

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2020

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2020

RAPORT ANUAL

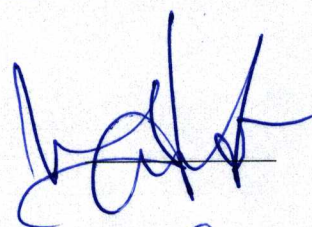
**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat
(2020-2023)**

**MATERIALE ȘI STRUCTURI MULTIFUNCȚIONALE PENTRU DETECTAREA
RADIATIILOR ELECTROMAGNETICE,**
cu cifrul 20.80009.5007.12

Prioritatea Strategică V: Competitivitate economică și tehnologii inovative

Conducătorul proiectului

VATAVU Sergiu, dr.



Prorector pentru activitate didactică

DANDARA Otilia, dr. hab.



Președintele Senatului

DANDARA Otilia, dr. hab.



Chișinău 2020

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Elaborarea / modificarea tehnologiilor de preparare și cercetarea proprietăților fizice ale materialelor uni-, tri- dimensionale și ale structurilor în baza compușilor II-VI, III-V, III-VI și II-IV-N₂ pentru radiații X, UV, VIS, IR, și THz.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Obținerea structurilor mono- și multistrat în baza materialelor (As₂S₃)_x(SnSe)_{1-x}, (As₂S₃)_xFe_{1-x}, (As₂S₃)_xSn_{1-x}, ZnSnN₂ (magnetron), ZnO (hidrotermal), p-i-n CdS/InP(111), Ga₂S₃:Zn/Ga₂O₃ (nanocompozit);
2. Sinteza cristalelor ZnSe: P, As, Sb Bi prin metoda reacțiilor chimice de transport; optimizarea tehnologiei de creștere a cristalelor CdTe, CdSeTe, CdZnTe pentru detectoare de radiații;
3. Cercetarea complexă a proprietăților structurale, morfologice, compoziționale, optice, luminescente electrice și fotoelectrice ale materialelor/ structurilor 3D, simularea numerică a proprietăților fizice pentru structurile 1D cu 2,3,4 gropi cuantice AlGaN/GaN.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Prepararea structurilor mono- și multistrat în baza materialelor (As₂S₃)_x(SnSe)_{1-x}, (As₂S₃)_xFe_{1-x}, (As₂S₃)_xSn_{1-x} cu grosimi de 0,5-4 μm și cercetate proprietățile lor electrofizice și optice necesare pentru crearea mediilor fotosensibile aplicate la înregistrarea imaginilor fazice în domeniul razelor X și VIS. Studiul proceselor de difuzie a Cu sub acțiunea razelor X și a radiațiilor VIS în materialele preparate.
Creșterea cristalelor CdTe, Cd_{1-x}Se_xTe, Cd_{1-x}Zn_xTe cu diferită compoziție prin metoda Bridgman pentru aplicații în detectarea radiațiilor X cu energia 10-100 keV.
Reieșind din aplicațiile în detectoarele scintilatoare (radiații ionizante) a ZnSe, vor fi stabilite regimurile tehnologice optime de sinteză și dopare a cristalelor de ZnSe, vor fi obținute cristale ZnSe dopate cu impurități de P, As, Sb și Bi. În baza cercetărilor complexe a proprietăților structurale, optice și luminescente vor fi determinate mecanismele de incorporare a ionilor de P, As, Sb și Bi în cristalele de ZnSe.
2. Prepararea straturilor ZnO/Si (100), Si 111) la diferite concentrații a precursorilor de Zn, în solvenți pentru aplicații în detectoarele UV (300-400 nm).
Sinteza monocristalelor Ga₂S₃ și prepararea nanocompozitelor Ga₂S₃-oxid propriu cu proprietăți fotoluminescente în regiunea 320-500 nm și fotosensibile în regiunea UV-I (220-280 nm) a spectrului. Fabricarea heterostructurilor Ga₂S₃/Ga₂O₃ cu grosimea stratului de oxid propriu (50-500 nm), fotosensibile în regiunea (250-450 nm) și asamblați detectori rezistivi din nanocompozit Ga₂O₃/Ga₂S₃ cu sensibilitate de (1,1-1,5) 10⁻³ A/W și detectivitate 10¹⁴ Hz^{1/2}/W pentru regiunea UV-adâncă (λ < 320 nm).
3. Elaborarea tehnologiei magnetron de obținere a straturilor subțiri ZnSnN₂ și CSS-m pentru straturile de CdSeTe fotosensibile în regiunea 400-900 nm.
Prepararea detectorilor p-i-n cu heterojoncțiuni din InP pentru VIS cu randamentul cuantic extern 75-80%.
4. Elaborarea design-ului optimizat al structurilor c-plane AlGaN/GaN pentru utilizare în surse de radiații electromagnetice THz cu temperatura de lucru 230-300K.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

Au fost sintetizați compuși semiconductori calcogenici sticloși din sistemul As-Se-S dopați cu Sn și Fe. Straturile subțiri de 90at.%As₂S₃:10at.%SnSe; 50at.%(As₂S₃)_{0,99}Fe_{0,01}:50at.%(As₂Se₃)_{0,99}Fe_{0,01}; (As₂S₃)_{0,99}Sn_{0,01} au fost preparate pe plăci de sticlă acoperite cu ITO, ITO/Cu, ITO/Ag prin metoda evaporării termice în vid, fiind cercetate proprietățile optice și fotoelectrice.

