

**Raport privind activitatea în cadrul Programului de  
Stat, etapa 2021 (în cadrul parteneriatului)**

**„Materiale nanostructurate avansate pentru  
aplicații termoelectrice și senzori”, cu cifrul  
20.80009.5007.02**

**Universitatea de Stat din Moldova,  
Institutul de Inginerie Electronica și Nanotehnologii  
“D. Ghițu”**

**Prioritatea strategică V: Competitivitate economică  
și tehnologii inovative**

**Director de proiect: Dr. hab. Denis Nica**

## **Scopul proiectului, anul 2021:**

Elaborarea procedeelor tehnologice de obținere a materialelor semiconductoare, cristale nanostructurate în baza calcogenurilor de Sn și Bi, studiul proprietăților termoelectrice, acustice, fizice și fotoelectrice a materialelor cristaline și nanostructurate.

## **Obiectivele etapei anuale:**

Obținerea materialelor cristaline a semiconductorilor SnS, SnS<sub>2</sub>, oxizilor In-Ga-Sn-O și Mg-O și a structurilor de dispozitiv în baza lor.

Elaborarea unui model de dispozitiv microrăcitor bazat pe straturi de izolatori topologici.

Elaborarea procedeelor tehnologice de obținere a filmelor Bi-Sn pe suportul de sticlă și recristalizarea lor prin iradierea laser.

Elaborarea tehnologiilor de fabricare a materialelor hibride prin asamblarea arhitecturilor unidimensionale și tridimensionale ale compușilor nanostructurați pe matrice din materiale fononice.

## **ultate preconizate, etapa 2021**

**efectuarea procese tehnologice de obținere a monocristalelor de materiale  
iconductoare SnS, SnS<sub>2</sub>, prin cristalizare din faza de vapori, obținerea filmelor  
i In-Ga-Sn-O, Zn-Mg-O și a structurilor de dispozitiv în baza lor.**

**studiul efectului de răcire termică în straturi de izolatori topologici în baza Bi-  
rea în baza lor a microrăcitorului cu gradient de temperatură  $\Delta T = 10 - 12$  °C.**

**obținerea filmelor de Bi-Sn pe suport de sticlă, mică și recristalizarea lor prin  
ierea laser pentru modificarea axei cristalografice C3.**

**obținerea materialelor compozite în baza compușilor CdTe, CdS prin asamblare  
cturilor bidimensionale și tridimensionale pe matrice din materiale carbonice.**

# Rezultatele principale obținute în anul 2021

**Procedee de obținere a filmelor de SnS și elaborarea în baza lor a dispozitivelor cu microunde în domeniul GHz.**

Filmelor de SnS cu grosimi nanometrice  $\sim 10$  nm au fost elaborate structuri de dispozitive cu microunde și studiate caracteristicile de detectare a microundelor, obținând la frecvența de 1 GHz o responsivitate de 30 mV/mW pentru 0 V tensiune aplicată și la o putere la intrare de 16  $\mu$ W. În baza cristalelor lamelare de SnS cu suprafața de 1 cm<sup>2</sup> și grosime 100  $\mu$ m au fost confecționate dispozitive și studiate caracteristicile lor la iluminare de la un LED de soare.

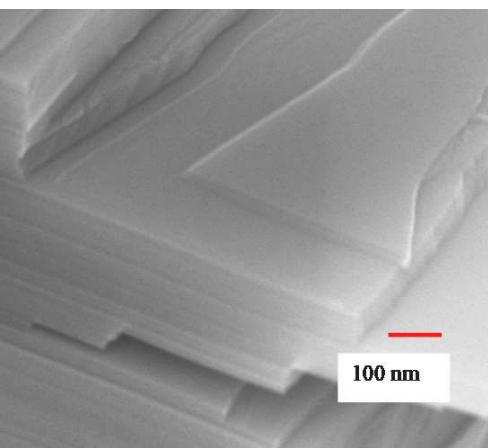


Fig. 1. Imagine SEM a filmelor de SnS

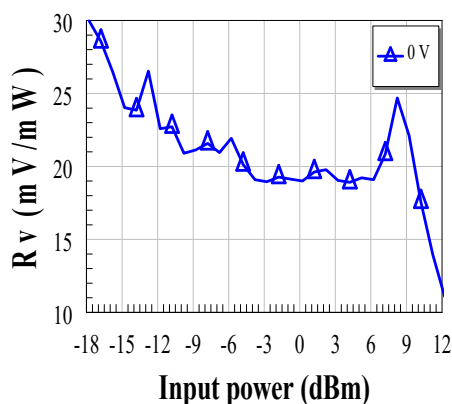


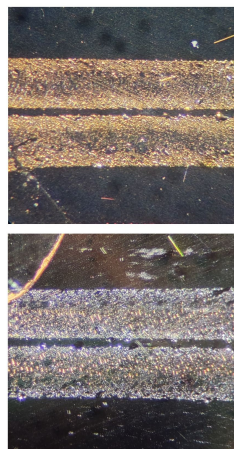
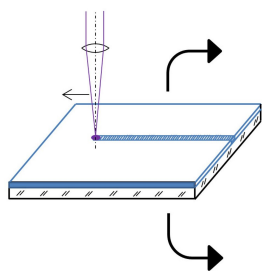
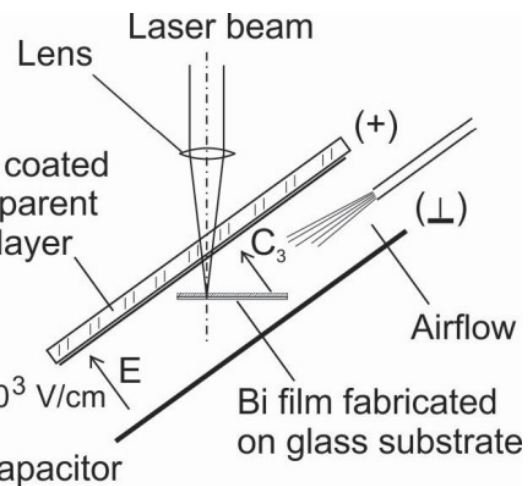
Fig. 2. Responsivitate Voltaică în funcție de puterea la intrare la 1 GHz.

