

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare,
director general dr.hab.

Aurelia Hanganu _____
_____ 2024

AVIZAT

Secția Secția Științe Exacte și
Inginerești a AȘM,
conducător dr.hab. m.cor.

Svetlana Cojocaru _____
_____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL
pentru perioada 2020-2023
privind implementarea proiectului din cadrul
Programului de Stat (2020-2023)

Proiectul:

**Nanocompozite hibride multifuncționale de diferită arhitectură din polimeri și
semiconductori necristalini pentru aplicații în optoelectronică, fonică și biomedicină**

Cifra proiectului: **20.80009.5007.14**

Prioritatea Strategică: **Competitivitate economica si tehnologii inovative**

Rector USM **Șarov Igor** _____

Consiliul științific IFA **Șikimaka Olga** _____

Conducătorul proiectului **Iovu Mihail** _____

L.Ș.

Chișinău 2024

CUPRINS

1. Scopul proiectului
2. Obiectivele proiectului 2020–2023
3. Rezultate planificate conform proiectului depus
4. Rezultatele obținute
5. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului
6. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului
7. Colaborare la nivel național/ internațional în cadrul implementării proiectului
8. Dificultățile în realizarea proiectului
9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații
10. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice
11. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect
12. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media
13. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate pe parcursul anilor 2020-2023 de membrii echipei proiectului
14. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (cu specificarea aplicării în practică)
15. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei
16. Recomandări, propuneri
17. Concluzii
18. Anexa nr. 1. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023
19. Anexa nr. 2. Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate pentru anii 2020-2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat
20. Anexa nr. 3. Volumul total al finanțării proiectului 2020-2023
21. Anexa nr. 4. Componenta echipei pe parcursul anilor 2020-2023
22. Anexa nr. 5. Formular privind raportarea indicatorilor în cadrul proiectului Programe de Stat pentru perioada 2020 – 2023

1. Scopul proiectului

Scopul general al proiectului constă în generarea de noi cunoștințe și tehnologii privind nanocompozite hibride multifuncționale de diferită arhitectură din semiconductori necristalini, compuși coordinativi luminescenți, polimeri, biocompozite pentru domenii de prioritate în optoelectronică, fonică și biomedicină.

2. Obiectivele proiectului 2020–2023

- 1) Sinteza și realizarea materialelor și arhitecturilor de nanocompozite hibride polimerice, inclusiv pe compuși coordinativi cu ioni de pământuri rare, bionanocompozite, cât și nanocompozite pe bază de semiconductori necristalini multifuncționali.
- 2) Studiul complex și caracterizarea optică, morfologică și structurală a nanocompozitelor hibride polimerice, inclusiv pe compuși coordinativi cu ioni de pământuri rare, bionanocompozite, și nanocompozite pe bază de semiconductori necristalini multifuncționali.
- 3) Elaborarea de modele teoretice a acțiunii câmpurilor externe asupra caracteristicilor optice și cinetice a diverselor nanostructuri și nanocompozite. Biocompozitele, la care se atribuie complexii de citocrom c și cardiolipin, vor fi modelate luând în considerare cinetica reacției procesului de peroxidare a lipidelor. Vor fi studiate nanoclastere de tip „nucleu-înveliș” pentru aplicații în biomedicină, inclusiv biomarkere, cât și materiale hibride multifuncționale pentru ingineria celulară.
- 4) Formularea de recomandări practice pentru utilizarea rezultatelor obținute în dispozitive avansate pentru optoelectronică, fonică și biomedicină: structuri difracționale, senzori performanți, materiale luminescente pentru luminofori cu randament sporit, etc.

