

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII AL
REPUBLICII MOLDOVA

UNIVERSITATEA DE STAT
DIN MOLDOVA

MD-2009, mun. Chișinău
str. A.Mateevici 60
tel.: (+373) 22244821, fax: 22244248
www.usm.md, email: rector@usm.md



MINISTRY OF EDUCATION AND
RESEARCH OF
THE REPUBLIC OF MOLDOVA

MOLDOVA STATE UNIVERSITY

MD-2009, Chisinau
A.Mateevici str. 60
phone: (+373) 22244821, fax: 22244248
www.usm.md, email: rector@usm.md

CONSILIUL ȘTIINȚIFIC al USM

01/3224
06.12.24

EXTRAS

din proces-verbal nr.2
al ședinței din 05 decembrie 2024
a Consiliului Științific al Universității de Stat din Moldova

Au fost prezenți: 14 membri din 15

Obiect de referință:

*Aprobarea rapoartelor științifice anuale
ale proiectelor stimularea excelenței în cercetare*

Ca urmare a prezentării publice se aprobă rezultatele științifice anuale (2024), obținute în cadrul proiectului stimularea excelenței în cercetare ***Modelarea directă a fasciculului de electroni a elementelor optice difractive pe medii avansate bazate pe sticlele calcogenice nanostructurate și nanocompozite polimerice***, cu cifrul 24.80012.5007.23SE, conducător de proiect Vladimir ABAȘKIN.

**Președintele Consiliului Științific
profesor universitar**

Secretar al ședinței



Georgeta Stepanov

Lilia Spînu

RECEPȚIONAT

Agencia Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____

_____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2024

privind implementarea proiectului din cadrul concursului
stimularea excelenței în cercetare

Proiectul Modelarea directă a fasciculului de electroni a elementelor optice difractive pe medii avansate bazate pe sticlele calcogenice nanostructurate și nanocompozite polimerice

Cifra proiectului **24.80012.5007.23SE**

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

Rectorul

Igor ȘAROV
(numele, prenumele)


(semnătura)

Președintele Consiliul Științific

Georgeta STEPANOV
(numele, prenumele)


(semnătura)

Conducătorul proiectului

Vladimir ABAȘKIN
(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)

Depunerea termică în vid a structurilor nanodimensionate de sticle chalcogenice și studiul interacțiunii nanostructurilor obținute cu iradierea de fascicul de electroni.

2. Obiectivele etapei 2024 (obligatoriu)

1. Se vor obține nanostructuri din sticle chalcogenice pentru a studia dependența proprietăților fizico-chimice de nanostructurare.
2. Se vor studia proprietățile optice ale nanostructurilor ChG/Se sub influența radiației fasciculului de electroni.

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

1. Vor fi elaborate regimuri tehnologice de obținere a nanostructurilor în bază de ChG/Se cu deferite componente și perioade diferite de modulare a grosimii.
2. Va fi efectuată o analiză comparativă a parametrilor optici, grosimilor și proprietăților optice ale nanostructurilor ChG/Se sub iradiere cu fascicul de electroni.

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

Acțiunile p.1

1. S-au folosit metode tehnologice fără vid de aplicare a **unui strat conductor subțire** și translucid de SnO₂ sau oxid de titan și indiu (ITO), pe un substrat de sticlă. Depunerea de straturi conductoare transparente pe un substrat de sticlă pentru a permite scurgerea de sarcină electrică atunci când proba este expusă la un fascicul de electroni.
2. Au fost dezvoltate regimurile tehnologice de obținere în vid a **nanomultistraturilor de As₂S₃ –Se** pe un substrat de sticlă (curenții a două evaporatoare pentru As₂S₃ și pentru Se, viteza de rotație a substratului, măsurători interferometrice ale grosimii de straturi) în bază unor instalații computerizate. Nanostructura multistrat (grosimea totală 2-3 μm) este formată din straturi alternante de sticlă calcogenică As₂S₃ și Se cu grosimea de câțiva nanometri fiecare (8-10) și în număr totală de straturi de aproximativ 100-150.