**Procedee de obținere a filmelor oxidice  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$  și confecționarea în baza lor a fotoreceptoarelor pentru domeniul UV al spectrului optic.**

Au fost elaborate procedee tehnologice de obținere a filmelor de  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$  și preparate o serie de mostre experimentale de filmelor cu compoziția în intervalul  $x = 0.00-0.60$  prin depuneri aerosol spray pyrolysis pe suporturi de Si ori substraturi din quartz. Morfologia, compoziția, structura și proprietățile optice ale filmelor au fost investigate prin microscopia electronică de scanare (SEM), (EDX), difracția de raze X (XRD) și spectroscopia optică. A fost stabilit că morfologia filmelor nu diferă semnificativ pentru mostre cu compoziții diferite, iar structura cristalină de tip wurtzită a filmelor se menține până la valorile  $x=0,38$ . Lărgimea de interzicere a filmelor a fost determinată din spectrele de absorbție optică și s-a constatat că ea este cuprinsă în intervalul 3-4 eV pentru concentrația Mg  $x = 0.00-0.60$ . În baza studiilor efectuate a fost elaborat designul fotoreceptorului de rază UV. Responsivitatea și detectivitatea fotoreceptorului construite au fost, respectiv 460 mA · W<sup>-1</sup> și  $1 \times 10^{10}$  cm · Hz<sup>1/2</sup> · W<sup>-1</sup> pentru polarizare directă de 5V (pentru  $x=0,15$ ).

# Rezultatele principale obținute în anul 2021

**Dezvoltarea tehnologiei de creștere orientată a filmelor policristaline din material anizotrop Bi într-un câmp electric puternic pentru fabricarea unor senzori de flux de căldură foarte sensibili cu o constantă de timp scurtă ( $\tau < 10^{-5}$  sec)**

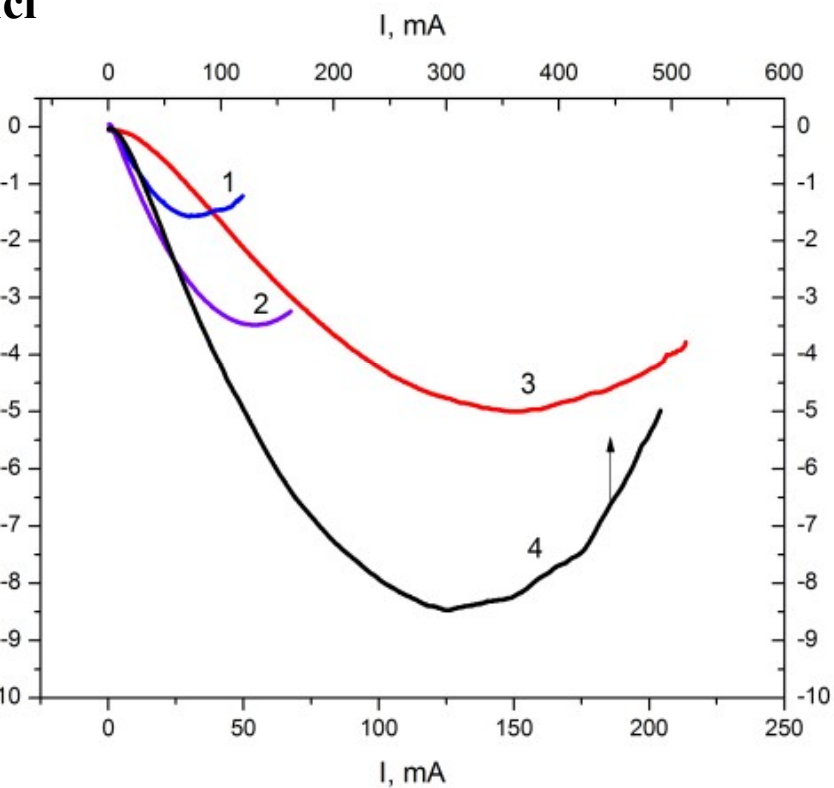


Tehnologică pentru realizarea metodei de creștere orientată a filmelor policristaline de bismut într-un câmp electric puternic. Filmul este topit termic pe suport de sticlă cu grosimea de  $t=200 \mu\text{m}$ , după care este deplasat cu fascicul laser ( $\lambda=450 \text{ nm}$ ) cu viteza de deplasare de  $v=1 \text{ cm/s}$ . Largimea benzii recrystalizate este de  $300 \mu\text{m}$ .

