

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2021

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2021

RAPORT ANUAL

privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)
"Nanocompozite hibride multifuncționale de diferită arhitectură din polimeri și semiconductori
necristalini pentru aplicații în optoelectronică, fonică și biomedicină"

Cifrul: 20.80009.5007.14

Prioritatea Strategică : **V. Competitivitate economică și tehnologii inovative**

Conducătorul proiectului: dr. hab., prof. cerc. Mihail Iovu

S. Iovu

Directorul Institutului de Fizică Aplicată,
dr. hab. Mihai Macovei

M. Macovei

Consiliul științific, dr. Ion Cojocaru



Chișinău 2021

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Etapa 2. Spectroscopia Raman și fotoelectrică a nanostructurilor multistrat din semiconductori necristalini. Studiul teoretic al dinamicii și regimurilor de localizare electronică în nanoclasteri și regimurilor de transport a purtătorilor de sarcină.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Efectuarea măsurătorilor spectrelor de difracție a razelor X, compoziției chimice la analizatorul de fluorescență cu raze X, absorbției optice, spectrelor Raman și distribuției spectrale a fotoconducției în materiale din semiconductori necristalini ternari și cuaternari pentru diferite valori ale câmpului electric aplicat.
2. Studiul efectelor fotoinduse în straturile amorfe din sticle calcogenice prin intermediul înscrierii rețelelor de difracție cu ajutorul fasciculului de electroni al microscopului electronic cu scanare și prin metode optice holografice.
3. Studiul și caracterizarea prin metode optice și fotoluminescență a compușilor coordinativi cu Europium (III) $(Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2)$ (TTA =thenoyltrifluoroacetate, Ph_3PO =triphenylphosphine oxide).
4. Analiza diferitor tipuri de nanoclasteri pentru optoelectronică și biomedicină.
5. Studiul teoretic al dinamicii și regimurilor de localizare electronică în nanoclasteri (terameri) și nanoparticule de tip "nucleu-înveliș".
6. Elucidarea mecanismelor de transport al purtătorilor de sarcină în sistemele cu dimensionalitate redusă.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Studii de difracție a razelor X, spectroscopii Raman, optică și fotoelectrică pentru determinarea unităților structurale ale semiconductoriilor nanostructurați As-S-Se și As-S-Sb-Te și calculul unor parametri energetici ai materialelor investigate.
2. Studiul efectelor fotoinduse în straturile subțiri din sticle calcogenice.
3. Utilizarea metodei *spray* pentru obținerea compușilor coordinativi cu Europium (III) $(Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2)$.
4. Studiul proprietăților nanoclasterilor (terameri) la acțiunea câmpurilor externe, obținerea caracteristicilor dinamicii de localizare a electronilor pentru două canale de tunelare.
5. Elaborarea unei metode teoretice generale pentru calculul caracteristicilor cinetice ale fenomenelor de transport în diferite nanostructuri.
6. Calculul numeric al cineticii procesului de pereoxidare a complecșilor *Cyt-CL* cu participarea unui antioxidant.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Pentru semiconductoriile nanostructurați As-S-Se și As-S-Sb-Te în formă de pulbere și straturi amorfe au fost efectuate măsurători de difracție a razelor X, a spectrelor micro-Raman, a

spectroscopiei optice în diapazonul spectral UV/VIS/NIR și a distribuției spectrale a curenților fotoelectrici, determinate unitățile de structură și unii parametri energetici.

2. În continuare au fost analizate și interpretate rezultatele experimentale privind înscrierea cu ajutorul fasciculului de electroni a rețelelor de difracție simple și suprapuse. De asemenea o atenție deosebită a fost acordată analizei rețelelor holografice înregistrate în câmpul descărcări electrice corona.

3. A fost sintetizat și caracterizat compusul coordinativ cu Eu(III) $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$. Probele în formă de pulbere au fost caracterizate prin analiza termogravimetrică (TGA), spectroscopie optică și fotoluminescență.

4. Au fost obținute expresii analitice pentru dependența de frecvență a coeficientului de absorbție a luminii, cauzat de tranzițiile electronului din banda de valență pe stările donor localizate. Pentru cazul unei stări localizate a fost utilizat modelul potențialului cu raza zero.

5. Au fost investigate teoretic procesele cinetice din sistemele dopate (impurități cu potențial de rază zero) cu dimensiuni reduse, care au potențial parabolic. Au fost stabilite dependențele conductibilității electrice de forțele câmpurilor externe electrice și magnetice.

6. A fost elaborat un model teoretic al cineticii procesului de peroxidare a lipidelor, care are loc în membranele lipidice datorită activității de peroxidare a complexilor citocromului *c* și cardiolipinei. Ca rezultat, s-a obținut un sistem de ecuații diferențiale, care permite modelarea cineticii procesului de peroxidare a lipidelor.

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

Caracterizarea semiconductorilor nanostructurați.

Pe parcursul anului curent în cadrul proiectului au fost sintetizați și studiați semiconductori cuaternari nanostructurați din sistemul As-S-Sb-Te ($As_{1.17}S_{2.7}Sb_{0.83}Te_{0.40}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$, $As_{0.63}S_{2.7}Sb_{1.37}Te_{0.30}$, $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$, Sb_2Te_3 și $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$). Pentru determinarea compoziției, structurii și morfologiei lor au fost utilizate metodele de analiza a fluorescenței cu raze X (AFRX), difracția razelor X (XRD), microscopia de forță atomică (AFM).