Au fost crescute cristale de CdTe, Cd_{1-x}Se_xTe (x=0,05-0,35), Cd_{1-x}Zn_xTe (x=0,05-0,35); prin metoda Bridgman și analizate proprietățile fizice.

A fost elaborate cicluri tehnologice optime de sinteză a cristalelor ZnSe prin metoda reacțiilor chimice de transport și doparea concomitentă a acestora cu I și P, As, Sb, Bi în procesul de creștere, obținându-se serii de probe.

Au fost cercetate spectrele de FL a cristalelor ZnSe, obținute la temperatura de 11K și 300K și diverse nivele de excitare (337 nm, 447 nm).

Prin metoda reacțiilor chimice de transport cu utilizarea în calitate de agent transportator a sării Zn(NH₄)Cl₅ au fost obținute probe de ZnSe cu structură cristalină fină.

Prin metoda tratării termice a cristalelor nedopate de ZnSe în topituri de Zn+ZnCl₂, Zn(NH₄)Cl₅ și Bi+Zn(NH₄)Cl₅ a fost obținută seria de cristale bulk dopate concomitent cu Zn+Cl și Bi+Cl.

Prin metoda depunerii chimice din soluție apoasă au fost sintetizate pulberi nanodimensionale de ZnO:Ag cu diferit conținut de dopant și a fost cercetată evoluția spectrelor de FL în dependență de concentrația impurității dopante și lungimea de undă a radiației laser excitante.

A fost elaborată metoda de dopare chimică a pulberilor de ZnSe în procesul tratării termice în soluții apoase de cloruri a metalelor de tranziție (Mn, Ni, Cu) în condiții hidrotermale. A fost obținută o serie de pelicule cu diferit conținut a impurității dopante și cercetate proprietățile FL (300K).

Prin metoda depunerii solvotermale în autoclavă au fost sintetizate pelicule subțiri de ZnSe nedopate și dopate în procesul de sinteză cu impuritate de Bi. A fost preparată o serie de pelicule ZnSe și ZnSe:Bi cu diferit conținut a impurității dopante și cercetate spectrele FL.

Prin metoda depunerii chimice din soluție apoasă au fost sintetizate pulberi nanodimensionale ultrafine de ZnO, nedopate și dopate cu Bi și Ni în procesul de sinteză. Sunt obținute serii de probe ZnO:Bi și ZnO:Ni cu diferit conținut a impurității dopante și cercetate spectrele de FL la 300K.

Au fost sintetizate straturi subțiri (bufferale), de nuclearizare și proprii, de ZnO pe substraturi de Si prin metoda hidrotermală din soluțiile compușilor Zn în solvenții: apă, apă + etanol, apă + metanol, apă+ propanol, apă + acetona, etanol, propanol, metanol.

Straturile de GaN au fost obținute prin metoda HVPE în sistemul (H₂-HCl-NH₃-Ga) în două etape. Structurile obținute au fost cercetate structural și morfologic.

Au fost preparate straturi subțiri de Ga₂S₃ pe suportul TCO/sticlă prin metoda CSS.

A fost elaborat modelul teoretic pentru instalația de pulverizare magnetron și reieșind din configurația optimă a fost elaborat și testat DC magnetron sputtering pentru ZnSnN₂.

Aplicând tehnologia Hidride Vapor Phase Epitaxy, au fost preparați fotodetectori pe heterojuncțiuni nCdS-i-pInP, optimizarea parametrilor a fost posibilă prin aplicarea stratului antireflectant SiO₂.

Au fost studiate teoretic procesele de transport a electronilor în diodele tunel rezonante (RTD) în baza cubic $\text{Al}_{0,15}\text{Ga}_{0,85}\text{N}/\text{GaN}$ cu o singură groapă de potențial și bariere simetrice la 300K.

A fost cercetată influența concentrației impurității dopante în regiunile contactelor cu emitorul și colectorul și lărgimea gropii de potențial asupra caracteristicilor curent-tensiune a dispozitivelor RTD.