3. Rezultate planificate conform proiectului depus

- 1). Vor fi sintetizați compuși coordinativi mononucleari cu ioni de Eu^{3+} . Compușii obținuți vor fi caracterizați prin difracția razelor X, spectroscopia IR și termogravimetrie. Prin metoda convențională de călire în mediu răcit a topiturii vor fi sintetizați semiconductori necristalini din sistemele cuaternare Ge-As-S-Se, Sb-As-S-Sn. Din soluții chimice, prin metode spincoating, vor fi obținute straturi subțiri de nanocompozite polimerice cu compuși coordinativi. Materialele obținute atât în formă masivă, cât și în formă de straturi subțiri vor fi caracterizate cu ajutorul difracției razelor X și spectroscopiei optice în domeniul IR. Se vor obține rețele de difracție simple și complexe, se va calcula eficiența lor de difracție, caracteriza evoluția parametrilor optici și structurali în timp. Vor fi obținute rezultate teoretice prin calcul numeric în aproximarea cuazistaționară a diferitor stări ale complexului Cyt-CL și analizată cinetica a procesului de peroxidază. Vor fi descrise teoretic efectele de polarizare în nanoclusteri cu 4 centre (tetramere), când tunelarea electronilor va fi luată în considerație numai între centrele învecinate. În nanofire dopate și nedopate și structuri cu gropi cuantice se va descrie teoretic efectele câmpurilor electric și magnetic transversale asupra absorbției luminii.
- 2) Utilizând spectroscopiile Raman și fotoelectrică vor fi determinate unitățile structurale ale compușilor din semiconductori necristalini obținuți în cadrul proiectului, se vor calcula parametrii

energetici ai materialelor componente. Vor fi sintetizați și caracterizați noi compuși binucleari coordinativi cu ioni de Eu^{3+} . Se va studia posibilitățile și regimurile de obținere a materialelor compozite din polimeri și compuși coordinativi cu ioni de pământuri rare cu proprietăți luminescente. Se va demonstra că proprietățile nanoclusterilor studiați pot fi dirijate prin acțiunea câmpurilor externe. Se vor obține caracteristicile dinamicii și regimurilor de localizare electronică în nanoclusteri (tetrameri) luând în considerație două canale diferite de tunelare a electronilor pentru fiecare centru. Va fi elaborată o metodă teoretică generală pentru calculul caracteristicilor cinetice ale fenomenelor de transport în diferite nanostructuri. Se vor obține o serie de calcule numerice pe cinetica procesului de peroxidază a complexilor Cyt-CL cu participarea unui antioxidant.

3) Vor fi obținute materiale nanocompozite pe bază de polimeri și ioni de europiu. Vor fi studiate spectrele de excitare a luminescenței și de emisie ale compușilor coordinativi cu ioni de Eu^{3+} și materiale nanocompozite polimerice pe baza lor. Vor fi analizate spectrele de transmisie optică în structurile planare din semiconductorii calcogenici vitroși cuaternari sintetizați, determinate constantele optice în dependență de compoziția materialului. Se va demonstra că corodarea chimică a suprafeței rețelelor înregistrate în structurile planare, efectuată cu ajutorul solvenților chimici, va permite majorarea eficienței de difracție de câteva ori. Totodată se vor efectua calcule teoretice ale rețelelor de difracție complexe suprapuse și se vor compara cu rezultatele experimentale pentru a optimiza condițiile de înregistrare și parametrii tehnici a sursei fasciculului de electroni. Vor fi obținute caracteristicile dinamice și regimurile de localizare a electronilor în nanoclusteri cu 5 centre (pentameri) cu configurație diferită și determinată influența câmpurilor externe electric și magnetic asupra absorbției intrabandă a luminii în nanostructuri dopate de diferită configurație.

4) Din spectrele de fotoluminescență a compușilor coordinativi sintetizați și nanocompozitelor pe baza lor va fi elaborat modelul energetic de absorbție, transfer de energie și emisie a luminii. Vor fi obținute modelări matematice referitor la descrierea nanostructurilor din semiconductorii. Pentru biocompozitele Cyt-CL va fi determinat modelul cinetic optimal al peroxidazei. Vor fi obținute caracteristicile efectelor de polarizare în nanoclusterele de tip "nucleu-înveliș" (tetrameri, pentameri). Va efectua o generalizare a efectelor cauzate de influența câmpurilor externe asupra proprietăților optice și fenomenelor de transport în diferite tipuri de nanostructuri. Vor fi formulate recomandări pentru utilizarea practică a rezultatelor obținute în urma implementării proiectului.

