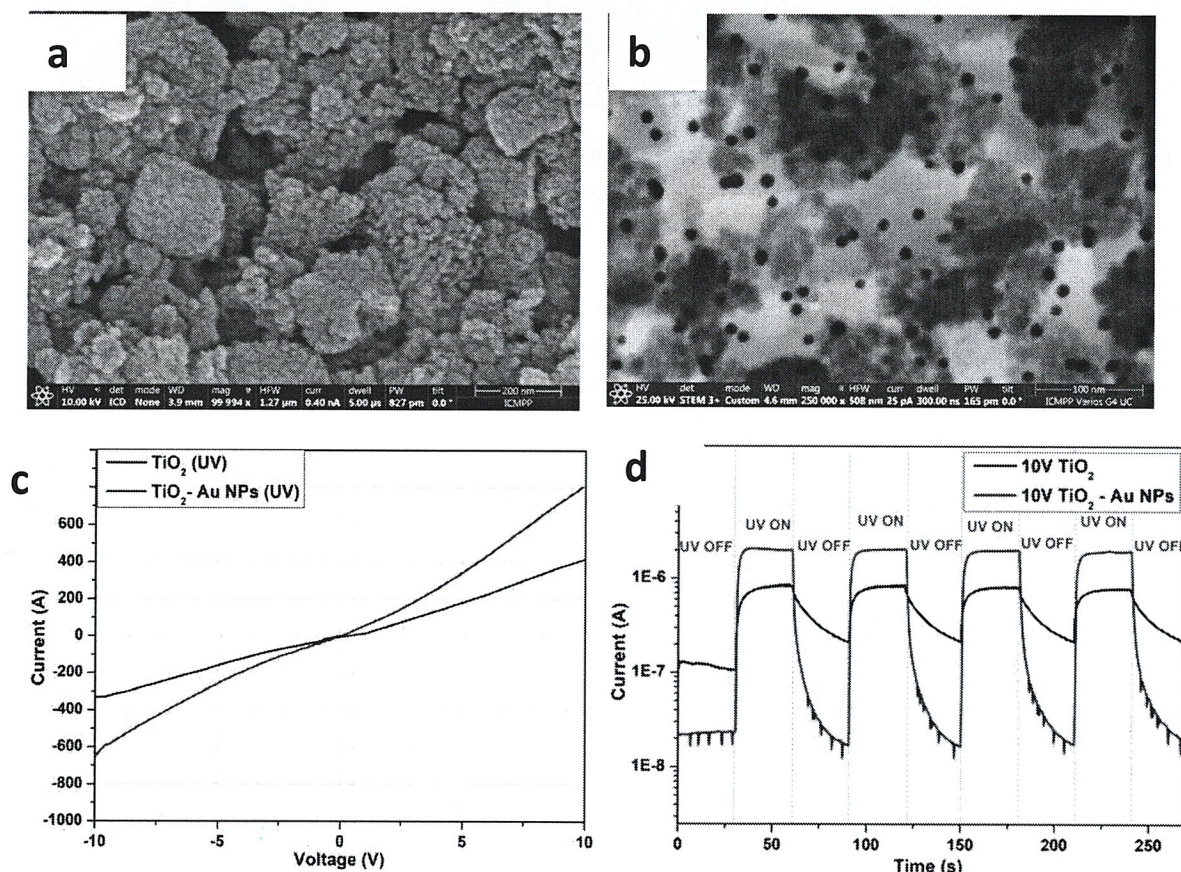


Fig. 2. Imagini SEM (a) și TEM (b) ale nanoparticulelor de TiO_2 funcționalizate cu nanodote de Au; Caracteristica I-V (c) și răspunsul fotoelectric al senzorului fabricat în baza nanoparticulelor de TiO_2/Au

Formarea straturilor încapsulate de ZnO în pereții microtuburilor de aero-GaN

A fost investigat procesul de formare și caracterizare a straturilor de oxid de zinc (ZnO) încorporate în pereții microtuburilor de aerogalnit (aero-GaN). Contextul este stabilit de importanța straturilor îngropate în tehnologia semiconductoare și de potențialul interfeței materialelor GaN și ZnO, care, datorită structurilor lor cristaline similare și diferența foarte mică a parametrilor rețelei cristaline, oferă o platformă promițătoare pentru heterojuncțiuni avansate.