Au fost studiate tablourile de difracție a razelor X, care indică pentru pulberile compusului $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ câteva maxime de difracție situate la unghiul $2\theta \approx 35^\circ$ cu distanța interplanară $d = 3.21 \text{ \AA}$ pentru unitățile structurale de Sb_2S_3 și la unghiul $2\theta \approx 49^\circ - 48^\circ$ cu distanța interplanară $d = 2.35-2.37 \text{ \AA}$, respectiv pentru Sb_2Te_3 ; și încă un maxim la $2\theta \approx 34,4^\circ$ ($d=3.157 \text{ \AA}$) pentru unitățile structurale de Sb_2Te_3 . Maximele cu distanțele interplanare $d = 3.23 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 34^\circ$), $d = 3.13 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 35^\circ$), $d = 2.1 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 55^\circ$), $d = 2.33 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 49^\circ$), $d = 2.1 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 55^\circ$) și $d = 2.33 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 49^\circ$) de asemenea se referă la unitățile structurale ale Sb_2S_3 . Se presupune, că este posibilă o suprapunere a unor maxime ale la Sb_2S_3 și Sb_2Te_3 .

Pentru compusul $As_{1.17}S_{2.7}Sb_{0.83}Te_{0.40}$ în tabloul de difracție a razelor X a fost detectat un maxim de difracție pentru Sb_2S_3 cu distanțele interplanare $d=3.22 \text{ \AA}$ și $d=2.86 \text{ \AA}$. Alte 2 maxime cu distanțele interplanare $d=1.96 \text{ \AA}$ și $d=1.67 \text{ \AA}$ sunt caracteristice pentru unitățile de structură AsS_3 .

Tabloul de difracție a razelor X a demonstrat, că compusul $As_{0.63}S_{2.7}Sb_{1.37}Te_{0.30}$ se află în stare amorfă cu faze predominante a maximelor caracteristice cristalului Sb_2S_3 . Compusul $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ de asemenea este amorf cu un maxim neidentificat cu distanța interplanară $d=5.72$ Å. În compusul $(As_2S_3)_{0.35}(Sb_2S_3)_{0.65}$ au fost depistate numai maxime care aparțin Sb_2S_3 . Pentru Sb_2Te_3 există numai maxime caracteristice acestui compus.

Din literatură este cunoscut, că monocristalele Sb_2Te_3 , Sb_2Se_3 și Sb_2S_3 sunt reprezentate ca niște structuri laminare cu legături van der Waals. A fost demonstrat, că în rețeaua de structură a cristalelor Sb_2X_3 (unde $X=S, Se, Te$) fiecare atom de Sb este înconjurat de 6 atomi de X, și fiecare atom X este înconjurat de 4 atomi de Sb. Tablourile de difracție pentru $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ indică că acest compus este în stare amorfă cu careva faze microcristaline.

Spectrele de transmisie optică $T=f(\lambda)$ pentru toate materialele nanocompozite în domeniul numerelor de undă $\nu = 1000\div 6000$ cm^{-1} ne arată o transparență destul de înaltă cu prezența unui singur maxim de absorbție slab situat la frecvența $\nu = 2340$ cm^{-1} , cauzat de prezența impurităților H_2S . Pentru compozițiile din sistemul calcogenic $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$, odată cu creșterea unităților de structură trigonale Sb_2S_3 , pragul de absorbție în domeniul UV-VIS este deplasat în domeniul energiilor mai mici a fotonilor, ceea ce corespunde benzii optice interzise $E_g=2.34$ eV pentru As_2S_3 , $E_g=2.1$ eV pentru $(As_2S_3)_{0.65}(Sb_2S_3)_{0.35}$, $E_g=1.92$ eV pentru $(As_2S_3)_{0.35}(Sb_2S_3)_{0.65}$ și $E_g=1.73$ eV pentru Sb_2S_3 .

Din spectrele de reflexie în domeniul NIR ale semiconductorilor nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$, a fost calculată absorbția A , utilizând expresia. $A = 2 - \lg(1-R(\%))$. S-a observat că odată cu creșterea concentrației de Sb și micșorarea concentrației de As în compuși reflexia crește.

Distribuția spectrală a curentului fotoelectric staționar $I_{phc}=f(\lambda)$ pentru semiconductorii nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ și din sistemul calcogenic $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$, a fost studiată pentru diferite valori ale tensiunii aplicate ($U=10\div 300$ V) în intervalul lungimilor de undă $\lambda=0.4\div 1.3$ μm . Pentru compozițiile din sistemul vitros $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$, odată cu creșterea concentrației de Sb_2S_3 , maximul curentului fotoelectric se deplasează în domeniul roșu al spectrului. Pentru compușii bogați cu Sb_2S_3 a fost observat un platou adițional, situat în domeniul energiilor $h\nu=1.3$ eV ($\lambda=0.92\div 0.95$ μm), ceea ce se explică prin apariția de noi stări localizate la introducerea atomilor de Sb_2S_3 în matricea sticlei calcogenice As_2S_3 . Pentru semiconductorii nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ maximul fotosensibilități este situat la lungimea de undă $\lambda=0.96$ μm . Adițional, în spectrele curentului fotoelectric staționar $I_{fc}=f(\lambda)$, apar niște maxime în domeniul lungimilor de undă mai mici $\lambda=0.76$ μm ($h\nu\approx 1.63$ eV) pentru $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $\lambda=0.68$ μm ($h\nu\approx 1.82$ eV) pentru $As_{20.8}S_{48.0}Sb_{19.2}Te_{12.0}$, respectiv.