4. Rezultatele obținute

Etapă 1.

Materiale optice din sticle calcogenice. Au fost efectuate calcule pentru sinteza de noi materiale semiconductoare din sistemul Sb-As-S-Sn. Compușii sintetizați au fost caracterizați prin metode de spectroscopie optică. Materialele optice din sticle calcogenice Ge-As-Se, As-S-Se-Sn au fost caracterizate cu ajutorul difracției razelor X, a analizatorului de fluorescență AFRX "X-Calibur" și cu microscopul electronic la transmisie (TEM) de rezoluție înaltă. Au fost preparate heterostructuri $\text{Al-As}_{0.40}\text{S}_{0.30}\text{Se}_{0.30}/\text{Ge}_{0.09}\text{As}_{0.09}\text{Se}_{0.82}/\text{Ge}_{0.30}\text{As}_{0.04}\text{S}_{0.66}\text{-Al}$ pentru măsurători optice

și fotoelectrice, rezultatele experimentale au fost analizate, interpretate și publicate în reviste științifice. Prin metode holografice simple, în câmpul descărcării electrice corona și cu ajutorul fasciculului de electroni al microscopului electronic în straturile amorfe As_2S_3 și $\text{As}_4\text{S}_3\text{Se}_3$ au fost înscrise rețele de difracție simple și complexe, calculată eficiența lor de difracție și parametrii rețelelor.

Compuși coordinativi ci ioni de Eu. A fost sintetizat și caracterizat compusul coordinativ al ionului Eu^{3+} cu randament cuantic înalt $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO})_3(\text{phen})]_2\text{phen}$.

Model teoretic al cineticii procesului de peroxidare a lipidelor. A fost prezentat un model teoretic al cineticii procesului de peroxidare a lipidelor, care are loc în membranele lipidice datorită activității peroxidazice a complexelor citocromului c și cardiolipinei. Ca rezultat, s-a obținut un sistem de ecuații diferențiale, care permite modelarea cineticii procesului de peroxidare a lipidelor, atât luând în considerare, cât și inhibând acțiunea antioxidantă a antioxidantului, testată activitatea antiradicală a diferitelor tipuri de antioxidanți.

Model teoretic pentru dinamica de localizare a electronilor în nanoclustere. A fost propus un model teoretic cvasi-clasic pentru descrierea dinamicii de localizare a unui electron comun (se tunează între centrele nanoclusterului) în nanoclusterele metal-organice în câmp electric extern de frecvență joasă, luând în considerare interacțiunea electron-vibrațională și efectele de polarizare asupra acestor centre. Teoretic a fost studiată absorbția luminii de impurități în firele cuantice în prezența câmpurilor electrice și magnetice externe direcționate paralel între ele și perpendiculare pe axa nanofirului cu un model de potențial parabolic. Impuritățile dopate în firul cuantic sunt modelate de un potențial cu rază zero.

Etapa 2.