Metodologia a implicat procesul de epitaxie în fază de vapori (HVPE) pentru creșterea GaN pe o rețea de microtetrapode ZnO interconectate, utilizată ca matrice de sacrificiu. Procesul a fost desfășurat în două etape distincte de temperatură: în faza inițială are loc procesul de nucleație și creștere la temperatură scăzută (600°C) pentru a asigura calitatea epitaxiei, urmată de o fază la temperatură înaltă (850°C) pentru a accelera formarea filmului de GaN. Caracterizarea detaliată a fost realizată prin microscopie electronică de transmisie (TEM), incluzând imagistică HAADF și cartografiere EDS, pentru a elucida structura și compoziția elementală a materialelor (Fig 3).

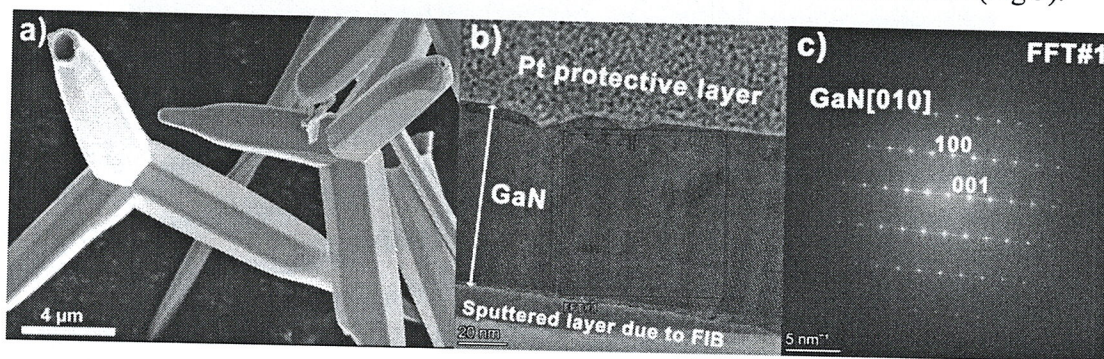


Fig. 3. Imagini SEM a microtuburilor de aero-GaN (a); HRTEM a secțiunii transversale a peretelui microtubului (b) și paternul FFT a regiunii respective (c);

Rezultatele au demonstrat formarea cu succes a microtetrapodelor goale de aerogalnit. În mod remarcabil, analizele TEM au dezvăluit prezența unui strat ultra-subțire de ZnO, cu o grosime de aproximativ 20 nm, îngropat la interfața GaN-ZnO din interiorul pereților microtuburilor. Acest strat se formează și este încapsulat în ciuda descompunerii controlate și îndepărtării stratului de sacrificiu format din microtetrapode de ZnO, care are loc simultan cu creșterea GaN în timpul fazei la temperatură înaltă. Mecanismul propus indică o stabilitate termică neașteptată a stratului de ZnO la interfața cu GaN.