5. Rezultatele obținute

Au fost sintetizați compuși semiconductori calcogenici sticloși din sistemul As-Se-S dopați cu Sn și Fe. Sinteza compușilor $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; 90at.% As_2S_3 :10at.% SnSe a fost realizată în fiole, timp de 24 h la temperatură de 800-900°C, presiunea remanentă fiind $5 \cdot 10^{-5}$ Torr. StratURI subțiri de 90at.% As_2S_3 :10at.% SnSe ; 50at.% $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$:50at.% $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ au fost preparate pe plăci de sticlă acoperite cu ITO, ITO/Cu, ITO/Ag prin metoda evaporării termice în vid, fiind cercetate proprietățile optice și fotoelectrice. În baza sursei REIS-I a fost elaborată și fabricată instalația pentru cercetarea proceselor de înregistrare a imaginilor în raze X.

Au fost crescute prin metoda Bridgman cristale de CdTe , $\text{Cd}_{1-x}\text{Se}_x\text{Te}$ ($x=0,05-0,35$), $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($x=0,05-0,35$); concentrația purtătorilor de sarcină fiind în limitele $10^{12}-10^{13} \text{ cm}^{-3}$.

A fost realizată cercetarea influenței dopării concomitente a probelor de ZnSe cu I și P, As, Sb și Bi asupra formării în acestea a centrelor de fotoluminescență (FL) și asupra structurii spectrelor FL. Doparea concomitentă a cristalelor de ZnSe cu elemente din grupa V și VII rezultă în formarea centrelor asociative FL activată de tipul (As_eI_e) , unde $\text{As}_e \rightarrow \text{P}_e$; As_{Se} ; Sb_{Se} și Bi_{Se} , ce determină benzile FL în regiunea 570-580 nm, formate în rezultatul tranzițiilor electronilor din banda de conducție pe nivelele acceptoare (As_eI_e) la temperaturi înalte și tranzițiile electronilor de pe nivelele donoare puțin adânci I_e pe aceleași nivele acceptoare, atât la excitarea directă, cât și indirectă a centrelor asociative de luminescență.

Prin metodele CVT, PVD și Bridgman au fost obținute serii de cristale de ZnSe cu diferit conținut defect-impuritate (Sb, I). S-a stabilit că, indiferent de compoziția defect-impuritate a probelor inițiale și procedeul dopării lor, numai în spectrele de FL (300K) a cristalelor de ZnSe dopate concomitent Sb și I a fost depistată banda la 570-580 nm. S-a stabilit că, doparea concomitentă a cristalelor de ZnSe cu I și Sb măresc semnificativ solubilitatea Sb în ZnSe .

Prin metoda depunerii chimice din soluție apoasă au fost sintetizate pulveri $\text{ZnO}:\text{Ag}$ înalt dispersate cu conținut variat de dopant. Analiza spectrelor de FL a fost efectuată pentru $\text{ZnO}:\text{Ag}$ în dependență de concentrația dopantului prezintă două benzi: în domeniul 400-450 nm și în domeniul 560-600 nm. A fost depistat efectul de autoabsorbție a radiației violete în ZnO , gasit anterior și în peliculele subțiri de ZnO , odată cu micșorarea grosimii stratului. În același material a fost depistat și efectul stingerii intensității benzilor de FL în funcție de concentrația Ag.

A fost dezvoltată tehnologia de sintetizare a straturilor subțiri de ZnO pe $\text{Si}(111)$, (p - , n - tip), din compușii zincului (acetat de zinc, nitrat de zinc) în 8 solvenți cu utilizarea straturilor de ZnO la creșterea GaN/Si . A fost demonstrată posibilitatea obținerii straturilor buferale de ZnO pe Si prin metoda hidrotermală și eficacitatea lor în calitate de barieră la difuzia Si din substrat în GaN . Au fost preparate straturi de GaN pe Si cu conductibilitate p și n folosindu-se straturi buferale de ZnO .

Optimizarea metodei de depunere CSS și elaborarea sistemului respectiv a dat posibilitate de a prepara straturi subțiri de Ga₂S₃ pe suportul TCO/sticlă la temperatura suportului de 500°C. Structuri Ga₂S₃/Ga₂O₃ au fost obținute pe suporturi SnO₂/sticlă, confirmarea formării compușilor respectivi a fost realizată prin Raman (Ga₂S₃ - 390 cm⁻¹, 532 nm, 633 nm), EDX și XRD.

A fost elaborat modelul teoretic pentru instalația de pulverizare magnetron (DC magnetron) în vederea optimizării tehnologiei de depunere a peliculelor de ZnSnN₂. Reieșind din configurația optimă a fost elaborat și testat sistemul pentru DC magnetron sputtering a ZnSnN₂.