Semiconductori nanostructurați. Au fost sintetizați și studiați semiconductori cuaternari din sistemul As-S-Sb-Te ($\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$, $\text{As}_{1.04}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{0.96}\text{Te}_{0.60}$, $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$, $\text{As}_{0.56}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{1.44}\text{Te}_{0.60}$, Sb_2Te_3 și $(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{Sb}_2\text{S}_3)_{1-x}$). 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). Difracția razelor X indică pentru pulberile compusului $\text{As}_{1.04}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{0.96}\text{Te}_{0.60}$ câteva maxime de difracție situate la unghiul $2\theta \approx 350$ cu distanța interplanară $d = 3.21 \text{ \AA}$ pentru unitățile structurale de Sb_2S_3 și la unghiul $2\theta \approx 490 - 480$ cu distanța interplanară $d = 2.35-2.37 \text{ \AA}$, respectiv pentru Sb_2Te_3 ; și încă un maxim la $2\theta \approx 34,40$ ($d = 3.157 \text{ \AA}$) pentru unitățile structurale de Sb_2Te_3 . Maximele cu distanțele interplanare $d = 3.23 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 340$), $d = 3.13 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 350$), $d = 2.1 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 550$), $d = 2.33 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 490$), $d = 2.1 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 550$) și $d = 2.33 \text{ \AA}$ ($2\theta \approx 490$) 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 $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ difracția razelor X a arătat un maxim 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 . Difracția razelor X a demonstrat, că compusul $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$ se află în stare amorfă cu faze predominante a maximelor caracteristice cristalului Sb_2S_3 . Compusul $\text{As}_{0.56}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{1.44}\text{Te}_{0.60}$ de asemenea este amorf cu un maxim neidentificat cu distanța interplanară $d = 5.72 \text{ \AA}$. În compusul $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.35}(\text{Sb}_2\text{S}_3)_{0.65}$ au fost depistate numai maxime care aparțin Sb_2S_3 . Pentru Sb_2Te_3 există numai maxime caracteristice acestui compus. A fost demonstrat, că în rețeaua structurală a cristalelor Sb_2X_3 (unde $\text{X} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) 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 pentru toate materialele studiate în domeniul numerelor de undă $\nu = 1000-6000 \text{ cm}^{-1}$ arată o transparență destul de înaltă cu prezența unui singur maxim de absorbție slab situat la frecvența $\nu = 2340 \text{ cm}^{-1}$, 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 $E_g = 2.34 \text{ eV}$ pentru As_2S_3 , $E_g = 2.1 \text{ eV}$ pentru $(As_2S_3)_{0.65}(Sb_2S_3)_{0.35}$, $E_g = 1.92 \text{ eV}$ pentru $(As_2S_3)_{0.35}(Sb_2S_3)_{0.65}$ și $E_g = 1.73 \text{ eV}$ pentru Sb_2S_3 . Din spectrele de reflexie în domeniul NIR ale $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$, a fost calculată absorbția luminii. 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 pentru semiconductorii $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$, $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ și din sistemul calcogenic $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$, a fost studiată pentru diferite valori ale tensiunii aplicate ($U = 10-300 \text{ V}$) în intervalul lungimilor de undă $0.4-1.3 \mu\text{m}$. 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 bogăți cu Sb_2S_3 a fost observat un platou adițional, situat în domeniul energiilor 1.3 eV , 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 compușii $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $As_{1.04}S_{2.4}Sb_{0.96}Te_{0.60}$ maximul fotosensibilități este situat la lungimea de undă $0.96 \mu\text{m}$. Adițional, în spectrele curentului fotoelectric staționar, apar niște maxime în domeniul lungimilor de undă mai mici $0.76 \mu\text{m}$ pentru $As_{0.56}S_{2.4}Sb_{1.44}Te_{0.60}$ și $0.68 \mu\text{m}$ pentru $As_{20.8}S_{48.0}Sb_{19.2}Te_{12.0}$, respectiv. În domeniul absorbției slabe (domeniul lungimilor de undă mari), curentul fotoelectric I_{phc} este descris de coeficientul de absorbție. 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 $E_g = 1.41 \text{ eV}$.