De obicei, curentul fotoelectric I_{phc} în materialele semiconductoare este proporțional coeficientului de absorbție optică α , eficienței cuantice β , mobilității μ și timpului de viață a purtătorilor de sarcină

de neechilibru τ : $I_{phc} \sim \frac{1 - e^{-\alpha d}}{d} \beta \mu \tau$. În domeniul absorbției slabe (domeniul lungimilor de undă

mari), curentul fotoelectric I_{phc} este descris de coeficientul de absorbție α : $I_{phc} \sim \beta\alpha\mu t$. Scăderea valorii curentului fotoelectric în domeniul energiilor mai mari $h\nu \geq E_g$, se datorează creșterii vitezei de recombinare a purtătorilor de sarcină de neechilibru la suprafața probei. Utilizând regula lui Moss $E_g = 1.24/\lambda_{1/2}$, din spectrele de distribuție spectrală a curentului fotoelectric au fost determinate valorile benzilor optice interzise $E_g = 1.41$ eV. Pentru semiconductorii nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ de asemenea au fost efectuate măsurători a caracteristicilor curent-tensiune ($I-U$) $U = 10 \div 300$ V ($E = 10^2 \div 3 \cdot 10^3$ V/cm) la întuneric și iluminare cu lumină ce corespunde maximei fotosensibilității $\lambda = 0.96 \mu m$, $h\nu \approx 1.3$ eV. Pentru ambele cazuri rezultatele au arătat o dependență liniară a caracteristicilor $I-U$.

Efecte fotoinduse și electronoinduse

Au fost studiate și analizate tablourile de difracție produse de structurile cu relief, care constau din două rețele identice de difracție suprapuse încrucișat, formate cu ajutorul înscrierii cu fascicul de electroni cu decapare chimică consecutivă în straturile amorfe de As_2S_3 . Unghiul orientării reciproce a rețelelor de difracție cu perioada Λ (μm) a fost variat în limitele $\varphi = 2^0 - 90^0$. Pentru calculul tablourilor de difracție au fost luate în considerație și tablourile de difracție adiționale, formate de nodurile de intersecție a linilor rețelelor de bază. Structura difracțională cu simetrie circulară, care constă din 4 rețele suprapuse încrucișat cu perioade egale, este considerată ca o combinație a unei perechi de rețele suprapuse încrucișat. A fost obținută o coincidență bună între tablourile de difracție calculate și cele observate experimental. În așa mod a fost stabilit, că în structura difracțională, care constă dintr-o grupă de rețele de difracție dreptliniare direcționate diferit și suprapuse, aportul de bază în formarea rețelelor adiționale se datorează contribuției nodurilor formate în rezultatul intersecției a două linii.

De asemenea a fost studiat procesul de formare a rețelelor de difracție holografice în straturile amorfe din semiconductorii calcogenici vitroși. A fost analizat procesul de înregistrare a rețelelor holografice la lungimea de undă a laserului cu argon $\lambda = 488$ nm și procesul de decapare chimică, care permite de obținut rețele de difracție cu relief. A fost stabilit, că la lungimea de undă a laserului $\lambda = 488$ nm expoziția optimă este de $W = 5 \div 8$ J/cm². S-a stabilit, că în procesul de înscriere se formează o rețea de difracție cu relief ce induce modificări de fază cu eficiența de câteva procente. Decaparea stratului amorf expus iradierii în soluție alcalină NaOH în apă deionizată și izopropanol a permis de majorat esențial adâncimea reliefului și a eficienței de difracție până la $\eta = 20$ % pentru domeniul roșu al spectrului și până la valoarea de $\eta = 34$ % pentru domeniul IR apropiat. Rezultatele acestei investigații prezintă perspectivă pentru elaborarea și fabricarea rețelelor holografice în domeniul dispozitivelor optice.

Compuși coordinativi cu Europium(III).

A fost preparat și caracterizat compusul coordinativ cu Eu(III) $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ (TTA = thenoyltrifluoroacetate, Ph_3PO = triphenylphosphine oxide). Compusul în formă de pulbere a fost caracterizat prin analiza termogravimetrică (TGA), spectroscopia de transmisie optică și fotoluminescență (PL). PL a fost înregistrată pentru diferite temperaturi în domeniul $T = 11-300$ K. În spectrele de PL au fost detectate benzi specifice înguste de emisie cauzate de tranzițiile electronice

ale ionului Eu(III) $4f \rightarrow 4f$ $^5D_0 \rightarrow ^7F_j$ ($j = 0-4$). Benzile principale sunt centrate la lungimile de undă $\lambda=580, 595, 615, 650$ și 698 nm. Aceste benzi de emisie pot fi interpretate în cadrul modelului cu implicarea mecanismului de transfer de energie de la matricea ligandului organic la ionul de Eu^{3+} . Din rezultatele analizei datelor experimentale a PL au fost determinați parametrii luminescenței: $\Delta\lambda$, probabilitatea de emisie pentru fiecare tranziție, eficiența de emisie, etc. Complexul coordinativ $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ prezintă interes pentru aplicații potențiale în optoelectronică, medicină și în elaborarea de senzori.

Model cinetic de peroxidare lipidă în membranele celulare care implică antioxidanți și complexe de citocrom c și cardiolipină - abordare cvasistaționară

Complecșii stabili de citocrom *c* (*Cyt*) și cardiolipină (*CL*) exercită o activitate de peroxidare. A fost elaborat un model teoretic pentru interpretarea procesului de peroxidare a lipidelor, care reprezintă un sistem de ecuații diferențiale. O trăsătură particulară a modelului elaborat constă în aceea că sunt luate în considerație posibilitatea existenței unei metode noi de a dirija procesul de peroxidare a complexului *Cyt-CL* datorită efectului membranotrop. Trebuie de accentuat, că această metodă extinde posibilitatea de a modela activitatea antioxidantă a lipidelor datorită creșterii numărului de molecule în complecșii *Cyt-CL*.