Acțiunile p.2

3. Înregistrarea liniilor pe eșantion de nanomultistraturi As₂S₃ –Se în dependență de **curentul fasciculului microscopului, viteza de mișcare a fasciculului și doza (curentul x timpul)** acestuia.
4. Liniile înregistrate în mod regulat și direct la o distanță de 5 μm au format **o rețea de difracție -element optic de difracție**.
5. Reliefurile liniilor /rețelelor de difracție înregistrate au fost studiate cu ajutorul **microscopului digital și al microscopului cu forță atomică**. A fost efectuat un studiu al **proprietăților optice** ale fiecărui strat individual de nanomultistraturi în intervalul (500-800 nm) al spectrului.

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

1. Implementarea metodelor tehnologice fără vid de aplicare a unui strat conductor subțire de SnO_2 sau oxid de titan sau indiu tin oxide (ITO), pe un substrat de sticlă. A fost folosită metoda de depunere a SnO_2 din faza de aerosoli - procesul de piroliză prin pulverizare. Straturile conductoare de pe substratul de sticlă cu rezistență de $\sim 20\text{k}\Omega/\text{mm}$, ce sunt necesare pentru a permite scurgerea sarcinii electrice atunci când proba este expusă la un fascicul de electroni. Stratul conductor este conectat cu suportul mesei de fixare a probei cu banda conductoare dublu adezivă ("Carbon"). Acest strat subțire depus pe substratul de sticlă constituie baza pentru următoarele depuneri de nanomultistraturi As_2S_3 -Se. Un strat transparent este necesar pentru efectuarea studiului nanostructurilor în lumina laserului transmisă folosind un microscop interferențial.

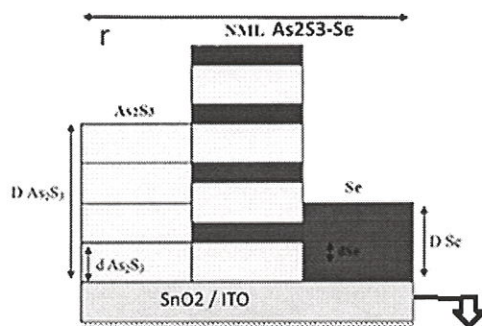


Fig.1 Secțiune transversale a nanomultistraturi As_2S_3 -Se.

Secțiunea transversală a nanostraturilor multistrat cu un strat conductiv utilizat în experiment este prezentată în Fig. 1. Partea centrală (Fig. 1) a probei a fost utilizată pentru expunerea la fasciculul electronic a microscopului TESCAN VBEGA.

Instalația pentru aplicarea structurilor pe un substrat de sticlă permite selectarea următorilor parametri: grosimile stratului $\text{As}_2\text{S}_3 \sim 10\text{-}20\text{nm}$, grosimi ale stratului de Se $\sim 8\text{-}10\text{nm}$, număr de straturi împerecheate -100-200, grosimea totală a structurii $\sim 1\text{-}3\mu\text{m}$. Grosimea straturilor subțiri (partea central) prezentate în acest raport a fost identificată prin intermediul microscopului interferometric MII-4 și constituie $1460\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$.

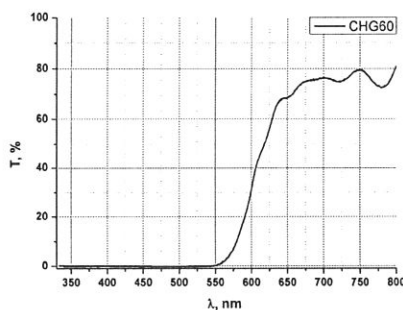


Fig. 2. Este prezentată transmisia optică a unei probe din nanomultistraturi de As_2S_3 -Se.