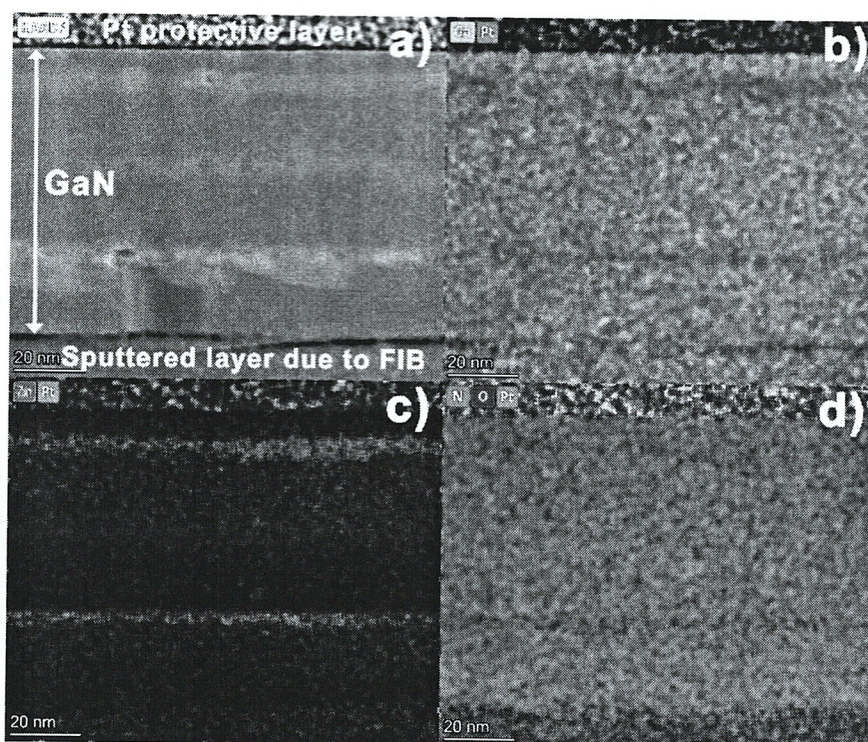


Fig. 4. Imaginea HAADF (High-Angle Annular Dark-Field) a secțiunii transversale a microtubului de aero-GaN (a); Imaginile (b), (c) și (d) sunt hărți EDS (Energy-dispersive X-ray Spectroscopy), care arată distribuția spațială a diferitelor elemente chimice în aceeași secțiune transversală a microtubului.

Mai aproape de peretele interior al tuburilor de GaN, se poate observa o regiune foarte subțire formată dintr-un strat de ZnO încapsulat în peretele tubului de GaN. Pe baza imaginilor HRTEM, observăm că jumătatea peretelui exterior (separată de linia dreaptă) este ordonată și are grosime continuă, în timp ce în jumătatea peretelui interior al tubului, se pot observa mai multe defecte în strat.

Formarea straturilor de ZnO îngropate observate în structura microtubulară a aerogalnitei poate fi atribuită dinamicii unice a creșterii GaN pe o matriță de ZnO sacrificială. Figura 3 ilustrează mecanismul propus în cadrul sistemului HVPE (Epitaxie în Fază de Vaporii a Hidrurii), descriind evoluția morfologiei aerogalnitei pe rețeaua de microtetrapode ZnO interconectate. Procesul inițiază cu depunerea unui strat subțire de însămânțare GaN la 600°C. Această temperatură relativ scăzută este aleasă strategic pentru a obține un echilibru: permite formarea de GaN cu o calitate cristalină suficientă, prevenind în același timp descompunerea imediată a matriței de ZnO subiacente. Structura cristalină wurtzită favorabilă, comună GaN și ZnO, cuplată cu o nepotrivire minimă a rețelei de doar 1,9%, promovează creșterea epitaxială a GaN, asigurând o interfață coerentă între cele două materiale. După depunerea inițială de GaN, substratul este transferat într-o zonă de temperatură mai mare (850°C) pentru a accelera rata de creștere a GaN. Această tranziție declanșează o cascadă de procese concurente. Temperatura ridicată, combinată cu atmosfera corozivă de H₂ și HCl predominantă în procesele HVPE, induce degradarea șablonului ZnO, care este gravat selectiv și evacuat din interiorul microtetrapodelor acoperite cu GaN. Natura interconectată a rețelei de microtetrapode devine crucială în această etapă. Pe măsură ce ZnO se descompune într-un tetrapod, speciile de zinc și oxigen eliberate sunt transportate prin fluxul de gaz și redeuse pe suprafețele tetrapodelor vecine. Acest proces dinamic are loc simultan cu creșterea GaN, ducând la o interacțiune complexă între depunerea și gravarea materialului. Odată