Investigarea tranzițiilor optice banda de valență - stare donor în nanosisteme

A fost studiată absorbția unei electromagnetice slabe în sisteme dopate de dimensiuni reduse (tranziții optice din banda de valență pe stări donor) în câmpuri externe **E** și **H** pentru două configurații: în câmp electric constant îndreptat perpendicular la suprafața sistemului și în câmp electric constant, îndreptat perpendicular firului cuantic. Au fost obținute expresii analitice pentru dependența de frecvență a coeficientului de absorbție a luminii, cauzat de tranziție electronului din banda de valență pe stările donor localizate. Pentru stările localizate a fost utilizat modelul potențialului cu raza zero, iar pentru firul cuantic - modelul potențialului parabolic. Câmpul magnetic exercită influență esențială asupra poziției maximului liniei de absorbție și asupra semilățimii ei. În câmp magnetic are loc despicarea nivelelor energetice ale electronului, și din această cauză apar canale noi de absorbție a unei electromagnetice. Compararea rezultatelor teoretice ale modelului propus cu datele experimentale au arătat o coincidență satisfăcătoare privind semilățimea și poziției maximului de absorbție în firele cuantice.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

1. IASENIUC, O.V.; IOVU, M.S.; PANTAZI, C.; LAZAR, O.A.; MOISE, C.C. and ENACHESCU, M. Assessing the structural properties of $Ge_xAs_xSe_{1-2x}$ chalcogenide systems through cross-correlated STEM, XRD and micro-Raman studies. *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, 2021, **15**(9-10), 498—503. <https://oam-rc.inoe.ro/articles/assessing-the-structural-properties-of-gexasxse1-2x-chalcogenide-systems-through-cross-correlated-stem-xrd-and-micro-raman-studies/> (IF WoS: 0.441).
2. SERGEEV, S.A.; MESHALKIN, A.Y.; IOVU, M.S. Diffraction Structures Formed by Two Crossed Superimposed Diffraction Gratings. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2021, **57**(2), 207—216. Doi: 10.3103/S1068375521020095.

<https://link.springer.com/article/10.3103/S1068375521020095> (IF SCOPUS 0.87).

3. NASTAS, A.M.; IOVU, M.S.; AGISHEV, I.N.; GAVRUSENOK, I.V.; MELNIKOVA, E.A.; STASHKEVITCH, I.V. and TOLSTIK, A.L. Formation of holographic diffraction gratings in thin films of chalcogenide glassy semiconductors. *Journal of the Belarusian State University. Physics* 2021, **3**, 4-11. Doi: 10.33581/2520-2243-2021-3-4-11. <https://journals.bsu.by/index.php/physics/article/view/4026/4269>.
4. IOVU, M.S.; VERLAN, V.I.; CULEAC, I.P.; BORDIAN, O.; ZUBAREVA, V.E.; BULHAC, I.; ENACHESCU, M.; SIMINEL, N.A. and SIMINEL, A.V. Coordination complex $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})_2] \cdot \text{phen}$ with high luminescent efficiency. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, **20**(1), 73—83. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.06. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/134658.
5. IASENIUC, O. The transient photocurrent behavior in amorphous thin film heterostructures. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, **20**(2) (accepted). Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.06.
6. IASENIUC, O.V. and IOVU, M.S. Photoconductivity spectra of amorphous multilayer structures. In: *Proceedings SPIE Vol. 11718 (31 December 2020)*. Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X", 20-23 August 2020, Sinaia, România, pp. 117180X-1—117180X-6. Doi: 10.1117/12.2571100.
7. BORDIAN, O.; VERLAN, V.; CULEAC, I.; BULHAC, I. and ZUBAREV, V. Managing the luminescence efficiency of the organic compounds of Europium(III) through preparation technology. In: *Proceedings SPIE Vol. 11718 (31 December 2020)*. Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X", 20-23 August 2020, Sinaia, România, pp. 1171817-1—1171817-7. Doi: 10.1117/12.2571186.
8. YALTYCHENKO, O.V.; KANAROVSKII, E.Yu. and GORINCHOY, N.N. Kinetic model of lipid peroxidation in cell membranes involving antioxidants and complexes of cytochrome c and cardiolipin – quasi-stationary approach. In: *SCI-CONF.COM.UA. World science: Problems, prospects and innovations*. V International Scientific and Practical Conference, 27-29 January 2021, Toronto, Canada, pp. 239—244. ISBN: 978-1-4879-3793-5.
9. ЯЛТЫЧЕНКО, О.В.; КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ГОРИНЧОЙ, Н.Н. Минимальная модель кинетики перекисного окисления липидов с учётом синергии витаминов Е и С. In: *SCI-CONF.COM.UA. Science, Innovations and Education: Problems and Prospects*. Proceedings of III International Scientific and Practical Conference, October 13-15, 2021, Tokyo, Japan, pp. 47—56. ISBN: 978-4-9783419-3-8.
10. IASENIUC, O.V. and IOVU, M.S. Structural Characterization of Some As-S-Sb-Te Nanostructured Materials. In: *Program and Abstract Book*. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME - 2021, November 3-5 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 65. ISBN: 978-9975-72-592-7.
11. BORDIAN, O.; VERLAN, V.; IOVU, M.S.; CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; ENACHESCU, M.; BOJIN, D.; SIMINEL, A. Photoluminescence Properties of $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$. In: *Program and Abstract Book*. 5th International Conference on

Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME - 2021, November 3-5 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 65. ISBN: 978-9975-72-592-7.

12. СИНЯВСКИЙ, Э.П.; СОКОВНИЧ, С.М.; БЕЛОУС, Д.П. Примесное поглощение света нанопроволокой в поперечном электрическом поле. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
13. СИНЯВСКИЙ, Э.П.; КАРАПЕТЯН, С.А.; КОСТЮКЕВИЧ, Н.С.; ЖАКОТИЙ, Д.А. Особенности электропроводности в легированных нанопроволоках в поперечном электрическом поле. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
14. КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ЯЛТЫЧЕНКО, О.В. Учёт синергии витаминов Е и С в кинетической модели перекисного окисления липидов. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
15. КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ЯЛТЫЧЕНКО, О.В. Расширенная эпидемиологическая модель SEIR с учётом двух вариантов протекания вирусного заболевания. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
16. VERLAN, V.; BORDIAN, O.; IOVU, M., CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; BULHAC, I.; MOISE, C.C.; ENACHESCU, M. The luminescent composite based on the binuclear coordination compound of Eu (III) and polymer . În: Proceedings of The 13th Edition of EUROINVENT 2021, Online edition. European Exhibition of Creativity and Innovation, 2021, România, pp. 237—238. ISBN: 2601-4564.