Figura arată că pentru cercetare folosind un microscop de interferență este potrivit un laser cu o lungime de undă de $0,633\text{ nm}$. Transmitanța optică a probelor este de aproximativ 60%.

2. Pentru modelarea directă a fasciculului de electroni a elementelor optice de difracție a fost utilizat microscopul electronic TESCAN VEGA. Metoda folosită în cercetare se numește litografie cu fascicul de electroni (EBL). Fasciculul unui microscop electronic, scanând suprafața structurii, creează un relief pe suprafață. Este important de subliniat că pentru obținerea acestuia nu este necesară prelucrarea chimică. Aceasta este o proprietate unică a nanomultistraturilor de As_2S_3 –Se ce au fost studiate.

Rețeaua de difracție cu perioada de 10 micrometri a fost desenată în programul KLayout. Software-ul de proiectare asistată de PC (CAD) este utilizat pentru a pune modele pentru litografie.

Fasciculul microscopului electronic scanează suprafața structurii, creează un relief conform designului. În figura ce urmează (Fig.3) este reprezentată rețeaua de difracție creată în programul de operare cu microscopul electronic iar în pe tabel sunt setați parametrii pentru procesul EBL.

Pentru a identifica parametrii optimi și pentru a studia dependența adâncimii reliefului de condițiile de înregistrare prin metoda litografiei în fascicul de electroni (EBL) au fost setați parametrii (energia fascicolului și doza) reieșind din publicația [1] Experimentul, s-a identificat energia optimă de 20 keV și un curent maxim de 5-7 nA, variația cărui va determina ulterior doza și timpul total de expoziție.

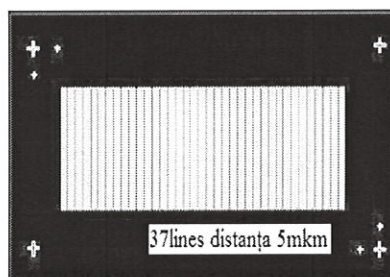


Fig.3 Imaginea rețelei de difracție obținută în programul KLayout pentru EBL.

Tabelul modurilor microscopului cu scanare de electroni TESCAN VEGA pentru realizarea caracteristicilor comparative ale rezultatelor EBL.

Numele mostrelor	N4-66	N4-67	N4-68	N4-69	N4-70	N4-71	N4-72	N4-73	N4-74	N4-75
Doze, $\mu\text{C} \cdot \text{cm}^2$	700	1400	2750	4100	5440	6840	8200	9600	10890	12230
Dwell time, μs	1018	2061	4050	60388	8011	10073	12076	14138	16038	18011
ms	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Write time, min	7,03	11,13	19,15	27,17	35,15	43,35	51,41	60,01	67,41	75,40

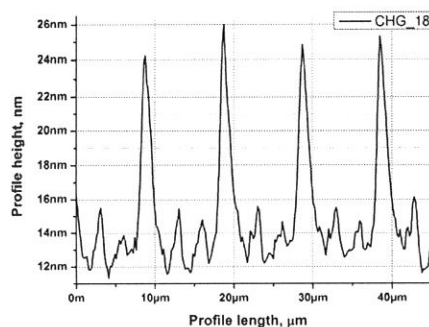


Fig. 4. Profilul obținut de la suprafața rețelei de difracție CHG 18 obținut cu ajutorul microscopului cu forță atomică.

Din Fig. 4 se observă că înălțimea profilului rețelei ajunge la aproximativ 25 nm, iar perioada rețelei principale este de 10 μm . Perioada „rețelei secundare” este de aproximativ 3 μm , iar înălțimea profilului „rețelei secundare” este de aproximativ 3 nm. Înălțimea maximă a profilului rețelei, la dozele indicate în table ($\mu\text{C} \cdot \text{cm}^2$), este de 65 nm.