Aplicând tehnologia Hidride Vapor Phase Epitaxy au fost preparați fotodetectori (FD) pe heterojuncțiuni tip nCdS-i-pInP cu fotosensibilitatea absolută (I_{sc}/W) maximă de 500-510 μA/mW. FD pe nCdS-pInP au valoarea maximă I_{sc}/W de 470 μA/mW pentru substraturi de InP cu direcția cristalografică (111), 450 μA/mW – (111) (p= 4,5·10¹⁶ cm⁻³) și 200 μA/mW – (111) (p= 3·10¹⁸ cm⁻³). Eficiența cuantică externă (EQE) are valoare maximă de (75-80)% pentru nCdS-i-pInP (p_i= 3·10¹⁶ cm⁻³) cu strat antireflectant SiO₂.

Dependența curent-tensiune a diodelor tunel rezonante (RTD) în baza cubic Al_{0,15}Ga_{0,85}N/GaN cu o singură groapă de potențial și bariere cuantice simetrice are o porțiune cu rezistența diferențială negativă (NDR), poziția și amplitudinea căruia depinde de concentrația impurității dopante în regiunea de contact. Nivelul de dopare al regiunilor de contact (a emitorului și colectorului) cu impuritate de tip n a variat în limitele 1·10¹⁶ cm⁻³ - 1·10¹⁹ cm⁻³. A fost stabilit, că pentru nivelul de dopare optimal 1·10¹⁸ cm⁻³ valoarea maximă a densității de curent în regiunea cu rezistență diferențială negativă este ~ 2,5·10³ A cm⁻². Această regiune poate fi folosită pentru generarea radiațiilor THz.

Din analiza influenței grosimii gropii de potențial (1-3 nm) asupra transportului electronilor în cubic Al_{0,15}Ga_{0,85}N/GaN RTD, considerând grosimile barierelor cuantice de 3 nm, a fost stabilită prezența în dependențele curent-tensiune a regiunii NDR. Dispozitivele RTD cu grosimea barierelor cuantice de 3 nm și lărgimea gropii de potențial de 1 nm au densitatea de curent în maxim de ~ 2,5·10³ A cm⁻² pentru tensiunea de 1,16 V.

Folosind circuitul echivalent al RTD, a fost estimată frecvența maximă (cut-off frequency) și puterea maximă - 3 μW @ 0,54 THz la 300K.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

Articole în reviste științifice – 6

în reviste din bazele de data Web of Science și SCOPUS – 5

- BRANISTE, T., DRAGOMAN, M., ZHUKOV, S., ALDRIGO, M., CIOBANU, V., IORDANESCU, S., ALYABYEVA, L., FUMAGALLI, F., CECCONE, G., RAEVSCHI, S., SCHÜTT, F., ADELUNG, R., COLPO, P., GORSHUNOV, B., TIGINYANU, I. Aero-Ga₂O₃ Nanomaterial Electromagnetically Transparent from Microwaves to Terahertz for Internet of Things Applications. *Nanomaterials*. 2020, vol. 10, nr. 6, p. 1047-1056. ISSN 2079-4991.
- CHIRITA, A. Method and setup to increase power density threshold for image distinguishing by CCD camera. *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*. 2020, vol. 14, nr. 9-10, p. 389-392. ISSN 1842-6573.
- CHIRITA, A. Reflectance spectra of plant leaves obtained by remote sensing. In: *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*. 2020, vol. 14, nr. 7-8, p.

333-337. ISSN 1842-6573.

- PLESCO, I., BRANISTE, T., WOLFF, N., GORCEAC, L., DUPPEL, V., CINIC, B., MISHRA, Y.K., SARUA, A., ADELUNG, R., KIENLE, L., TIGINYANU, I. Aero-ZnS architectures with dual hydrophilic-hydrophobic properties for microfluidic applications. *APL Materials*. 2020, 061105, 8. ISSN 2166-532X.
- SUSHKEVICH, K., GONCEARENCO, E., NEDEOGLO, N., NEDEOGLO, D. Photoluminescence of ZnSe samples doped with antimony and iodine. *Physica B: Condensed Matter*. 2020 (accepted for publication 17.08.2020). ISSN 0921-4526.

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (categoria B) – 1

- NAROLSCHI, Ig., CLIUCANOV, A., ROTARU, C., RUSU, M., VATAVU, S. Straturi subțiri semiconductoare preparate în sisteme de pulverizare cu magnetron (DC): Teorie vs Experiment (I). *Studia Universitatis Moldaviae. Seria Științe Exacte și Economice*. 2020. (acceptat pentru publicare). ISSN 1857-2073.