Obiectivul proiectului dat este de a dezvolta o tehnologie pentru recrystalizarea peliculelor subțiri de Bi cu scopul final de a realiza o orientare necesară a axei cristalografice principale  $C_3$  a filmului. Metoda propusă se bazează pe brevetul nostru pentru recrystalizarea unui microfibr de bismut acoperit cu sticlă într-un câmp electric puternic (MD 1409 Y 2019.12.31). O altă contribuție este arhitectura anisotropă a senzorului de flux de căldură realizat pe tehnologia fabricării filmelor. Metoda constă în faptul că un fascicul laser focalizat topește o mică zonă pe suprafața filmului de bismut policristalin prin deplasare în interiorul unui condensator format dintr-o placă de sticlă cu un strat de bismut semitransparent aplicat și o placă de cupru; în condensator se creează un câmp electric puternic,  $E = 8 \times 10^3 \text{ V/cm}$ . Porțiunea topită a filmului din interiorul condensatorului este recrystalizată de un flux de aer cu direcția axei cristalografice principale a filmului de-a lungul câmpului electric. Tehnologia de recrystalizare propusă într-un câmp electric puternic este o componentă principală și necesară în crearea convertorilor de energie termoelectrică anizotropă pe baza unui film de bismut monocristalin.

# Rezultatele principale obținute în anul 2021

iv de microculere bazat pe straturi de izolatori  
ci



ța gradientului de temperatură de curentul trecut prin:  
n termocuplu , 2 - doua termocupluri segmentate din ,  
 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  , 3- Termoculul din folie Bi -16 at.% Sb n-tip și  
ip, 4. – termocuplu din două straturi p conectate în  
 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  și o folie Bi -16 at.% Sb n-tip.

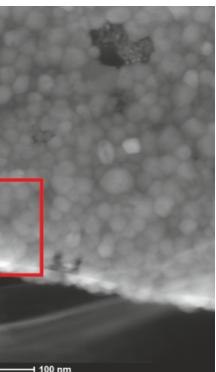
Tehnologia elaborata pentru fabricarea a straturilor monocristaline de izolatori topologici din materiale stratificate pe bază de  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  și  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  *n*- și *p*-tip, prin metoda exfolierii mecanice ( patent № MD1366Z2020.03.03), pentru fabricarea și studierea proprietăților termoelectrice și a efectelor de oscilație în straturi de diferite dimensiuni în domeniul de temperatură 4.2-300K. Pe baza straturilor monocristaline *n* și *p*-tipuri, pe baza  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  a fost proiectat un dispozitiv de răcire în miniatură (sub formă de termocuplu), care face posibilă obținerea efectului de răcire 2 °C pe o suprafață 0,01 cm<sup>2</sup>. Prin metoda de segmentare a fost creata o construcție (din 5 termocupluri), permițând obținerea datorită efectului Peltier unei diferențe de temperatură - 6 °C la temperatura 300 K pe aceeași suprafeți. Folosind folie Bi -16 at.% Sb *n*-tip în calitate de ramură *n*-tip a permis obținerea  $\Delta T=9$  °C pe un termocuplu din două straturi *p* conectate în paralel  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  și Bi -16 at.% Sb -folie cu aceeași suprafața transversală (Curba 4 Fig. 3). Utilizarea dispozitivelor de răcire miniaturate fabricate va crește funcționalitatea și va extinde limitele miniaturizării componentelor electronice moderne.



# Rezultatele principale obținute în anul 2021

**Tehnologia de obținere a structurilor bidimensionale și tridimensionale pe matrice din materiale carbonice prin metoda magnetron sunt direcționate spre elaborarea și fabricarea senzorilor de gaze.**

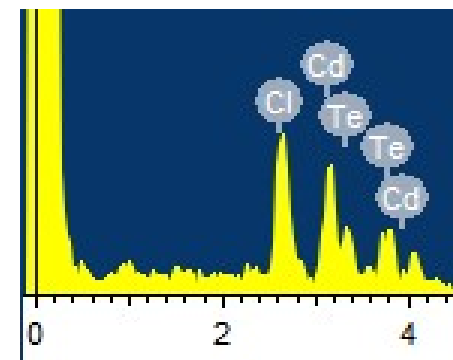
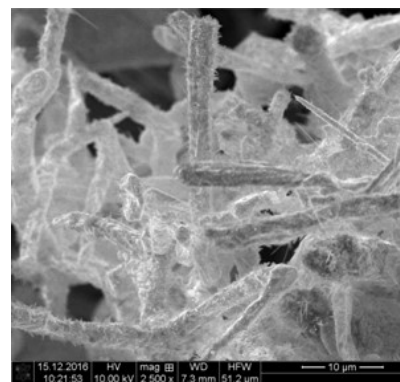
abricate material composite în baza copușilor CdTe, CdS  
plarea structurilor bidimensionale și tridimensionale pe  
n materiale carbonice utilizand metoda pulverizării  
cu RF. În figura sunt prezentate imaginea SEM și analiza  
straturilor de CdS obținute pe suport carbonic. După cum  
depunerea are loc pe întreaga suprafață cu particule  
ce. Analiza chimică demonstrează că stratul depus de CdS  
poziție atomică a elementelor chimice în proporție de  
u Cd și S și pentru carbon de 77,66%.



| Element | Weight % | Atomic % | Uncertainty % |
|---------|----------|----------|---------------|
| C(K)    | 36.729   | 77.661   | 3.649         |
| S(K)    | 14.206   | 11.254   | 0.775         |
| Cd(L)   | 49.063   | 11.084   | 1.857         |

ea SEM a stratului de CdS/matrice carbonică, și EDX

Mai jos sunt prezentate imaginea SEM a particulelor de CdTe pe matrice carbonică, după cum se observa din imagine depunerea în forma mai complicată ca CdS, și putem spune că CdTe se depune pe matricea carbonică în forma unei flori „cactus”. Cuantificarea CdTe este de 50% pentru matricea carbonică și de 25% pentru matricea carbonică (50:25:25).



Imaginea SEM a particulelor CdTe/matrice carbonică, și imaginea EDX a cuantificării elementelor chimice în structura CdTe/matricea carbonică.