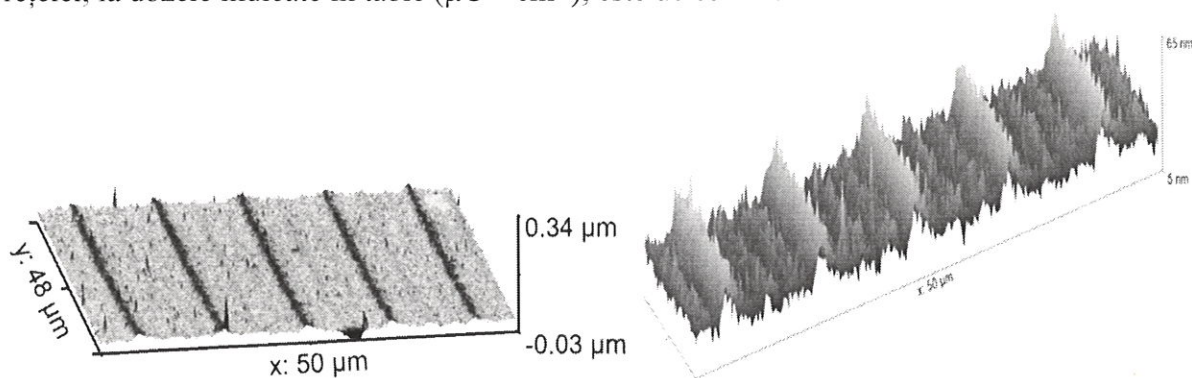


Fig.5. Imaginii tridimensionale a suprafeței rețelei înregistrate la o doză insuficientă și la o doză care oferă o imagine difracțională bună (vezi Fig. 6).

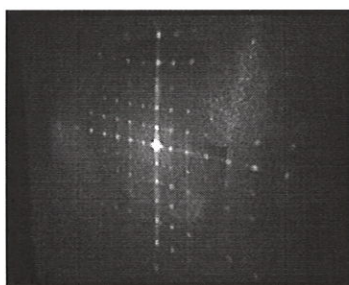


Fig.6. Distribuția a intensităților difracției produs de rețeaua iluminată de un laser de lungimea de undă 640 nm.

Diseminarea rezultatelor la foruri științifice (obligatoriu)

ABAȘKIN, Vladimir et al. *Non mask e-beam lithography of TESCAN VEGA for direct recording of diffraction optical elements: part 1-lines recording*. "Materials Science and Condensed Matter Physics" international conference (10; 2024; Chișinău). 10th International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics : MSCMP: Chișinău 2024: October 1-4, 2024: Book of abstracts/conference organizers: Leonid Culiuc (chair) [et al.] - Chișinău, 2024. 89p. ISBN 978-9975-62-763-4. <https://mscmp.usm.md/>

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

Proiectul are un impact interdisciplinar în domenii de aplicare precum nanomaterialele, informatica, optica și fotonica. Rezultatele obținute în cadrul proiectului, prin utilizarea microscopului electronic de scanare SEM TESCAN VEGA, vor contribui la îmbunătățirea pregătirii științifice și pedagogice a tinerilor cercetători, doctoranzilor și studenților. Impactul tehnologic constă în utilizarea metodei de înregistrare directă a rețelelor de difracție în modul litografiei în fascicul de electroni cu ajutorul microscopului TESCAN VEGA SEM, facilitând procesul de creare a elementelor optice fără prelucrare „umedă”.

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

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

“Medipol” University, School of Engineering and Natural Sciences, Istanbul, Turkey

9. Dificultățile în realizarea proiectului: Financiare:

Întârziere în finanțare (aprox.2 luni), licitație (+1 lună), selecție furnizor, timp de comandă și livrare (+2-3.5 luni), ceea ce a dus la imposibilitatea achiziționării unor componente/materiale din străinătate. Acest lucru pune în pericol implementarea completă a activărilor. Pentru a evita pierderile financiare, trebuie să cumpărați materiale, care va fi nevoie doar până la jumătatea anului 2025.