Teze în culegeri științifice – 8

în lucrările conferințelor științifice internaționale (de peste hotare) – 2

- KOVAL, A., GORCEAC, L., BOTNARIUC, V., VATAVU, S., KETRUSH, P., CINIC, B., RAEVSKI, S., ROTARU, C. Photovoltaic devices with InP nanolayers. In: *International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2020): Abstract book*, 26-29 august 2020, Lviv, Ukraine. Lviv, 2020, p. 34.
- VATAVU, S., ROTARU, C., CHOUBRAC, L., ANTONIUC, C., UNOLD, T., RUSU, M. Electronic properties of CdS/TCO structures by Kelvin Probe and Photoelectron Yield Spectroscopy. In: *European Materials Research Society (EMRS-2020) Spring Meeting Symposium A: Thin film chalcogenide photovoltaic materials, May 25-29, Strasbourg, France* (Accepted for presentation but not presented due to force-major).

în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională – 6

- GORCEAC, L., BOTNARIUC, V., KOVAL, A., VATAVU, S., CINIC, B., RAEVSKI, S., ROTARU, C. Fotodetector pe heterojuncțiune din fosfură de indiu. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 314-316. ISBN 978-9975-152-50-1.
- NICORICI, V. Особенности получения слоев материалов, диссоциирующих при нагревании. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 317-319. ISBN 978-9975-152-50-1.
- SIRKELI, V. Recent progress in wide bandgap semiconductors-based devices for terahertz applications. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 280-283. ISBN 978-9975-152-50-1.
- SPRINCEAN, V., DMITROGLO, L., VATAVU, E., CARAMAN M. Procese de generare-recombinare a purtătorilor de sarcină de neechilibru în compozitul Ga₂O₃/Ga₂Se₃ și în structurile microlamelare β-Ga₂O₃/GaSe. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate*

ale comunicărilor, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 288-289. ISBN 978-9975-152-50-1.

- ГОГЛИДЗЕ, Т., ГОНЧАРЕНКО, Е., ДЕМЕНТЬЕВ, И., НЕДЕОГЛО, Н., ЮРЬЕВА, Т., НЕДЕОГЛО, Д. Излучательные свойства порошков ZnO:Ag, полученных химическим осаждением из водного раствора. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare" Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 299-303. ISBN 978-9975-152-50-1.
 - СУШКЕВИЧ, К., СИМИНЕЛ, Н., НЕДЕОГЛО, Н., СИМИНЕЛ, А., НЕДЕОГЛО, Д. Ассоциативные центры люминесценции в кристаллах ZnSe, совместно легированных элементами V и VII групп. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare" Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020. Chișinău: Universitatea de Stat din Moldova, CEP USM, 2020, p. 294-298. ISBN 978-9975-152-50-1.
7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezumate/abstracte) la foruri științifice

Participări la foruri științifice – 7

- Comunicare, *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare*, prezentare SIRKELI, V.
SIRKELI, V. Recent progress in wide bandgap semiconductors-based devices for terahertz applications. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare" Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 280-283. ISBN 978-9975-152-50-1.
- Comunicare, *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare*, prezentare SPRINCEAN, V.
SPRINCEAN, V., DMITROGLO, L., VATAVU, E., CARAMAN M. Procese de generare-recombinare a purtătorilor de sarcină de neechilibru în compozitul Ga₂O₃/Ga₂Se₃ și în structurile microlamelare β-Ga₂O₃/GaSe. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare" Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 288-289. ISBN 978-9975-152-50-1.
- Comunicare, *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare*, prezentare НЕДЕОГЛО, Н.
СУШКЕВИЧ, К., СИМИНЕЛ, Н., НЕДЕОГЛО, Н., СИМИНЕЛ, А., НЕДЕОГЛО, Д. Ассоциативные центры люминесценции в кристаллах ZnSe, совместно легированных элементами V и VII групп. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare" Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor*, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 294-298. ISBN 978-9975-152-50-1.
- Comunicare, *Conferința științifică națională cu participare internațională "Integrare prin cercetare și inovare*, prezentare НЕДЕОГЛО, Н.
ГОГЛИДЗЕ, Т., ГОНЧАРЕНКО, Е., ДЕМЕНТЬЕВ, И., НЕДЕОГЛО, Н., ЮРЬЕВА, Т., НЕДЕОГЛО, Д. Излучательные свойства порошков ZnO:Ag, полученных химическим осаждением из водного раствора. In: *Conferința științifică națională cu participare*

internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 299-303. ISBN 978-9975-152-50-1.

- Comunicare, Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare, prezentare COVAL, A.
GORCEAC, L., BOTNARIUC, V., COVAL, A., VATAVU, S., CINIC, B., RAEVSCHI, S., ROTARU, C. Fotodetector pe heterojoncțiune din fosfură de indiu. In: Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 314-316. ISBN 978-9975-152-50-1.
- Comunicare, Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare, prezentare NICORICI, V.
NICORICI, V. Особенности получения слоев материалов, диссоциирующих при нагревании. In: Conferința științifică națională cu participare internațională “Integrare prin cercetare și inovare” Științe ale naturii și exacte: Rezumate ale comunicărilor, 10-11 noiembrie 2020, Chișinău: USM, CEP USM, 2020, p. 317-319. ISBN 978-9975-152-50-1.
- Poster (online), International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2020), prezentare KOVAL, A.
KOVAL, A., GORCEAC, L., BOTNARIUC, V., VATAVU, S., KETRUSH, P., CINIC, B., RAEVSKI, S., ROTARU, C. Photovoltaic devices with InP nanolayers. In: International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2020): Abstract book, 26-29 august 2020, Lviv, Ukraine, p. 34.