# Rezultate cuantificabile pentru anul 2021

## Articole în reviste științifice - 4

în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF) – 3

MORARI, V., PYRTSAC, C., CURMEI, N., GRABCO, D., RUSU, E., URSAKI, V., TIGINYANU, I.M. Nanoindentation of ZnSnO/Si thin films prepared by aerosol spray pyrolysis. *Romanian Journal of Physics*, 2021, vol. 66, nr. 3-4, article nr. 603, pp. 1-18. ISSN 1221-146X. (FI= 1,888). [https://rjp.nipne.ro/2021\\_66\\_3-4.html](https://rjp.nipne.ro/2021_66_3-4.html)

MORARI, V., RUSU, E.V., POSTOLACHE, V., URSAKI, V.V., TIGINYANU, I.M., ROGACHEV, A.V., SEMCHENKO, A.V. Injection photodiode based on an Al-p-Si/n-Zn<sub>0.85</sub>Mg<sub>0.15</sub>O/n-Zn<sub>0.65</sub>Mg<sub>0.35</sub>O-Ag structure. *Romanian Journal of Physics*, 2021, vol. 66, nr. 7-8, Article nr. 609, pp.1-11. ISSN 1221-146X. (FI = 1.888). [https://rjp.nipne.ro/2021\\_66\\_7-8.html](https://rjp.nipne.ro/2021_66_7-8.html)

НИКОЛАЕВА, А.А., КОНОПКО, Л.А., ХУБЕР, Т.Е., ПАРА, Г.И., БОТНАРЬ, О.В. Квантовый размерный эффект и осцилляции Шубникова де Гааза в поперечном магнитном поле в полупроводниковых нитях Bi<sub>0,92</sub>Sb<sub>0,08</sub>. *Электронная обработка материалов*, 2021, vol. 57, No. 6. (FI = 0.289) <https://eom.ifa.md/>

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (Categorie C) – 1

GHIMPU, L., SUMAN, V., RUSNAC, D., POTLOG, T., Fabrication of p-NiO/n-ZnO:Ga heterostructures for a rectifier diode and a UV photodetector via RF magnetron sputtering and spray pyrolysis synthesis. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, vol. 20, pp. 66-72. ISSN 1810-648X. <https://mjps.nanotech.md/archive/2021/article/5>



# Rezultate cuantificabile pentru anul 2021

## Rezultate ale conferințelor științifice - 16

### Lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) – 13

MORARI, V., URSAKI, V., RUSU, E., TIGHINEANU, I. UV photodetector based on  $Zn_{1-x}Mg_xO$  Thin Films. In: *Applied Nanotechnology and Nanoscience, International Conference – ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March 2021, Online, Abstract ID: 106, BOOK OF ABSTRACTS, pp. 191-192, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

KONOPKO, L., NIKOLAEVA, A., HUBER, T. Quantum oscillations in topological insulator microwires contacted with superconducting leads. In: *Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March 2021, Online, Abstract ID: 64, BOOK OF ABSTRACTS, p. 171, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

NIKOLAEVA, A., KONOPKO, L., HUBER, T., POPOV, I., BOTNARI, O. Quantum size effect and surface state of “topological insulator” in  $Bi_{1-x}Sb_x$  wires near the gapless state. In: *Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March, 2021, Online, Abstract ID: 142, BOOK OF ABSTRACTS, pp. 174-175, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

MORARI, V. Afinitatea electronilor și optimizarea benzii interzise a filmelor de  $Zn_{1-x}Mg_xO$ . In: *Technical-Scientific Conference of Undergraduate, Master and Phd Students*. UTM, Chisinau, 23-25 March, vol. I, pp. 319-322, (2021). ISBN 978-9975-45-700-2. <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/06/Culegere-Vol-I-Conf-tinerilor-UTM-2021.pdf>

POTLOG, T., RUSNAC, D., LUNGU, I., COLIBABA, G., LUCA, D., DOBROMIR, M., GHIMPU, L. Perspectives of nanosized ITO/ZnO bilayers after post-annealing at various gas ambient toward ultraviolet photodetectors. In: *4th International Conference on Applied Surface Science, ICASS 2021*, 29-30 June 2021, (Online) P1.12 <https://www.elsevier.com/events/conferences/international-conference-on-applied-surface-science/about/history>

MORARI, V., RUSU, E., URSAKI, V., TIGINYANU, I. Responsivity and detectivity of  $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O/p$ -Si prepared by spin coating and aerosol deposition method. In: *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics (SPINTECH-NANO-2021)*, 22-25 September, Chisinau, Republic of Moldova, (2021). Conference Abstract Book, p. 66. <https://nanotech.md/en/page/89/spintech-nano-2021>

NIKOLAEVA, A., KONOPKO, L., HUBER, T., GERGISHAN, I., PARA, Gh. Topological insulator micro - wires and microlayers as potential thermoelectric materials for microelectronics. In: *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics (SPINTECH-NANO-2021)*, 22-25 September, Chisinau, Republic of Moldova, (2021). Conference Abstract Book, p. 78. <https://nanotech.md/en/page/89/spintech-nano-2021>

# Rezultate cuantificabile pentru anul 2021

COJOCARU, V., GHIMPU, L., FEDORISIN, T., GALUS, R. Smart device for controlled hypothermia. In: *XI International Conference on Electronics, Communications and Computing, IC/ECCO - 2021*, October 21-23, 2021, Chisinau, Moldova.