ce cea mai mare parte a șablonului ZnO este îndepărtată, GaN începe să crească pe suprafețele interioare ale brațelor microtetrapodelor, acum goale, replicând în esență procesul inițial de creștere epitaxială. Interesant este faptul că un strat ultrasubțire de ZnO, stabil termic, persistă pe pereții interiori ai microtuburilor de GaN, la interfața GaN-ZnO, chiar și la 850°C, în timp ce restul șablonului de ZnO este gravat. Acest strat rezidual de ZnO, la interfața cu GaN, este protejat de gravare datorită stabilității chimice induse de partener. În timpul creșterii continue a GaN, acest strat interior de ZnO devine încorporat în structura de aerogal-nită, dând naștere straturilor îngropate observate. Sunt necesare investigații suplimentare pentru a elucida pe deplin mecanismul exact care guvernează stabilitatea lor în aceste condiții dure și aplicațiile relevante, luând în considerare proprietățile optoelectronice ale materialelor implicate.

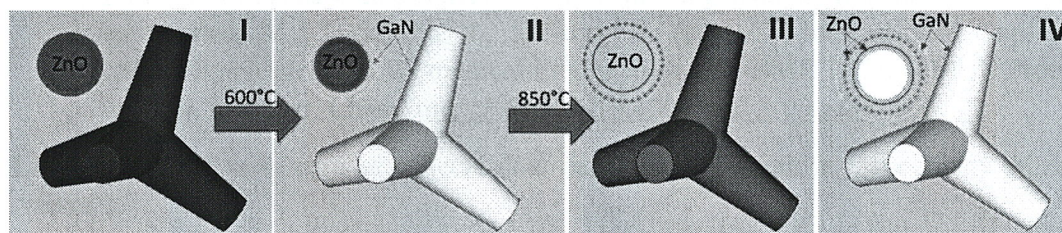


Fig. 5. Ilustrarea schematică a procesului de creștere a aerogalnitului. Etapele ilustrează: (I) un singur microtetrapod de ZnO, (II) creșterea inițială a stratului de GaN la 600 °C, (III) creșterea GaN de înaltă calitate și descompunerea simultană a ZnO la 850 °C și (IV) creșterea de GaN atât pe suprafețele interioare, cât și pe cele exterioare, ducând la formarea unui strat de ZnO îngropat.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu) și în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

Participări la conferințe științifice

- **Tudor Braniste**, Vladimir Ciobanu, Irina Jin, Veaceslav Ursaki, Victor Zalamai, Emil Rusu, Vadim Morari, Rainer Adelung, and Ion Tiginyanu. Synthesis of Aero-ZnS micro-nanoarchitectures on 3D networks of sacrificial ZnO microtetrapods. DPG-Spring meeting, Berlin, Germania, 17-22 martie 2024 (<https://www.dpg-verhandlungen.de/year/2024/conference/berlin/part/kfm/session/9/contribution/15>).
- **Tudor Braniste**, Vladimir Ciobanu, Florica Doroftei, Radu Tigoianu and Ion Tiginyanu. „The impact of metal dots on time-resolved luminescence of aero-GaN”. 5th International Conference on Advanced Functional Materials, 14-15 Octombrie 2024, Londra, Marea Britanie (<https://crgconferences.com/functionalmaterials/>).
- **Tudor Braniste**. Technology of fabrication and applications of 3D micro-nano-architectures based on aero-GaN. Humboldt Kolleg NANO-2024, 15-18 aprilie 2024, Chișinău, Republica Moldova (<http://repository.utm.md/handle/5014/26916>).
- **Tudor Braniste**, Tatiana Galatonova, Vladimir Ciobanu, Florica Doroftei, Veaceslav Ursaki and Ion Tiginyanu. „Electro-mechanical sensing properties of Aero-GaN embedded in silicone elastomer” Conferința științifico-practică „Tehnologii Fizice Avansate cu Aplicarea UVS în Monitorizarea și Modelarea Factorilor de Mediu”.

(https://conferinte.stiu.md/sites/default/files/evenimente/Programa%20detaliata%20a%20Conferintei_08.11.2024.pdf).