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 gravare 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 $20^\circ-90^\circ$. Pentru calculul tablourilor de difracție au fost luate în considerație și tablourile de difracție adiționale, formate de nodurile de intersecție a liniilor 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. A fost studiat procesul de formare a rețelelor de difracție holografice în straturile amorfe din

semiconductori calcogenici vitroși. A fost analizat procesul de înregistrare a rețelelor holografice la lungimea de undă a laserului cu argon 488 nm și procesul de gravare chimică, care permite de obținut rețele de difracție cu relief. A fost stabilit, că la lungimea de undă a laserului 488 nm expoziția optimă este de $W=5-8 \text{ J/cm}^2$. 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 20 % pentru domeniul roșu al spectrului și până la 34 % pentru domeniul IR apropiat.

Compuși coordinativi ai ionului Eu(III). A fost preparat și caracterizat compusul coordinativ $[\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2]$ (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 11-300 K. În spectrele de PL au fost detectate benzi specifice înguste de emisie cauzate de tranzițiile electronice ale ionului Eu(III) $4f-4f \text{ } ^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$ ($j = 0-4$). Benzile principale sunt centrate la lungimile de undă 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.

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 perezoxidare. A fost elaborat un model teoretic pentru interpretarea procesului de perezoxidare 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 perezoxidare 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.

Sisteme dopate de dimensiuni reduse. A fost studiată absorbția undei 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 maximumului 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 undei electromagnetice. Compararea rezultatelor teoretice ale modelului propus cu datele experimentale au arătat o coincidență satisfăcătoare privind semilățimea și poziției maximumului de absorbție în firele cuantice.

Etapa 3.

Interpretarea spectrelor EDS, XRD, STEM și micro-Raman ale materialelor nanostructurate. Au fost studiați și caracterizați compușii cuaternari 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), compuși care pot conține atât domenii în stare amorfă, cât și policristalină. Difractogramele XRD indică că ambii compuși cuaternari au o structură policristalină cu linii de difracție bine definite. În același timp, tablourile XRD pentru compușii $As_{0,56}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$ și $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$ reprezintă benzi foarte largi, specifice pentru materialele amorfe. Această diferență a stării cristaline pentru aceste două clase de materiale poate fi cauzată de prezența unităților structurale piramidale As_2S_3 , Sb_2S_3 și Sb_2Te_3 . Rețeaua tridimensională a sticlelor calcogenice As_2S_3 este formată din unități piramidale trigonale $AsS_{3/2}$, care sunt interconectate cu punți As-S-As. Unitățile de structură de Sb_2S_3 sunt aranjate din piramide trigonale $SbS_{3/2}$, iar cele ale Sb_2Te_3 sunt interconectate una cu alta cu atomi de Sb și Te. Din analizele imaginilor SEM și a topografiilor EDX s-a observat, că compușii investigați nu prezintă o morfologie uniformă. Din rezultatele topografiei EDS rezultă, că pentru fiecare domeniu de suprafață investigat, intensitățile care corespund atomilor de sulf (S), arsen (As), antimoniu (Sb) și telur (Te) practic rămân neschimbate. Spectrele detectate arată prezența tuturor elementelor inițiale (As, S, Sb, Te) cu o deviere slabă a concentrației. Spectrele micro-Raman pentru semiconductorii policristalini $As_{1,17}S_{2,7}Sb_{0,83}Te_{0,40}$ și $As_{1,04}S_{2,4}Sb_{0,96}Te_{0,60}$ sunt similare și se pot observa unele benzi puternice situate la frecvențele $\nu = 146, 187, 234, 273, 345-362 \text{ cm}^{-1}$, care corespund modurilor de vibrație ale unităților structurale S, As_4S_4 , As-As, As_4S_3 și $AsS_{3/2}$, respectiv. Benzi de vibrație similare au fost observate anterior și în fibre optice din sticle calcogenice As_mS_n și $(As_2S_3)_{0,95}(Sb_2S_3)_{0,05}$. În cazul nostru modurile de vibrație care corespund piramidelor Sb_2S_3 și Sb_2Te_3 nu au fost observate în spectrele micro-Raman datorită simetriei inversate în faza cubică metastabilă care aparține grupei spațiale F_3m_3 . Spectrele micro-Raman pentru compusul calcogenic $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$ exercită o bandă larg situată în jurul frecvenței $\nu=300 \text{ cm}^{-1}$, care este asociată cu modurile de vibrație ale unităților structurale $AsS_{3/2}$ și As_4S_3 . Prezența acestei benzi largi sugerează caracterul amorf al acestor materiale. Compusul $As_{0,68}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$ are prezente vârfuri asociate cu modurile de vibrație Te-Te ($\nu=119 \text{ cm}^{-1}$), As_4S_3 ($\nu=273 \text{ cm}^{-1}$) și Sb-O ($\nu=258 \text{ cm}^{-1}$). În ceea ce privește compușii în formă de pulbere $As_{1,17}S_{2,7}Sb_{0,83}Te_{0,40}$, $As_{1,04}S_{2,4}Sb_{0,96}Te_{0,60}$ și $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$, în spectrele micro-Raman nu au fost observate diferențe esențiale cu prezența vârfurilor asociate cu modurile de vibrație ale compusului $As_{0,68}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$, și anume S și As_4S_4 . Spectrele micro-Raman a straturilor amorfe As-S-Sb-Te diferă de spectrele probelor masive și filme. Probele în formă de filme sunt mai omogene. În spectrele micro-Raman a filmelor cu compoziția $As_{1,17}S_{2,7}Sb_{0,83}Te_{0,40}$, $As_{1,04}S_{2,4}Sb_{0,96}Te_{0,60}$, și $As_{0,56}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$ sunt evidențiate două vârfuri de vibrație ale atomilor Te-Te ($\nu=110$ și 138 cm^{-1}) și Sb-O ($\nu=265 \text{ cm}^{-1}$). Pentru filmele cu compoziția $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$ a fost identificat un singur vârf la frecvența $\nu = 310 \text{ cm}^{-1}$, asociat cu modurile de vibrație $AsS_{3/2}$ și As_4S_3 . Au fost studiate distribuția spectrală a curentului fotoelectric și eficiența de difracție a rețelelor de difracție înregistrate în straturi subțiri obținute din sticlele calcogenice investigate. În distribuția spectrală a curentului fotoelectric se observă un maxim bine evidențiat, situat la lungimea de undă $0,590 \mu\text{m}$. Poziția acestui maxim nu coincide cu poziția maximului pentru compușii masivi, care se află la lungimea de undă $0,960 \mu\text{m}$. Acest lucru poate