<http://www.icmcs.utm.md/>

MORARI, V., RUSU, E.V., URSAKI, V.V., NIELSCH, K., TIGINYANU, I.M. Aerosol spray deposited wurtzite ZnMgO alloy films with MgO nanocrystalline inclusions. In: *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, ICNBME-2021*, November 3-5, 2021, Chisinau, Moldova (Online). <https://icnbme.sibm.md/>

LUNGU, I., GHIMPU, L., POTLOG, T., MEDVIDS, A., MOISE, C. Phase Transition in Laser Irradiated TiO<sub>2</sub> Thin Films. In: *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, ICNBME-2021*, November 3-5, 2021, Chisinau, Moldova (Online). <https://icnbme.sibm.md/>

НИКОЛАЕВА, А., КОНОПКО, Л., ПОПОВ, И., БОДЮЛ, П. Размерные эффекты и осцилляции Шубникова де Гааза в поперечном и продольном магнитных полях в нитях топологических изоляторов Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>. In: *Международная Конференция Математическое моделирование в образовании, науке и производстве, ММ-2021*, Тирасполь, 7-8 октября 2021, Материалы конференции. [http://mmconfer.spsu.ru/?page\\_id=743](http://mmconfer.spsu.ru/?page_id=743)

КОНОПКО, Л., НИКОЛАЕВА, А. Квантовые осцилляции на контакте микропровода из топологического изолятора со сверхпроводником. In: *Международная Конференция Математическое моделирование в образовании, науке и производстве, ММ-2021*, Тирасполь, 7-8 октября 2021, Материалы конференции. [http://mmconfer.spsu.ru/?page\\_id=743](http://mmconfer.spsu.ru/?page_id=743)

## lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională – 3

SUMAN, V., RUSU, E., ZALAMAI, V., URSACHI, V., GHIMPU, L. Proprietățile optice ale filmelor ITO:Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obținute prin pulverizare magnetron. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova*, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

# Rezultate cuantificabile pentru anul 2021

НИКОЛАЕВА, А., КОНОПКО, Л., ХУБЕР, Т., ГЕРГИШАН, И., ПАРА, Г., НИКА, Д. Миниатюрное охлаждающее устройство на базе монокристаллических слоев топологических изоляторов  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova*, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

КОНОПКО, Л., НИКОЛАЕВА, А., ХУБЕР, Т., КОБЫЛЯНСКАЯ, А., НИКА, Д. Анизотропный термоэлемент на основе монокристаллических проволок и пленок висмута. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova*, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

## Бrevete de invenții – 2

### Hotărâri pozitive de a acorda brevete de invenții: - 2)

NIKOLAEVA Albina, KONOPKO Leonid, BODIUL Pavel, PARA Gheorghe, BOTNARI Oxana. *Material termoelectric pe baza de bismut*. Hotărârea nr. 9749 din 2021.03.18.

NIKOLAEVA Albina, KONOPKO Leonid, BODIUL Pavel, PARA Gheorghe. *Material termoelectric anizotrop pe baza de bismut*. Hotărârea nr. 9910 din 2021.10.21.

**Nivelul de finanțare a proiectului în 2021 / Infrastructura de cercetare (mii lei)**

| Anul | Planificat | Executat | Cofinanțare |
|------|------------|----------|-------------|
| 2020 | 1435,0     | 1433,2   |             |

|                                                                 |        |        |   |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|---|
| Finanțare bugetară –                                            | 1516,9 | 1515,7 |   |
| Mijloace proprii (cofinanțare) –                                |        | -      | - |
| • Fondul de salariu -                                           | 1445,1 | 1445,1 | - |
| • Procurări materiale<br>(piese/componente pentru echipament) - | 2,4    | 2,4    | - |
| • Procurari mijloace fixe -<br>(mobilier de laborator) -        | 32,2   | 32,2   | - |
| • Cheltuieli delegații -                                        |        | -      | - |
| • Mentenanța -                                                  | 39,6   | 36,0   |   |

# Nivelul de finanțare a proiectului în 2021 / Infrastructura de cercetare (mii lei)

## Utilizarea infrastructurii de cercetare existente

Infrastructura de cercetare a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii “D.Ghițu”:

- Echipamente tehnologice de creșterea cristalelor prin metoda Bridgman;
- Echipamente tehnologice de transportului chimic din faza de vapori dotate cu dispozitive de reglare și menținere cu precizie înaltă a temperaturii de tip VRT-3;
- Instalația de depunere a filmelor prin metoda magnetron RF de tip „Tectra”;
- Instalația de depunere a filmelor prin metoda vapor termic de tip VUP-5M;
- instalații industriale de întindere a firelor cu înveliș din sticlă de tip ITMF-3 (firma „Microfir Tehnologii Industriale Ltd”) ;
- Instalație pentru studierea efectului Peltier în probe nanostructurate de semiconductori și semimetale;
- Instalație pentru studierea rezistenței, puterii termoelectrice și diagramelor de rotație într-un câmp magnetic constant de 0,4 T în probe de semiconductori și semimetale în intervalul de temperatură 300 - 78 K.

Infrastructura de cercetare a Centrului Național de Studiu și Testare a Materialelor pe lângă UTM:

- Microscopul electronic de tip Zeiss Ultraplus SEM;
- Analizator EDX.