- **Tudor Braniste**, Ion Tiginyanu. (2025). Emerging Hybrid Aero-nanomaterials Based on Wide-Band-Gap Semiconductor Compounds. In: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) 7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings, vol 134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_24
- **Tudor Braniste**, Zsolt Fogarassy, Andras Kovács, Bela Pécz, Ion Tiginyanu. (2025). Formation of Zinc Oxide Buried Layers within the Walls of the Aero-GaN Microtubes. In: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) 7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings, vol 134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_12

Lista publicațiilor în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect este prezentată în Anexa 2.

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

Din punct de vedere economic, cercetările efectuate în cadrul proiectului deschid perspective promițătoare pentru noi aplicații comerciale, în special în dezvoltarea unor senzori de radiație în domeniul UV, de gaz și tensometrici mult mai performanți, oferind materiale avansate esențiale pentru industriile de înaltă tehnologie și creând oportunități stăt pentru studii aprofundate în domenii emergente, cât și pentru inițierea de activități economice cu valoare adăugată înaltă care necesită forță de muncă înalt calificată și crearea de startup-uri high-tech. Impactul social este la fel de profund, cu potențialul de a îmbunătăți semnificativ monitorizarea mediului (calitatea aerului, radiațiile UV, fotocataliza poluanților organici) și sănătatea publică, prin contribuțiile la diagnosticarea medicală și la dezvoltarea de noi dispozitive biomedicale, toate acestea fiind facilitate de colaborările naționale și internaționale robuste, care demonstrează angajamentul cercetării de a transforma cunoștințele de laborator în beneficii concrete pentru societate.

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

La nivel național a fost continuată colaborarea cu laboratorul de Inginerie Tisulară și Culturi Celulare din cadrul USMF „Nicolae Testemițeanu”, unde au fost testate proprietățile de biocompatibilitate a nanoarhitecturilor pe baza compușilor semiconductori. Au fost inițiate colaborări cu Laboratorul LCȘ Fizica Mediului și Modelarea Sistemelor Complexe, iar împreună cu colegii am reușit avansarea cercetărilor în domeniul senzorilor de gaze pe baza materialelor stratificate, care au rezultat în publicarea unei lucrări științifice (Sprincean, V.; Caraman, M.; Braniste, T.; Tiginyanu, I. Layered Structures Based on Ga₂O₃/Ga_{0.98}Se_{0.02} for Gas Sensor Applications. *Surfaces* 2025, 8, 53. <https://doi.org/10.3390/surfaces8030053>). A fost inițiată colaborarea științifică cu Institutul de Microbiologie, UTM, în cadrul căreia este cercetată influența funcționalizării cu nanoparticule de Au a nanostructurilor pe bază de ZnO asupra culturilor de cyanobacteria, rezultatele preliminare fiind discutate și publicate la Conferința Internațională NanoCon din 15-17 Octombrie 2025, Brno, Cehia (<https://www.nanocon.eu/en/list-of-papers/>).

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

Pe plan internațional au fost consolidate relațiile de colaborare cu instituții de cercetare din România, precum Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni” din Iași și Institutul de Electrochimie și Materie Condensată din Timișoara, unde am avut posibilitatea să realizez o serie de măsurători care nu sunt posibil de realizat la UTM, precum microscopia electronică de rezoluție înaltă sau tratarea probelor în atmosferă controlată de hidrogen la temperaturi mai mari de 500°C. O serie de experimente au fost realizate în parteneriat cu colegii de la IFW-Dresden din Germania, unde au fost depuse straturile subțiri de SnS, SnSe₂, TiO₂ și MgO-TiO₂, care au servit ca bază pentru obținerea aero-nanomaterialelor.

A fost inițiată colaborarea cu Laboratorul de Nanotehnologii al Universității Bilkent din Turcia, iar împreună cu dr. Mustafa Ordu am reușit avansarea discuțiilor privind integrarea nanoarhitecturilor 3D pe baza de ZnO și GaN în senzori tenzoelectrice, și am realizat schimbul de mostre pe baza de nanomultipode de ZnO. Totodată a fost înaintată o propunere comună de proiect în cadrul apelului de proiecte bilaterale Moldo-Turce.