de explicat prin faptul că în materialele semiconductoare curentul fotoelectric I_{phc} este direct proporțional coeficientului de absorbție optică. În afară de aceasta se mai observă câteva maxime, care vor fi analizate și interpretate pe viitor. Valoarea maximă a eficienței de difracție pentru straturile amorfe de $(As_2S_3)_{0,65}(Sb_2S_3)_{0,35}$ se atinge la un timp cu mult mai scurt decât în straturile pure de As_2S_3 , ceea ce arată o creștere a sensibilității holografice în straturile amorfe ce conțin Sb_2S_3 .

Proprietățile luminescente a complexului coordinativ $[(Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)NO_3)(phen)]_2 \cdot phen$. Au fost măsurate proprietățile luminescente a complexului dinuclear cu Eu(III), obținut în formă de pulbere $[(Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)NO_3)(phen)]_2 \cdot phen$ și comparate cu ale complexului mononuclear $[Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2]$. Luminescența complecșilor sintetizați a fost măsurată în diapazonul de temperaturi 10,7-300 K. Ambii complecși posedă caracteristici luminescente caracteristice ionilor de Eu^{3+} . Benzile de emisie sunt asociate cu tranzițiile radiative 4f-4f ale ionilor de Eu^{3+} $^5D_0 \rightarrow ^7F_j$ ($j=0-4$). Intensitatea fotoluminescenței în complexul dinuclear este aproape de 20 ori mai mare decât intensitatea fotoluminescenței în complexul mononuclear. Timpul mediu de viață, calculat din curbele de relaxare a fotoluminescenței constituie 1,07 ms pentru complexul dinuclear și 0.8 ms pentru complexul mononuclear, cu o eficiență a luminescenței 49.2 % și 37.0 %, respectiv, iar eficiența de sensibilizare a ligandului constituie 78.7 % și 93.0 %, respectiv.