# Potențialul științific.

| Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)   |               |                   |                                     |                |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-------------------------------------|----------------|-----------|
| Nume, prenume (conform contractului de finanțare)                                 | Anul nașterii | Titlul științific | Norma de muncă conform contractului | Data angajării | Data elib |
| Rusu Emil                                                                         | 1944          | dr.hab            | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Ghimpu Lidia                                                                      | 1961          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Curmei Nicolae                                                                    | 1989          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Leporda Nicolae                                                                   | 1951          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Cojocaru Victor                                                                   | 1964          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Suman Victor                                                                      | 1967          |                   | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Morari Vadim                                                                      | 1992          |                   | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Nirca Ecaterina                                                                   | 1997          |                   | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Nikolaeva Albina                                                                  | 1941          | dr.hab            | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Bodiul Pavel                                                                      | 1938          | dr.hab            | 0.25                                | 03.01.2021     |           |
| Konopko Leonid                                                                    | 1949          | dr.               | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Meglei Dragoș                                                                     | 1944          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Popov Ivan                                                                        | 1960          |                   | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Para Gheorghe                                                                     | 1970          | dr.               | 1                                   | 03.01.2021     |           |
| Kobîlyanskaya A.                                                                  | 1983          | dr.               | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Gherghesan Igor                                                                   | 1972          |                   | 0.5                                 | 03.01.2021     |           |
| Slobodeniuc Constantin                                                            | 1957          |                   | 0.25                                | 03.01.2021     |           |
| Nazarenco Anton                                                                   | 1998          |                   | 0.25                                | 09.02.2021     |           |
| tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare |               |                   |                                     |                | 22%       |



# Pregătirea cadrelor în anul 2021

## **Proiecte de licență: - 2**

Anton NAZARENCO, Proiect de licență. *Слои и фольги топологических изоляторов на базе  $Bi_2Te_3$  и  $Bi_{1-x}Sb_x$  для термоэлектрических миниатюрных охлаждающих устройств*. Universitatea Tehnică a Moldovei, Catedra de Microelectronica și Dispozitive Semiconductoare, 2021. Conducător: conf. univ., dr. Cristian LUPAN. **Consultant științific: ab. Albina NIKOLAEVA.**

Victor PENCALA, Proiect de licență. *Продольный и поперечный термоэлектрические эффекты в микронных структурах на основе  $Bi-Sn$  в стеклянной изоляции для практического применения*. Universitatea Tehnică a Moldovei, Catedra de Microelectronica și Dispozitive Semiconductoare, 2021. Conducător: conf. univ., dr. Nicolae ZALOMAI. **Consultant științific: dr. Leonid KONOPKO**

## Colaborare la nivel național în anul 2021

Intru realizarea prevederilor proiectului dat a fost utilizată infrastructura **Centrului Național pentru Studii și Testarea Materialelor al UTM** în vederea efectuării analizei SEM și EDX a materialelor nanostructurate a compușilor în baza SnS, SnS<sub>2</sub>, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, oxizilor In-Ga-Sn-O, Zn-Mg-O.

## Colaborări științifice internaționale în anul 2021

Institutul de cercetare a materialelor solide Leibniz (IFW), Dresden, Germania (01.04.2021-31.08.2021). doctorand MORARI Vadim in cadrul Bursei DAAD a efectuat caracterizării ale materialelor oxidice și semiconductoare prin metoda SEM, EDX și XRD.

Efectuarea studiilor complexe privind structurilor de dimensioliitate redusă în baza materialelor Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> și BiSb prin colaborarea cu Institute of Low Temperatures and Structural Research, PAS, Wroclaw 50950, Poland. (Prof. K. Rogacki) Au fost efectuate investigații comune a nanofirelor de Bi și aleajilor Bi-Sb cu participarea Prof. T.E Huber din Howard Univercity, USA.

# Participări la manifestări științifice naționale/internaționale în 2021

manifestări științifice internaționale (în străinătate) – 3

**Vadim Morari**, poster: "UV photodetector based on  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$  Thin Films." *Applied Nanotechnology and Nanoscience, International Conference – ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March 2021, Online, Abstract ID: 106, BOOK OF ABSTRACTS, pp. 191-192, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

**Dr. Leonid KONOPKO**, poster : "Quantum oscillations in topological insulator microwires contacted with superconducting leads." *Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March 2021, Online, Abstract ID: 64, BOOK OF ABSTRACTS, p. 171, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

**Dr.-hab. NIKOLAEVA**, poster: "Quantum size effect and surface state of "topological insulator" in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  wires near the gapless state." *Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference ANNIC 2021*, France, Paris, 24-26 March, 2021, Online, Abstract ID: 142, BOOK OF ABSTRACTS, pp. 174-175, (2021). <https://premc.org/conferences/annic-nanotechnology-nanoscience>

manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova) - 7

**Vadim MORARI**, poster: "Responsivity and detectivity of  $\text{Zn}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}/\text{p-Si}$  prepared by spin coating and aerosol deposition method." *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics (SPINTECH-NANO-2021)*, 22-25 September, Chisinau, Republic of Moldova, (2021). Conference Abstract Book, p. 66. <https://nanotech.md/en/page/89/spintech-nano-2021>

**Dr.-hab. Albina NIKOLAEVA**, poster: "Topological insulator micro - wires and microlayers as potential thermoelectric materials for microelectronics." *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics (SPINTECH-NANO-2021)*, 22-25 September, Chisinau, Republic of Moldova, (2021). Conference Abstract Book, p. 78. <https://nanotech.md/en/page/89/spintech-nano-2021>

**Dr. Leonid KONOPKO**, poster: "Quantum oscillations in microwires of topological insulator contacted with superconducting leads." *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics (SPINTECH-NANO-2021)*, 22-25 September, Chisinau, Republic of Moldova, (2021). Conference Abstract Book, p. 74. <https://nanotech.md/en/page/89/spintech-nano-2021>

**Dr. Victor COJOCARU**, comunicare: "Smart device for controlled hypothermia." *XI International Conference on Electronics, Communication and Computing, IC/ECCO - 2021*, October 21-23, 2021, Chisinau, Moldova. <http://www.icmcs.utm.md/>