10. Dificultățile în realizarea proiectului de natură financiară, organizatorică, legate de resursele umane etc. (obligatoriu).

În procesul organizatoric de realizare a proiectului au fost necesare anumite ajustări a programului vizitelor peste hotare, durata căroră, precum și timpul de efectuare sunt dependente de rezultatele obținute în laborator, iar panificarea la început de an ar trebui tratată ca fiind mai mult orientativă, decât obligatorie. Similar și pentru planificarea financiară a serviciilor poștale, care pot fi realizate doar atunci când rezultatele științifice obținute permit acest lucru. Cu toate acestea,

11. Recomandări, propuneri (opțional).

Conducătorul de proiect (postdoctorandul) Dr. Fiodor Braniște

Data:

LȘ



Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

Cifrul proiectului **24.00208.5007.01/PDII**

Denumirea Proiectului: **Obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale în baza compușilor semiconductori**

În cadrul proiectului, au fost realizate progrese semnificative în obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale. S-au sintetizat cu succes aeronanostructuri complexe pe bază de compuși semiconducători precum TiO_2 , SnSe_2 , GaN/ZnO și $\text{TiO}_2\text{-MgO}$, utilizând metode avansate de depunere, inclusiv depunerea straturilor atomare (ALD). În calitate de substrat a fost utilizată o rețea interconectată de microtetrapode de oxid de zinc, care este înlăturată după ce procesul de depunere are loc. Un rezultat cheie a fost dezvoltarea și optimizarea fotodetectorilor UV bazați pe aero- TiO_2 și, în mod notabil, a celor funcționali cu nanoparticule de aur ($\text{TiO}_2\text{-AuNPs}$), demonstrând o creștere remarcabilă a sensibilității (până la peste 100 de ori la 1V). Funcționalizarea nanosenzorilor cu nanodote de Au este important și pentru îmbunătățirea timpului de răspuns la aplicarea impulsurilor de radiație UV. De asemenea, a fost investigată în detaliu formarea straturilor încapsulate de ZnO în pereții microtuburilor de aero-GaN, elucidând mecanismele de creștere epitaxială și stabilitatea termică a interfețelor. Toate aceste realizări științifice au fost diseminate activ prin publicarea unei monografii, a numeroase articole în reviste științifice internaționale cotate cu factor de impact ridicat (ex: Applied Surface Science Advances, International Journal of Molecular Sciences. ș.a) și prin prezentări la conferințe internaționale prestigioase în Republica Moldova, Germania și Marea Britanie. Proiectul a consolidat colaborări esențiale la nivel național și internațional cu instituții de cercetare de top, și a generat proprietate intelectuală, concretizată prin depunerea a trei cereri de brevet de invenție pentru procedee inovatoare de obținere a aeromaterialelor și pentru senzori de radiații ultraviolete.

EN

Within the project, significant progress was made in obtaining and characterizing three-dimensional structures with two-dimensional elements. Complex aero-nanostructures based on semiconductor compounds such as TiO_2 , SnSe_2 , GaN , ZnO and $\text{TiO}_2\text{-MgO}$ were successfully synthesized, using advanced deposition methods, including atomic layer deposition (ALD) on a sacrificial substrate formed by an interconnected network of zinc oxide microtetrapods. A

key result was the development and optimization of UV photodetectors based on aero-TiO₂ and, notably, those functionalized with gold nanoparticles (TiO₂-AuNPs), demonstrating a remarkable increase in sensitivity (up to over 100 times at 1V) and improved response times. The formation of ZnO encapsulated layers in the walls of aero-GaN microtubes was also investigated in detail, elucidating the epitaxial growth mechanisms and the thermal stability of the interfaces. All these scientific achievements were actively disseminated through the publication of a monograph, numerous articles in international scientific journals with high impact factor (e.g. Applied Surface Science Advances, International Journal of Molecular Sciences) and presentations at prestigious international conferences in Moldova, Germany and the UK. The project consolidated essential collaborations at national and international level with top research institutions, and generated intellectual property, materialized by the filing of three patent applications for innovative processes for obtaining aeromaterials and for ultraviolet radiation sensors.