Participări la saloane de inventică – 5

- BOTNARIUC, V., GORCEAC, L., COVAL, A., CINIC, B., RAEVSCHI, S., VATAVU, S. InP Photodetectors and Photovoltaic Cells with Antireflective Coating. In: *The XXIV-th International Exhibition of Inventics „INVENTICA 2020”*, 29-31 July 2020, Iasi, Romania, **MEDAL INVENTICA 2020.**
- BOTNARIUC, V., GORCEAC, L., COVAL, A., CINIC, B., RAEVSCHI, S., VATAVU, S. InP Photodetectors and Photovoltaic Cells with Antireflective Coating. In: *EUROINVENT 2020*, 23 May 2020, Iasi, Romania, **GOLD MEDAL.**
- BOTNARIUC, V., GORCEAC, L., COVAL, A., CINIC, B., RAEVSCHI, S., VATAVU, S. Fotodetectori și celule fotovoltaice din pInP cu strat antireflectant. In: *Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT*, ediția a XVIII-a, 18-20 martie 2020, Cluj-Napoca, România, **MEDALIA DE AUR.**
- BOTNARIUC, V., GORCEAC, L., COVAL, A., CINIC, B., RAEVSCHI, S., VATAVU, S. Fotodetectori și celule fotovoltaice din pInP cu strat antireflectant. In: *Salonul Internațional de INVENȚII INOVAȚII “TRAIAN VUIA”*, 15 octombrie 2020, Timișoara, România, **MEDALIA DE AUR.**
- CHIRITA, A., NASEDCHINA, N., BULIMAGA, T., PRILEPOV, V. Detection of plants infected by parasites from a remote distance. In: *EUROINVENT (European Exhibition of Creativity and Innovation)*, 23 May 2020, Iasi, Romania, **BRONZE MEDAL.**

8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală
- BOTNARIUC, V., GORCEAC, L., CINIC, B., COVAL, A., RAEVSCHI, S., MOLDOVANU, S. Procedeu de creștere a structurii p⁺InP-p-InP-n⁺CdS pentru celule fotovoltaice. **Brevet de Invenție MD 4686 B1 2020.03.31.**

9. Materializarea rezultatelor obținute

În proiect au fost elaborate teoretic și fabricate experimental:

- Dispozitivul de preparare a straturilor semiconductoare subțiri prin pulverizare magnetron (DC magnetron sputtering);
- Instalația pentru cercetarea proprietăților materialelor și structurilor folosite pentru detectarea și imagistica radiațiilor X în baza dispozitivului PEIC II;
- Instalație de preparare a straturilor semiconductoare subțiri prin CSS-m.

Impactul economic se va evidenția pe parcursul implementării în tehnologie și caracterizări fizice a noilor dispozitive elaborate, rezultând într-un cost redus de fabricare a detectorilor.

10. Dificultățile în realizarea proiectului

În legătură cu pandemia cauzată de coronavirus-ul COVID-2019 au fost anulate conferințele la care au fost trimise abstracte și acceptate spre publicare, astfel fiind imposibilă prezentarea rezultatelor obținute. Au fost anulate vizite axate pentru efectuarea măsurătorilor la echipament performant ce nu este accesibil prezent în RM.

11. Concluzii

Elaborarea tehnologiilor și cercetarea proprietăților fizice ale materialelor uni-, tri-dimensionale și ale structurilor în baza compușilor II-VI, III-V, III-VI și II-IV-N₂ pentru detectarea radiațiilor X, UV, VIS, IR, și THz demonstrează perspectivele conceptului abordat și anume:

Au fost sintetizați compuși semiconductori calcogenici sticloși (As₂S₃)_{0,99}Fe_{0,01}; (As₂Se₃)_{0,99}Fe_{0,01}; 90at.% As₂S₃:10at.% SnSe și obținute straturile subțiri de 90at.% As₂S₃:10at.% SnSe; 50at.% (As₂S₃)_{0,99}Fe_{0,01}:50at.% (As₂Se₃)_{0,99}Fe_{0,01}; (As₂S₃)_{0,99}Sn_{0,01} pe sticlă acoperite cu ITO, ITO/Cu, ITO/Ag. A fost elaborată și fabricată instalația pentru cercetarea proceselor de înregistrare a imaginilor în raze X.