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

Rezultatele obținute se referă la elaborarea și caracterizarea de noi materiale nanocompozite policristaline și vitroase, din polimeri cu ioni de pământuri rare, nanotuburi și biocompozite. Arhitecturile în baza lor sunt destinate pentru fabricarea rețelelor de difracție, dispozitivelor fotonice și biomoleculare, prezintă impact științific și tehnico-economic pentru economia R. Moldova și la nivel european. Rezultatele științifice au fost publicate în reviste de prestigiu și discutate cu comunitatea științifică, i-ar obiectele studiate pot servi ca teme de cercetare pentru tezele de doctor și de licență pentru tineri specialiști.

8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

Microscop electronic cu scanare HITACHI-2700, microscop de forță atomică NTEGRA SPECTRA, echipament Micro Raman HORIBA, difractometru cu raze X SmarthLab, spectrofotometru Uv/VIS/NIR LAMBDA 950 (Universitatea “Politehnica” București); analizator de fluorescență cu raze X „X-Calibur”, instalații de creștere a materialelor semiconductoare, instalație de depunere în vid a straturilor subțiri VUP-4, instalație de depunere a straturilor din polimeri, instalație laser

holografică, instalație de înregistrare a spectrelor de fotoluminescență, instalație de înregistrare a spectrelor de fotoconducției (Institutul de Fizică Aplicată), etc.

9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

Institutul de Chimie, Universitatea Tehnică a Moldovei, Universitatea de Stat a Moldovei, Universitatea din Tiraspol "Taras Șevcenko".

10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

Centrul pentru Știința Suprafeței și Nanotehnologii (Universitatea Politehnica București, România.

Institutul Național pentru Cercetare-Dezvoltare pentru Optoelectronică INOE-2000, București-Măgurele, România.

Lucrări comune, delegații, vizite, lucrări științifice publicate în reviste, prezentarea rapoartelor comune la conferințe, brevete de invenție, prezentări la saloanele de invenții, etc.

IASENIUC, O.V.; IOVU, M.S.; PANTAZI, C.; LAZAR, O.A.; MOISE, C.C. and ENACHESCU, M. Assessing the structural properties of $Ge_xAs_xSe_{1-2x}$ chalcogenide systems through cross-correlated STEM, XRD and micro-Raman studies. *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, 2021, **15**(9-10), 498—503. <https://oam-rc.inoe.ro/articles/assessing-the-structural-properties-of-gexasxse1-2x-chalcogenide-systems-through-cross-correlated-stem-xrd-and-micro-raman-studies/> (IF WoS: 0.441).

VERLAN, V.; BORDIAN, O.; IOVU, M., CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; BULHAC, I.; MOISE, C.C.; ENACHESCU, M. The luminescent composite based on the binuclear coordination compound of Eu (III) and polymer . În: Proceedings of The 13th Edition of EUROINVENT 2021, Online edition. European Exhibition of Creativity and Innovation, 2021, România, pp. 237—238. ISBN: 2601-4564.

BORDIAN, O.; VERLAN, V.; IOVU, M.S.; CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; ENACHESCU, M.; BOJIN, D.; SIMINEL, A. Photoluminescence Properties of $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$. În: Program and Abstract Book. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME - 2021, November 3-5 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 65. ISBN: 978-9975-72-592-7.

Universitatea de Stat din Belarus, Minsk, Republica Belarus.

11. Dificultățile în realizarea proiectului

Financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.

Cel mai mare impediment în activitatea de realizare a proiectului în anul 2021 a fost desigur pandemia legată de răspândirea infecției COVID 19. A fost nevoie de a însuși noi metode de activitate, cum ar fi lucrul la distanță, lucrul în condițiile respectării normelor sanitare pentru prevenirea infecției COVID 19 la locul de muncă, etc. Am fost nevoiți să amânăm sau restricționăm multe activități în cadrul proiectului, s-a renunțat la mai multe delegații științifice; participarea la conferințe științifice și expoziții de invenție internaționale a fost în mare parte on-line; modificarea

activităților planificate în cadrul proiectelor de finanțare a impus efectuarea a mai multor schimbări în devizele de cheltuieli și altele.

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

13. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute **în proiect** (premii, medalii, titluri, alte aprecieri)

- Yaltychenko Olga. **Awarded Certificate.** V International Scientific and Practical Conference "World Science: Problems, Prospects and Innovations", 27-29 January 2021, Toronto (sci-conf.com.ua).
- Kanarovskii Evghenii. **Awarded Certificate.** V International Scientific and Practical Conference "World Science: Problems, Prospects and Innovations", 27-29 January 2021, Toronto (sci-conf.com.ua).
- Yaltychenko Olga. **Awarded Certificate.** IX International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in the Modern World", 14-16 April 2021, Boston (sci-conf.com.ua).
- Verlan Victor, Bordian Olga, Iovu Mihail, Culeac Ion. **Medalie de Aur.** European Exhibition of Creativity and Innovation EURO-INVENT 2021, 13 Edition (on-line), 22 mai 2021, Iași, România.
- Yaltychenko Olga. **Awarded Certificate.** III International Scientific and Practical Conference "Science, Innovations and Education: Problems and Prospects", 13-15 October 2021, Tokyo (sci-conf.com.ua).
- Kanarovskii Evghenii. **Awarded Certificate.** III International Scientific and Practical Conference "Science, Innovations and Education: Problems and Prospects", 13-15 October 2021, Tokyo (sci-conf.com.ua).