Conducătorul de proiect (postdoctorandul) Dr. Fiodor Braniște



Data: 01.12.2025

LȘ



Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anii 2024-2025 în cadrul proiectului

„Obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale în baza compușilor semiconductori”

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

- T. Braniste. AERO-MATERIALS AND 3D NANO-ARCHITECTURES, Editura USM, 2025 (În curs de publicare)

Articole în reviste științifice

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

- Ursachi V, Braniște T, Marangoci N.L, Tighineanu I. Emerging aero-semiconductor 3D micro-nano-architectures: Technology, characterization and prospects for applications. In: Applied Surface Science Advances. 2025, vol. 26, pp. 1-32. ISSN 2666-5239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2025.100708>, https://bn.idsi.md/vizualizare_articol/222104; IF=8.7
- Nicolaescu M, Braniste T, Orha C, Morariu M-I, Lehmann S, Nielsch K, Tiginyanu IM, Faur R, Zalamai V, Lazau C, et al. Room Temperature UV Photodetector Based on Aero-Titania. International Journal of Molecular Sciences. 2025; 26(22):11035. <https://doi.org/10.3390/ijms262211035>; IF=4.9
- Braniste T, Bandas C, Ursaki V, Tiginyanu I. Review on supercapacitors based on metal oxide aerogels and related materials. Energy Reports (Submitted); IF=5.1
- Braniste T, Nicolaescu M, Galatonova T, Morariu M-I, Lazau C, Orha C, Ursu E-L, Doroftei F, Botstig D-I, Zalamai V, Tighineanu I.M, Bandas C. ENHANCEMENT OF UV PHOTODETECTOR BASED ON TiO₂-Au NANOPARTICLES, Surfaces and Interfaces (Submitted). IF=6.3.

În reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

- T. Braniste. Școala de vară, ediția a II-a: „Calea către descoperiri științifice”. Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos” Nr. 3(74) / 2024 / ISSN 1857-0461 / ISSNe 2587-3687

Articole în materiale ale conferințelor științifice

- Braniste, T., Tiginyanu, I. (2025). Emerging Hybrid Aero-nanomaterials Based on Wide-Band-Gap Semiconductor Compounds. In: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) 7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings, vol 134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_24
- Braniste, T., Fogarassy, Z., Kovács, A., Pécz, B., Tiginyanu, I. (2025). Formation of Zinc Oxide Buried Layers within the Walls of the Aero-GaN Microtubes. In: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) 7th International Conference on Nanotechnologies

and Biomedical Engineering. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings, vol 134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_12

Teze ale conferințelor științifice:

În lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

- Tudor Braniste, Vladimir Ciobanu, Irina Jin, Veaceslav Ursaki, Victor Zalamai, Emil Rusu, Vadim Morari, Rainer Adelung, and Ion Tiginyanu. Synthesis of Aero-ZnS micro-nanoarchitectures on 3D networks of sacrificial ZnO microtetrapods. DPG-Spring meeting, Berlin, Germania, 17-22 martie 2024.
- Tudor Braniste, Vladimir Ciobanu, Florica Doroftei, Radu Tigoianu and Ion Tiginyanu. „The impact of metal dots on time-resolved luminescence of aero-GaN”. 5th International Conference on Advanced Functional Materials, 14-15 Octombrie 2024, Londra, Marea Britanie.

În lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- Tudor Braniste. Technology of fabrication and applications of 3D micro-nano-architectures based on aero-GaN). Humboldt Kolleg NANO-2024, 15-18 aprilie 2024, Chișinău, Republica Moldova

În lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

- Tudor Braniste, Tatiana Galatonova, Vladimir Ciobanu, Florica Doroftei, Veaceslav Ursaki and Ion Tiginyanu. „Electro-mechanical sensing properties of Aero-GaN embedded in silicone elastomer” Conferința științifico-practică „Tehnologii Fizice Avansate cu Aplicarea UVS în Monitorizarea și Modelarea Factorilor de Mediu”, Ediția a V-a, Chișinău, 8 noiembrie 2024.