**Vadim MORARI**, comunicare: "Aerosol spray deposited wurtzite  $\text{ZnMgO}$  alloy films with  $\text{MgO}$  nanocrystalline inclusions." *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, ICNBME-2021*, November 3-5, 2021, Chisinau, Moldova (Online). <https://icnbme.sibm.md/>

# Participări la manifestări științifice naționale/internaționale în 2021

**Др.-хаб. Альбина НИКОЛАЕВА**, доклад: “Размерные эффекты и осцилляции Шубникова де Гааза в поперечном и продольном магнитных полях в нитях топологических изоляторов  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ .” *Международная Конференция Математическое моделирование в образовании, науке и производстве, ММ-2021*, Тирасполь, 7-8 октября 2021, Материалы конференции. [http://mmconfer.spsu.ru/?page\\_id=743](http://mmconfer.spsu.ru/?page_id=743)

**Др. Леонид КОНОПКО**, доклад: “Квантовые осцилляции на контакте микропровода из топологического изолятора со сверхпроводником.” *Международная Конференция Математическое моделирование в образовании, науке и производстве, ММ-2021*, Тирасполь, 7-8 октября 2021, Материалы конференции. [http://mmconfer.spsu.ru/?page\\_id=743](http://mmconfer.spsu.ru/?page_id=743)

## manifestări științifice naționale - 1

**Vadim MORARI**, comunicare: “Афинитеа electronilor și optimizarea benzii interzise a filmelor de  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ .” *Technical-Scientific Conference of Undergraduate, Master and Phd Students*. UTM, Chisinau, 23-25 March, vol. I, pp. 319-322, (2021). ISBN 978-9975-45-700-2 <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/06/Culegere-Vol-I-Conf-tinerilor-UTM-2021.pdf>

## manifestări științifice cu participare internațională - 3

**Victor Suman**, comunicare: “Proprietățile optice ale filmelor  $\text{ITO}:\text{Ga}_2\text{O}_3$  obținute prin pulverizare magnetron.” *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”*, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte pp. 199 – 201. [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

**Др.-хаб. Альбина НИКОЛАЕВА**, comunicare: “Миниатюрное охлаждающее устройство на базе монокристаллических слоев топологических изоляторов  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ .” *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”*, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte pp. 202 – 203. [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

**Dr. Leonid КОНОПКО**, comunicare: “Анизотропный термоэлемент на основе монокристаллических проволок и пленок висмута.” *Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE”*, dedicată aniversării a 75-a a Universității de Stat din Moldova, 10-11 noiembrie, 2021. Chișinău, USM, 2021. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte pp. 197 – 198. [https://cercetare.usm.md/?page\\_id=1633&lang=en](https://cercetare.usm.md/?page_id=1633&lang=en)

# Promovarea proiectului și a rezultatelor obținute în anul 2021

Rezultatele studiului efectuat în cadrul proiectului au fost promovate prin publicarea articolelor în reviste de profil și prezentate la manifestări științifice internaționale, prezentate la Saloane internaționale și brevete în Moldova, după cum urmează:

Articole în reviste științifice – 4     [(cu indicarea factorului de impact IF) – 3]

Prezentări la conferințele științifice - 16

Diplome primite în saloanele de invenții: - 10,

(Gold medal – 3, Silver medal – 4, Bronz medal – 2, Mențiunea -1)

Brevete de invenții – 2

Decizii pozitive de a acorda brevete de invenții)

# Aprecierea rezultatelor obținute în anul 2021

**Medalii primite în saloanele de invenții: - 10, [Gold medal – 3, Silver medal – 4, Bronz medal – 2, Mențiunea -1]**

NIKOLAIEVA, A., KONOPKO, L., BODIUL, P., GHERGHISAN, I., COROMISLICHENCO, T., PARA, Gh. Technology to prepare the single-crystal layers for thermoelectric applications (microcoolers). **Diploma of golden medal** of EUROINVENT 2021, 13 Edition European Exhibition of Creativity and Innovation, May 20-22, 2021, Iasi, Romania. (ONLINE). <https://www.euroinvent.org>

KONOPKO, L., NIKOLAIEVA, A., KOBLYANSKAYA, A., PARA, Gh. Technology of oriented growth of anisotropic single-crystal Bi films in a electric field. **Diploma of silver medal** of EUROINVENT 2021, 13 Edition European Exhibition of Creativity and Innovation, May 20-22, 2021, Iasi, Romania. (ONLINE). <https://www.euroinvent.org>

ORARI, V., RUSU, E., URSACHI, V., TIGHINEANU, I. Ultraviolet (UV) photodetector. **Diploma of silver medal** of EUROINVENT 2021, 13 Edition European Exhibition of Creativity and Innovation, May 20-22, 2021, Iasi, Romania. (ONLINE). <https://www.euroinvent.org>

NIKOLAIEVA, A., KONOPKO, L., BODIUL, P., GHERGHISAN, I., COROMISLICHENCO, T., PARA, Gh. Technology to prepare the single-crystal layers for thermoelectric applications (microcoolers). **Diploma of gold medal** of INVENTICA 2021, XXV-th International Exhibition of Inventics, June 23-25, 2021, Iasi, Romania. <https://ini.tuiasi.ro/exhibition>

ORARI, V., RUSU, E., URSACHI, V., TIGHINEANU, I. Ultraviolet (UV) photodetector. **Diploma of silver medal** of INVENTICA 2021, XXV-th International Exhibition of Inventics, June 23-25, 2021, Iasi, Romania. <https://ini.tuiasi.ro/exhibition>