14. Promovarea rezultate cercetărilor obținute **în proiect** în mass-media

15. Materializarea rezultatelor obținute **în proiect**

16. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor

- Iovu Mihail. **Referent oficial. Consiliului Științific Specializat D 134.01-21-33** pentru susținerea tezei de doctor a dlui Sprîncean Veaceslav din 21 septembrie 2021.
- Cojocar Ion. **Membru al Consiliului Științific Specializat D 134.01-21-33** pentru susținerea tezei de doctor a dlui Sprîncean Veaceslav din 21 septembrie 2021.
- Cojocar Ion. **Membru al Comisiei de Îndrumare Extisă (școala Doctorală "Științe Fizice, Matematice, ale Informației și Inginerești" a USM)** pentru susținerea tezei

de doctor a dnei Mîrzac Alexandra (decembrie 2021).

Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale

- Iovu Mihail. **Membru al colegiului de redacție** a revistei "Moldavian Journal of the Physical Science" (națională).
- Iovu Mihail. **Membru al colegiului de redacție** a revistei "Journal of Optoelectronics and Advanced Materials" (România).

17. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

În cadrul proiectului au fost sintetizați și studiați semiconductori cuaternari nanostructurați din sistemul As-S-Sb-Te ($As_{1.17}S_{2.7}Sb_{0.83}Te_{0.40}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$, $As_{0.63}S_{2.7}Sb_{1.37}Te_{0.30}$, $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$). Din punct de vedere al compoziției și structurii, pentru caracterizarea lor au fost aplicate metodele analizei fluorescenței cu raze X (AFRX), difracției razelor X (XRD), microscopiei de forță atomică (AFM). Tablourile de difracție cu raze X indică existența în materialele sintetizate atât faze în stare microcristalină, cât și amorfă. Pentru materialele semiconductoare obținute au fost studiate spectrele de absorbție și reflexie optică în domeniile UV-VIS și NIR și transmisia optică în domeniul IR. Pentru diferite valori ale tensiunii aplicate ($U=10\div 300$ V) în intervalul lungimilor de undă $\lambda=0.4\div 1.3\mu m$ a fost investigată distribuția spectrală a curentului fotoelectric staționar $I_{phc}=f(\lambda)$ pentru semiconductorii nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ și din sistemul calcogenic $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$. Pentru semiconductorii nanostructurați $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ maximul fotosensibilități este situat la lungimea de undă $\lambda=0.96\mu m$. Adițional, în spectrele curentului fotoelectric staționar $I_{fc}=f(\lambda)$, apar niște maxime în domeniul lungimilor de undă mai mici $\lambda=0.76\mu m$ ($h\nu\approx 1.63$ eV) pentru $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $\lambda=0.68\mu m$ ($h\nu\approx 1.82$ eV) pentru $As_{20.8}S_{48.0}Sb_{19.2}Te_{12.0}$, respectiv.

În straturi amorfice As_2S_3 au fost cercetate tablourile de difracție produse de structurile holografice cu relief, care constau din două rețele de difracție identice suprapuse încrucișat, înscrise cu ajutorul unui fascicul de electroni. Unghiul orientării reciproce a rețelelor de difracție cu perioada Λ (μm) a fost variat în limitele $\varphi=2^0 - 90^0$. A fost analizat procesul de înregistrare a rețelelor holografice la lungimea de undă a laserului cu argon $\lambda=488$ nm și procesul de decapare chimică ulterioară. A fost stabilit, că în procesul de înscriere se formează o rețea de fază cu relief cu eficiența de difracție la nivel de câteva procente, iar după decaparea chimică poate fi majorată până la valoarea de $\eta=34\%$ pentru domeniul IR apropiat. Rezultatele acestei investigații prezintă perspectivă pentru elaborarea și fabricarea rețelelor holografice în domeniul proiectării dispozitivelor optice.

A fost preparat și caracterizat compusul coordinativ cu Eu(III) $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ (TTA = thenoyltrifluoroacetate, Ph_3PO = triphenylphosphine oxide). Compusul în formă de pulbere a fost caracterizat termogravimetric (TGA), prin spectroscopia de transmisie optică și fotoluminescență (PL). PL a fost înregistrată pentru diferite temperaturi în domeniul $T=11-300$ K. În spectrele de PL au fost detectate benzi înguste specifice de emisie, cauzate de

tranzițiile electronice ale ionului de Eu(III) $4f \rightarrow 4f$ $^5D_0 \rightarrow ^7F_j$ ($j = 0-4$). Benzile principale sunt centrate la lungimile de undă $\lambda=580, 595, 615, 650$ și 698 nm. Complexul coordinativ $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ prezintă interes pentru aplicații potențiale în optoelectronică, medicină și în elaborarea de senzori.

Au fost obținute caracteristicile dinamicii și regimurilor de localizare a electronilor în nanoclusteri (terameri), luând în considerație două canale diferite de tunelare a electronilor pentru fiecare centru. A fost elaborată o metodă teoretică generală pentru calculul caracteristicilor cinetice ale fenomenelor de transport în diferite nanostructuri. S-au obținut o serie de calcule numerice pentru cinetica procesului de peroxidare a complecșilor de citocrom *Cyt-CL* cu participarea unui antioxidant.