Cristalele de CdTe, Cd_{1-x}Se_xTe (x=0,05-0,35), Cd_{1-x}Zn_xTe (x=0,05-0,35) crescute prin metoda Bridgman cristale au parametri corespunzători aplicațiilor pentru detectarea radiațiilor electromagnetice.

Doparea concomitentă a cristalelor de ZnSe cu elemente din grupele V și VII rezultă în formarea centrelor asociative de luminescență activată, ce determină apariția benzilor radiative largi cu maxime localizate la 570-580 nm.

În pulberile ZnO:Ag, obținute prin depunerea chimică din soluții apoase este depistat efectul de autoabsorbție a radiației violete în ZnO cu transmiterea energiei centrelor radiative la lungimi de undă mari.

A fost demonstrată posibilitatea obținerii straturilor buferale de ZnO pe Si prin metoda hidrotermală și eficacitatea lor în calitate de barieră la difuzia Si din substrat în GaN, preparându-se straturi de GaN pe Si cu conductibilitate p și n cu bufer de ZnO.

Optimizarea metodei de depunere CSS a rezultat în prepararea structurilor Ga₂S₃/SnO₂/Sticlă.

Optimizarea tehnologiei DC magnetron sputtering pentru prepararea peliculelor de ZnSnN₂ a fost realizată teoretico-experimental.

Heterojuncțiunile tip nCdS-i-pInP, (i – strat epitaxial intermediar, $p_i=5-6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) au valorile fotosensibilității absolute de $510 \mu\text{A/mV}$ pentru 650-850 nm, fiind și optime pentru prepararea fotodetectorilor în interval vizibil al spectrului.

Dispozitivele RTD (diode tunel rezonante) cu grosimea barierelor cuantice de 3 nm și lărgimea gropii de potențial de 1 nm au densitatea de curent în maxim de $\sim 2,5 \cdot 10^3 \text{ A cm}^{-2}$ pentru tensiunea de 1,16 V, cut-off frequency și puterea maximă sunt respectiv $3 \mu\text{W}$ și 0,54 THz la 300K.

Research on topics related to *development and research of the physical properties of one-, three-dimensional materials and structures based on compounds II-VI, III-V, III-VI and II-IV-N₂ for the detection of X, UV, VIS, IR, and THz radiation* had shown the perspectives of the approached concept, namely:

Glassy chalcogenic semiconductor compounds $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; 90at.% As_2S_3 :10at.%SnSe were synthesized; thin layers of 90at.% As_2S_3 :10at.%SnSe; 50at.% $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$:50at.% $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Fe}_{0,01}$; $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ compounds on the glass substrates coated with ITO, ITO/Cu, ITO/Ag were fabricated;

The installation for researching of X-ray image recording processes was developed and manufactured;

CdTe , $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ ($x=0.05-0.35$), $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($x=0.05-0.35$) crystals grown by the Bridgman method have parameters suitable to applications for the detection of electromagnetic radiation;

Concomitant doping of ZnSe crystals with chemical elements of V and VII groups results in the formation of associative centers of activated luminescence, which determines the appearance of wide radiative bands with maxima located at 570-580 nm;

In ZnO:Ag powders, obtained by chemical deposition from aqueous solutions, the self-absorption effect of violet radiation in ZnO is detected with the transmission of energy to the radiative centers at long wavelengths;

It was demonstrated the possibility of ZnO buffer layers obtaining on Si by the hydrothermal method and their effectiveness as a barrier to the diffusion of Si from the substrate to GaN at the preparation of p- and n- conductivity GaN layers on Si with ZnO buffer layer;

The optimization of the CSS deposition method resulted in the preparation of $\text{Ga}_2\text{S}_3/\text{SnO}_2/\text{Glass}$ structures;

Theoretically-experimental optimization of ZnSnN₂ film coating by using DC magnetron sputtering technology was performed;

The nCdS-i-pInP type heterojunctions (i - intermediate epitaxial layer, $p_i=5-6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) have absolute photosensitivity values of $510 \mu\text{A/mV}$ in the wavelength region of 650-850 nm, being also optimal for the preparation of photodetectors in the visible range of the spectrum.

RTD (resonant tunnel diode) devices with a quantum barrier thickness of 3 nm and a potential pit width of 1 nm have a maximum current density of $\sim 2,5 \cdot 10^3 \text{ A cm}^{-2}$ for a voltage of 1,16 V, the cut-off frequency and maximum power are respectively $3 \mu\text{W}$ and 0.54 THz at 300K.

Conducătorul de proiect


VATAVU Sergiu, dr.