10. organizatorice, legate de resursele umane etc. (opțional)

11. Recomandări, propuneri (opțional).

Conducătorul de proiect Vladimir Abașkin (numele, prenumele, semnătura)

Data: 10 Decembrie 2024

L.Ș.



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

Proiectul “**Modelarea directă a fascicului de electroni a elementelor optice difractive pe medii avansate bazate pe sticlelor calcogenice nanostructurate și nanocompozite polimerice**”

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

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. Capitle în monografii naționale/internaționale

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

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)

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)

ABAŞKIN, Vladimir et al. *Non mask e-beam lithography of TESCAN VEGA for direct recording of diffraction optical elements: part 1-lines recording*. “Materials Science and Condensed Matter Physics” International conference (10; 2024; Chişinău). 10th International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics : MSCMP: Chişinău 2024: October 1-4, 2024: Book of abstracts/conference organizers: Leonid Culiuc (chair) [et al.] -

Chișinău, 2024. 89 p. ISBN 978-9975-62-763-4. <https://mscmp.usm.md/>

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Notă: vor fi considerate teze și nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.

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

Et al.

Anexa 2 (obligatoriu)

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2024

Pentru jumătatea anului 2024 1 pagină

1. În urma cercetărilor, au fost studiate regimurile de obținere a nanostraturilor multistrat aplicate pe un substrat de sticlă cu un electrod transparent conductiv, bazate pe nanomultistraturi $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Se}$.
2. Au fost obținute date preliminare privind regimurile de înregistrare a rețelelor (doza și parametrii fasciculului de electroni) utilizând microscopul electronic TESCAN VEGA.
3. Metoda de înregistrare directă a rețelelor de difracție a fost aplicată în regim TESCAN VEGA – Electronic Beam Lithography (EBL).
4. Parametrii de înregistrare a suprafețelor rețelelor au fost investigați cu ajutorul unui microscop de forță atomică (AFM) și a unui microinterferometru.
5. Au fost studiate unele proprietăți optice ale rețelelor: șablonul de intensități de difracție și transmisia optică în domeniul vizibil.

For for half of the year 2024 1 page

1. As a result of the research, the regimes for obtaining multilayer nanolayers applied to a glass substrate with a conductive transparent electrode, based on As_2S_3 –Se nanomultilayers, were studied.
2. Preliminary data on the regimes of grating recording (dose and electron beam parameters) were obtained using the TESCAN VEGA electron microscope.
3. The method of direct recording of diffraction gratings was applied in the TESCAN VEGA – Electron Beam Litography (EBL) regime.
4. The recording parameters of the grating surfaces were investigated using an atomic force microscope (AFM) and a microinterferometer.
5. Some optical properties of the gratings were studied: diffraction and optical transmission in visible range.

Conducătorul de proiect Vladimir Abaşkin _____ / (numele, prenumele, semnătura)

Data: 10 Dec 2024



LŞ



Executarea devizului de cheltuieli,
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2024
Cifrul proiectului: 24.80012.5007.23SE

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Servicii de cercetări științifice	222930	92,2		92,2
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	11,4		11,4
Total		103,6		103,6

Conducătorul organizației Igor ȘAROV

Contabil șef Liliana COJOCARU

Conducătorul de proiect Vladimir ABAȘKIN

Data: 10 Dec

LȘ



2024

Componența echipei conform contractului de finanțare 2024

Cifrul proiectului: 24.80012.5007.23SE

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.	Vladimir Abașkin	1948	Dr.	0,75	15.07.2024	31.12.2024
2.	Sergei Moldovanu	1967	-	0,5	15.07.2024	31.12.2024
3.	Constantin Loșmanschii	1990	-	0,25	15.07.2024	30.09.2024

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

Conducătorul organizației Igor ȘAROVContabil șef Liliana COJOCARUConducătorul de proiect Vladimir ABAȘKIN

Data:

LȘ



10. Dec 2024

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]