In framework of the project was synthesized, characterized and investigated the quaternary nanostructured semiconductors from the system As-S-Sb-Te ($As_{1.17}S_{2.7}Sb_{0.83}Te_{0.40}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$, $As_{0.63}S_{2.7}Sb_{1.37}Te_{0.30}$, and $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$). By point of view of the structure, for its characterization the methods of fluorescence analyses with X ray (AFRX), X ray diffraction and atomic force microscopy were used. The X ray diffraction patterns show a existence of the synthesized materials in microcrystalline state as well as in amorphous state. For the nanostructured semiconductors materials were investigated the UV-VIS and NIR absorption and the reflection spectra, and IR transmission spectra. The spectral distribution of the stationary photocurrent $I_{phc}=f(\lambda)$ for $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ and chalcogenide glasses of the system $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$, was investigated at different value of applied voltage ($U=10 \div 300$ V) in the range of wavelength $\lambda=0.4 \div 1.3 \mu m$. For the $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ and $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ nanostructured semiconductors, the maximum of photosensitivity is situated at wavelength $\lambda=0.96 \mu m$. Additional, in the spectra of stationary photocurrent $I_{phc}=f(\lambda)$, the new maxima at $\lambda=0.76 \mu m$ ($h\nu \approx 1.63$ eV) for $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ and at $\lambda=0.68 \mu m$ ($h\nu \approx 1.82$ eV) for $As_{20.8}S_{48.0}Sb_{19.2}Te_{12.0}$, respectively.

Was investigated and analyzed the diffractive patterns produced in the structures with relief, which consists from two identical crossed, superimposed gratings, formed by writing with the e-beam in As_2S_3 amorphous films. The angle of reciprocal orientation of diffractive gratings with the period $A=\mu m$ was varied in the limits from $\varphi=2^0$ up to 90^0 . Was analyzed the process of registration of the holographic gratings at the wavelength of the argon laser $\lambda=488$ nm, and the process of chemical etching. Was established, that in the registration process a phase relief is formed with the diffraction efficiency about some percentages, and after the chemical etching can be increased up to $\eta=34$ % for the near IR region. The results of this investigation are perspective for elaboration and fabrication of holographic gratings in the field of construction of optical devices.

Eu(III) coordination compound $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ (TTA = thenoyltrifluoroacetate, Ph_3PO = triphenylphosphine oxide) has been prepared and characterized. Powder samples of the complex have been characterized by thermogravimetric analysis (TGA), optical transmission

and photoluminescence (PL) spectroscopy. PL have been registered for different temperatures in the range $T=11-300$ K. The PL spectra was detected as specific narrow emission bands of internal transitions of the E(III) ion $4f \rightarrow 4f$ of the Eu^{3+} ion ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ ($j = 0-4$). The major bands are centered at 580, 595, 615, 650 and 698 nm. The $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ coordinately complex compound presents interest for potential applications in optoelectronics, medicine and for elaboration of the sensors.

Was obtained the characteristics of dynamics and for localization conditions of the electrons in nanoclusters (teramers) taking into account two different tunneling channels of the electrons for each center. A general theoretical method for calculation kinetic characteristics of the transport phenomena in different nanostructures was elaborated. A series of numerical calculations for the kinetic of peroxidation of the cytochrome complexes *Cyt-CL* with participation of the antioxidant was obtained.

18. Recomandări, propuneri

Conducătorul de proiect: Dr. hab., prof. cerc. Mihail IOVU

Data: _____

Lista lucrărilor științifice,
publicate în anul 2021 în cadrul proiectului din Programul de Stat
"Nanocompozite hibride multifuncționale de diferită arhitectură din polimeri și semiconductori
necristalini pentru aplicații în optoelectronică, fonică și biomedicină",

Cifrul: 20.80009.5007.14

4. Articole în reviste științifice

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

1. IASENIUC, O.V.; IOVU, M.S.; PANTAZI, C.; LAZAR, O.A.; MOISE, C.C. and ENACHESCU, M. Assessing the structural properties of $\text{Ge}_x\text{As}_x\text{Se}_{1-2x}$ chalcogenide systems through cross-correlated STEM, XRD and micro-Raman studies. *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, 2021, **15**(9-10), 498—503. <https://oam-rc.inoe.ro/articles/assessing-the-structural-properties-of-gexasxse1-2x-chalcogenide-systems-through-cross-correlated-stem-xrd-and-micro-raman-studies/> (IF WoS: 0.441).
2. SERGEEV, S.A.; MESHALKIN, A.Y.; IOVU, M.S. Diffraction Structures Formed by Two Crossed Superimposed Diffraction Gratings. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2021, **57**(2), 207—216. Doi: 10.3103/S1068375521020095. <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068375521020095> (IF SCOPUS 0.87).

în alte reviste din străinătate recunoscute

3. NASTAS, A.M.; IOVU, M.S.; AGISHEV, I.N.; GAVRUSENOK, I.V.; MELNIKOVA, E.A.; STASHKEVITCH, I.V. and TOLSTIK, A.L. Formation of holographic diffraction gratings in thin films of chalcogenide glassy semiconductors. *Journal of the Belarusian State University. Physics*, 2021, **3**, 4-11. Doi: 10.33581/2520-2243-2021-3-4-11. <https://journals.bsu.by/index.php/physics/article/view/4026/4269>.

în alte reviste naționale

4. IOVU, M.S.; VERLAN, V.I.; CULEAC, I.P.; BORDIAN, O.; ZUBAREVA, V.E.; BULHAC, I.; ENACHESCU, M.; SIMINEL, N.A. and SIMINEL, A.V. Coordination complex $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})_2\cdot\text{phen}]$ with high luminescent efficiency. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, **20**(1), 73—83. Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.06. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/134658.
5. IASENIUC, O. The transient photocurrent behavior in amorphous thin film heterostructures. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, **20**(2) (accepted). Doi: 10.53081/mjps.2021.20-1.06.