Data:

24/02/2020



LS

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare nr.149-PS din 03 ianuarie 2020

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.12

Cheltuieli, mii lei						
Denumirea	Cod		Anul de gestiune 2020			
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat	Executat	Sold
Remunerarea muncii angaj. conf. statelor	211180	2056,8		2056,8	2056,8	
Contribuții de asigurări sociale de stat oblig.	212100	370,2		370,2	370,2	
Prime de asigurare obligatorie de asistență medicală	212200	92,6		92,6	92,6	
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	140,0	-140,0			
Servicii editoriale	222910	26,2	-24,2	2,0	2,0	
Servicii neatribuite altor alineate	222990	3,0		3,0	3,0	
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	104,2	+164,2	268,4	268,4	
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110	7,0		7,0	7,0	
Total		2800,0	0,0	2800,0	2800,0	0,0

Prorector pentru activitatea didactică  / DANDARA Otilia, dr. hab.

Contabil șef  / COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect  / VATAVU Sergiu, dr.

Data: 24.11.2020



Componenta echipei proiectului

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.12

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Vatavu Sergiu	1977	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
2.	Chirița Arcadi	1964	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
3.	Sirkeli Vadim	1978	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
4.	Narolschi Igor	1968		0,5	03.01.2020	31.12.2020
5.	Rotaru Corneliu	1964		1	03.01.2020	31.12.2020
6.	Nedeoglo Natalia	1974	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
7.	Spoială Dorin	1968		1	03.01.2020	31.12.2020
8.	Sprincean Veaceslav	1980		0,25	03.01.2020	31.12.2020
9.	Nedeoglo Dmitrii	1942	dr. hab.	1	03.01.2020	31.12.2020
10.	Cliucanov Alexandr	1944	dr. hab.	0,75	03.01.2020	31.12.2020
11.	Caraman Mihail	1941	dr. hab.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
12.	Sușchevici Constantin	1943	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
13.	Antoniuc Constantin	1949		1	03.01.2020	31.12.2020
14.	Rusu Marin	1963	dr.	0,25	-	-
15.	Gorceac Leonid	1942	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
16.	Iurieva Tatiana	1966		0,5	03.01.2020	31.12.2020
17.	Goglidze Tatiana	1947		1	03.01.2020	31.12.2020
18.	Botnariuc Vasile	1945	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
19.	Raevschi Simion	1941	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
20.	Nasedchina Nadejda	1947		1	03.01.2020	31.12.2020
21.	Prilepov Vladimir	1938	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
22.	Coval Andrei	1947	dr.	1	03.01.2020	31.12.2020
23.	Cinic Boris	1943		1	03.01.2020	31.12.2020
24.	Chetruș Petru Ion	1944	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
25.	Gaugaș Petru	1946	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
26.	Nicorici Valentina	1952	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
27.	Chetruș Petru Mihail	1944	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
28.	Dmitroglu Liliana	1978	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
29.	Palamarciuc Oleg	1985	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
30.	Palamarciuc Tatiana	1984	dr.	0,25	03.01.2020	31.12.2020
31.	Scurtu Roman	1985		0,25	03.01.2020	31.12.2020
32.	Catruc-Inculeț Adriana	1991		0,5	03.01.2020	31.12.2020
33.	Șapoval Oleg	1963	dr.	0,25	03.01.2020	31.12.2020
34.	Belenciuc Alexandr	1960	dr.	0,25	03.01.2020	31.12.2020

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	8,8%
--	------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă	Data angajării

				conform contractului	
1.	Chirița Arcadi	1964	dr.	0,5	03.01.2020
2.	Palamarcuic Oleg	1985	dr.	1,0	03.01.2020
3.	Șișianu Sergiu	1966	dr. hab.	0,5	10.08.2020

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	8,8%
---	------

Prorector pentru activitatea didactică *[Signature]* / DANDARA Otilia, dr. hab.

Contabil șef *[Signature]* / COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect *[Signature]* / VATAVU Sergiu, dr.

Data: 21.11.2020

LS



Lista studenților și masteranzilor

activitatea cărora în cadrul proiectului a fost posibilă datorită *finanțării instituționale* a
Universității de Stat din Moldova

cifrul proiectului 20.80009.5007.12

Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1	Melnițchi Iurie	1997	masterand	0,5	03.01.2020	
2	Ghilețchii Gheorghe	1998	student	0,5	03.01.2020	
3	Varzari Alexandru	1997	student	0,5	03.01.2020	
4	Spînu Dan	1997	student	0,5	03.01.2020	
5	Barbos Oleg	1997	student	0,5	03.01.2020	
6	Nica Xenia	1995	masterandă	0,5	03.01.2020	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la 03.01.2020	22,5%
---	-------

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	22,5%
--	-------

Prorector pentru activitatea didactică *[Signature]* / DANDARA Otilia, dr. hab.

Contabil șef *[Signature]* / COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect *[Signature]* / XATAVU Sergiu, dr.

Data: 24.11.2020