DOJOCARU, V., FEDORISIN, T., GAIUS, R. Sistem fuzzy controlat pentru terapia hipotermică a creierului. **Mențiunea „Produs inovativ de succes” pentru participanții naționali**, INFOINVENT 2021, Expoziția Internațională Specializată, Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie, Chisinau, Moldova. <https://infoinvent.md/>

DOJOCARU, V., FEDORISIN, T., GAIUS, R. Sistem fuzzy controlat pentru terapia hipotermică a creierului. **Medalia de Aur**, INFOINVENT 2021, Expoziția Internațională Specializată, Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie, Chisinau, Moldova. <https://infoinvent.md/>

KONOPKO, L., NIKOLAIEVA, A., KOBLYANSKAYA, A., PARA, Gh. Tehnologie de creștere orientată a filmelor monocristaline din material izotrop (de exemplu Bi și aliaje Bi-Sb) într-un câmp electric puternic. **Medalia de Argint**, INFOINVENT 2021, Expoziția Internațională Specializată, Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie, Chisinau, Moldova. <https://infoinvent.md/>

## Aprecierea rezultatelor obținute în anul 2021

KOLAEVA, A., KONOPKO, L., BODIUL, P., GHERGHIȘAN, I., COROMISLICENCO, T., PARA, Gh. Metodă de obținere a peliculelor monocristaline subțiri. **Medalia de Bronz**, INFOINVENT 2021, Expoziția Internațională Specializată, Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie, Chisinau, Moldova. <https://infoinvent.md/>

BOTNARI, V., URSACHI, V., TIGHINEANU, I. Fotoreceptor de radiație (UV). **Medalia de Bronz**, INFOINVENT 2021, Expoziția Internațională Specializată, Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie, Chisinau, Moldova. <https://infoinvent.md/>

### e de invenții – 2

Decizii pozitive de a acorda brevete de invenții)

KOLAEVA Albina, KONOPKO Leonid, BODIUL Pavel, PARA Gheorghe, BOTNARI Oxana. *Material termoelectric pe baza de bismut*. Hotărârea nr. 9749 din 2021.03.18.

KOLAEVA Albina, KONOPKO Leonid, BODIUL Pavel, PARA Gheorghe. *Material termoelectric anizotrop pe baza de bismut*. Hotărârea nr. 10 din 2021.10.21.



# Concluzii

## Recomandări

## Propuneri

A fost studiate proprietățile microundulare a dispozitivelor confecționate în baza filmelor nanometrice de SnS, destinate detecțiunii microundelor de frecvență înaltă, obținând pentru frecvența de 1 GHz o responsivitate voltaică de 30 mV/mW la polarizare de C pentru puterea de intrare de 16 μW. A fost elaborată tehnologia de obținere a filmelor de  $Zn_{1-x}Mg_xO$  pentru un interval larg de concentrații a atomilor de Mg ( $x=0,00-0,60$ ). S-a stabilit că structura wurtzită a filmelor se menține până la concentrația Mg de 0,60. Energierea benzii interzise a compusului oxidic constituie mărimea de 5 eV pentru concentrația  $x=0,6$ , fapt ce deschide perspective pentru aplicarea acestor compuși la elaborarea fotoreceptoarelor pentru domeniul UV al spectrului optic. A fost analizată diagrama energiei pentru heterojuncțiunile p-Si–n- $Zn_{85}Mg_{15}O$ –n- $Zn_{65}Mg_{35}O$  și elaborat în baza acestora un fotoreceptor, având ca receptibilitate respectiv  $460 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$  și  $1 \times 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$  pentru polarizare directă de 5V.

A fost proiectat un răcitor termoelectric miniaturizat (sub formă de termocuplu) pe baza straturilor de izolatori topologici  $Bi_2Te_3$  și  $Sb_{1-x}Bi_x$ , care face posibilă obținerea efectului de răcire cu 2 °C pe o suprafață de 0,01 cm<sup>2</sup>. Prin metoda de segmentare a fost realizat un dispozitiv format din 5 termocupluri, permițând obținerea unei diferențe de temperatură  $\Delta T = 6 \text{ °C}$  la temperatura  $T = 300 \text{ K}$  la o suprafață transversală. Folia Bi - 16 % at. Sb de tip *n* în calitate de ramură de tip *n* a permis majorarea diferenței de temperatură cu 9 °C pe un termocuplu format din două straturi de tip *p*, conectate în paralel cu folia din  $Bi_2Se_3$  și Bi - 16 % at. Sb de tip *n* pe aceeași suprafață transversală. Aceasta va permite extinderea limitei de miniaturizării componentelor electronice moderne. Se constată că creșterea temperaturii dispozitivelor cu 10 grade va reduce durata de viață a acestora în jumătate.

Prin metoda tehnologiei de pulverizare termică au fost obținute filmele de bismut și Bi-Sn pe suporturi de sticlă și mică. Pentru orientarea orientării necesare a axei cristalografice principale C3 a peliculei, a fost elaborată tehnologia de recristalizare a filmelor de bismut supuse iradierei cu un laser semiconductor ( $\lambda=450\text{nm}$ ).

Prin metoda pulverizării RF magnetron au fost obținute straturi binare de CdTe și CdS pe suporturi carbonice. Cercetarea morfologică a demonstrat că straturile sunt omogene, compoziția chimică este următoarea: C – 77,6%, S – 12,25% și Cd – 11,08%. Cuantificarea compusului binar CdTe este în proporție de 50% pentru matricea carbonică și câte 25% pentru Cd și Te (50:25:25).

*Mulțumesc pentru atenție!*