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

6. IASENIUC, O.V. and IOVU, M.S. Photoconductivity spectra of amorphous multilayer structures . În: *Proceedings SPIE Vol. 11718 (31 December 2020)*. Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X", 20-23 August 2020, Sinaia, România, pp. 117180X-1—117180X-6. Doi: 10.1117/12.2571100.
7. BORDIAN, O.; VERLAN, V.; CULEAC, I.; BULHAC, I. and ZUBAREV, V. Managing the luminescence efficiency of the organic compounds of Europium(III) through preparation technology . În: *Proceedings SPIE Vol. 11718 (31 December 2020)*. Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X", 20-23 August 2020, Sinaia, România, pp. 1171817-1—1171817-7. Doi: 10.1117/12.2571186.
8. YALTYCHENKO, O.V.; KANAROVSKII, E.Yu. and GORINCHOY, N.N. Kinetic model of lipid peroxidation in cell membranes involving antioxidants and complexes of cytochrome c and cardiolipin – quasi-stationary approach. În: *SCI-CONF.COM.UA. World science: Problems, prospects and innovations. V International Scientific and Practical Conference, 27-29 January 2021, Toronto, Canada*, pp. 239—244. ISBN: 978-1-4879-3793-5.
9. ЯЛТЫЧЕНКО, О.В.; КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ГОРИНЧОЙ, Н.Н. Минимальная модель кинетики перекисного окисления липидов с учётом синергии витаминов Е и С. În: *SCI-CONF.COM.UA. Science, Innovations and Education: Problems and Prospects. Proceedings of III International Scientific and Practical Conference, October 13-15, 2021, Tokyo, Japan*, pp. 47—56. ISBN: 978-4-9783419-3-8.

7. Teze ale conferințelor științifice

în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

10. IASENIUC, O.V. and IOVU, M.S. Structural Characterization of Some As-S-Sb-Te Nanostructured Materials. În: Program and Abstract Book. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME - 2021, November 3-5 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 65. ISBN: 978-9975-72-592-7.
11. BORDIAN, O.; VERLAN, V.; IOVU, M.S.; CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; ENACHESCU, M.; BOJIN, D.; SIMINEL, A. Photoluminescence Properties of $\text{Eu}(\text{TGA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$. În: Program and Abstract Book. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME - 2021, November 3-5 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 65. ISBN: 978-9975-72-592-7.
12. СИНЯВСКИЙ, Э.П.; СОКОВНИЧ, С.М.; БЕЛОУС, Д.П. Примесное поглощение света нанопроволокой в поперечном электрическом поле. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
13. СИНЯВСКИЙ, Э.П.; КАРАПЕТЯН, С.А.; КОСТЮКЕВИЧ, Н.С.; ЖАКОТИЙ, Д.А. Особенности электропроводности в легированных нанопроволоках в поперечном

электрическом поле. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).

14. КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ЯЛТЫЧЕНКО, О.В. Учёт синергии витаминов Е и С в кинетической модели перекисного окисления липидов. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).
15. КАНАРОВСКИЙ, Е.Ю.; ЯЛТЫЧЕНКО, О.В. Расширенная эпидемиологическая модель SEIR с учётом двух вариантов протекания вирусного заболевания. Тезисы XII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве ММ-2021», 7-8 октября 2021, Тирасполь, Молдова (в печать).

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

16. VERLAN, V.; BORDIAN, O.; IOVU, M., CULEAC, I.; ZUBAREVA, V.; BULHAC, I.; MOISE, C.C.; ENACHESCU, M. The luminescent composite based on the binuclear coordination compound of Eu (III) and polymer . În: *Proceedings of The 13th Edition of EUROINVENT 2021, Online edition*. European Exhibition of Creativity and Innovation, 2021, România, pp. 237—238. ISBN: 2601-4564.

**Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare
(la data raportării)**

Cifra proiectului 20.80009.5007.14

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	1086.8		1086.8
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	315.1		315.1
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	21.8	-10.9	10.9
Indemnizații pentru incapacitatea temporară de muncă achitate din mijloacele financiare ale angajatorului	273500	3.2		3.2
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	4.0		4.0
Procurarea pieselor de schimb	332110		8.8	8.8
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	0.4		0.4
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	1.5	2.1	3.6
Total		1432.8		1432.8

Conducătorul organizației dr.hab.Mihai Macovei _____

Economist șef Larisa Mitroșenco _____

Conducătorul de proiect dr.hab.Mihail Iovu _____

Data: _____

LS

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.5007.14

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.	Iovu Mihail	1946	dr.hab.	1.00	04.01.2021	
2.	Sineavschii Elerlanj	1938	dr.hab.	0.50	04.01.2021	
3.	Culeac Ion	1951	dr.	1.00	04.01.2021	
4.	Iaseniuc Oxana	1980	dr.	1.00	04.01.2021	
5.	Cojocarui Ion	1958	dr.	0.50	04.01.2021	
6.	Harea Diana	1977	dr.	1.00	04.01.2021	
7.	Ialticenco Olga	1968	dr.	1.00	04.01.2021	
8.	Nastas Andrian	1972	dr.	1.00	04.01.2021	
9.	Sergheev Serghei	1949	dr.	1.00	04.01.2021	
10.	Verlan Victor	1942	dr.	1.00	04.01.2021	
11.	Bordian Olga	1987		1.00	04.01.2021	
12.	Canarovichii Evghenii	1967		1.00	04.01.2021	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	0,08
---	------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Harea Diana	1977	dr.	-1.0	
2.	Iaseniuc Oxana	1980	dr.	0.5	04.01.2021
3.	Belevschii Stanislav	1984		0.5	04.01.2021
4.	Belevschii Stanislav	1984		-0.5	
5.	Șepeli Diana	1979	dr.	0.5	04.05.21
6.	Șepeli Diana	1979	dr.	-0.5	
7.	Culeac Ion	1951	dr.	0.5	01.07.2021
8.	Culeac Ion	1951	dr.	-0.5	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	0,08
--	------

Conducătorul organizației dr.hab.Mihai Macovei _____

Economist șef Larisa Mitroșenco _____

Conducătorul de proiect dr.hab.Mihail Iovu _____

Data: _____

LȘ