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

- Vladimir Ciobanu, Vadim Morari, Fiodor Braniste, Ion Tighineanu. Procedeu de obținere a aeromaterialului ultraporos din Ga₂O₃. Cerere Brevet de invenție.
- Cornelia Bandas, Carmen Lazau, Corina Orha, Mircea Nicolaescu, Mina-Ionela Morariu, Fiodor Braniste, Victor Zalamai, "Procedeu de obținere a aeromaterialelor de tipul ZnO(tetrapode)@TiO₂ in condiții hidrotermale în câmp de microunde", cerere de brevet inregistrata OSIM A/00255 din 19 iunie 2025.
- Bandas Cornelia, Fiodor Braniste, Nicolaescu Mircea, Tatiana Galatonova, Lazau Carmen, Orha Corina, Mina-Ionela Morariu, Rotaru Alexandru, Ursu Elena-Laura, Tighineanu Ion. „Senzor pe baza de material compozit TiO₂-AuQDs pentru detectia radiatiilor ultraviolete" Cerere de brevet inregistrată la OSIM A/00369 din 26 august 2025.

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru
anul 2025

Cifrul proiectului 24.00208.5007.01/PDII

Cheltuieli, lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Burse de studii a studenților autohtoni	281211	140 400,0		140 400,0
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	5300,0	-632,0	4 668,0
Servicii editoriale	222910	23 800,0		23 800,0
Servicii de cercetări științifice contractate	222930			
Servicii poștale	222980	2500,0	+632,0	3132,0
Servicii neatribuite altor aliniate	222999			
Alte cheltuieli în bază de contracte cu persoane fizice	281600			
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900			
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110			
Procurarea activelor nemateriale	317110			
Procurarea combustibilului, carburanților și lubrifianților	331110			
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110			
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110			
TOTAL		172 000,0		172 000,0

Rector U.T.M.



(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)



(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect



(semnătura)

Dr. Fiodor BRANIȘTE

(numele, prenumele)

Data:

LS





EXTRAS
din Procesul Verbal
al ședinței Consiliului Științific UTM
din 02 decembrie 2025

Prezenți: 14 membri ai Consiliului științific al UTM – Vasile Tronciu, *Prorector pentru cercetare, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Ion, *Academician AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Viorel, *Rector UTM, prof. univ., dr. hab.*; Siminiuc Rodica, *Directoare a ȘD UTM, conf. univ, dr.*; Sturza Rodica, *Membru cor. AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Ghendov-Moșanu Aliona, *conf. univ., dr. hab.*; Caisin Larisa, *prof. univ., dr. hab.*; Cepoi Liliana, *Director, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al UTM, conf.univ., dr.*; Gheorghită Maria, *prof. univ., dr.*; Monaico Eduard; *dr., conf. cercet.*; Țurcanu Dinu, *dr., conf. univ.*; Țirșu Mihai; *Director Institutul de Energetică UTM, conf. univ., dr.*; Popovici Mihail, *conf. univ., dr.*; Muntean Viorel, *Doctorand UTM*

S-A DISCUTAT: audierea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte Postdoctorat: 24.00208.5007.01/PDII „Obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale în baza compușilor semiconductori”, Conducător de proiect: *dr. Fiodor BRANIȘTE.*

S-A DECIS: aprobarea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte Postdoctorat:: 24.00208.5007.01/PDII „Obținerea și caracterizarea structurilor tridimensionale cu elemente bidimensionale în baza compușilor semiconductori”, Conducător de proiect: *dr. Fiodor BRANIȘTE.*



Președinte al CȘ UTM,
Vasile TRONCIU, dr. hab., prof. univ.

Secretar al CȘ UTM,
Liliana CEPOI, dr. hab.