Conductibilitatea electrică în structuri cu dimensionalitate redusă. A fost efectuat un studiu teoretic al absorbției luminii de către un fir cuantic (FQ) la tranziția purtătorilor de sarcină din banda de valență pe stările donore în prezența câmpului electric transversal. Expresiile analitice au fost obținute pentru coeficientul de absorbție a luminii în considerație a proceselor de împrăștiere a purtătorilor de sarcină. Odată cu creșterea intensității câmpului electric valoarea coeficientului de absorbție se micșorează. A fost demonstrată posibilitatea de dirijare a poziției maximului coeficientului de absorbție a luminii cu ajutorul câmpului electric. A fost efectuat un studiu al conductibilității electrice în direcția deplasării libere a purtătorilor de sarcină în sisteme cuantice cu dimensiuni reduse (gropi cuantice, nanofire) în câmpul electric E transversal. Au fost obținute expresii analitice pentru conductibilitatea electrică atât pentru gropi cuantice, cât și pentru fire cuantice în modelul potențialului parabolic. Din expresiile obținute reiese, că în cazul când nanostructura poate fi caracterizată cu proprietăți semiconductoare, odată cu creșterea câmpului electric E conductibilitatea sistemelor cuantice de asemenea poate în mod esențial să crească. Astfel putem concluziona, că când potențialul chimic se află în partea de jos a benzi de conducție, nanostructura are proprietăți metalice, cu alte cuvinte posedă o conductivitate electrică înaltă, iar la anumite valori ale energiei poate să aibă loc schimbul tipului de conductibilitate electrică (tranziția semiconductor-metal).

Model teoretic în procesul de peroxidare lipidă în membranele celulare de citocrom c și cardiolipină. A fost elaborat modelul teoretic al cineticii procesului de peroxidare-oxidare a lipidelor (POL) în prezența efectului sinergetic a vitaminelor E și C . Acest model poate fi adaptat nu numai pentru schema standard POL, dar și pentru schema modificată POL cu participarea complecșilor Cyt-CL (cardiolipină și citocroma C). Pentru ca efectul de sinergie a vitaminelor E și C să aibă loc în mod optim, raportul de concentrații α -tocoferol/ascorbat trebuie să fie în diapazonul 1:10-1:100. Ca rezultat în biosistemă apare un oxidant adăugător (vitamina C), care

manifestă sinergie în raport cu antioxidantul de bază (vitamine *E*). Aceasta duce la restabilirea nivelului de concentrație a antioxidantului de bază, astfel se afirmă ca factor determinant pentru controlul efectiv a procesului POL.

Etapa 4.

Model pentru interpretarea luminescenței în compușii coordinativi cu ioni de Eu(III). Pe parcursul proiectului prin metoda chimică au fost sintetizați o serie de compuși coordinativi, atât mononucleari, cât și binucleari, cu ioni Eu^{3+} și cercetate proprietățile lor fotoluminescente. Măsurătorile spectrelor de fotoluminescență pentru diferiți compuși cu Eu^{3+} au arătat date similare, diferența fiind în amplitudinea benzilor de luminescență. Spectrele de emisie ale compușilor coordinativi cu Eu^{3+} reprezintă benzi de emisie înguste asociate cu tranzițiile radiative interne 4f–4f ale ionului Eu^{3+} , ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_J$ ($J=0-4$). Spectrele de emisie ale compușilor studiați, sunt caracterizate de obicei de dominarea tranziției dipol electrice ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ și prezenta benzii foarte înguste ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_0$. Emisia puternică asociată cu banda ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ determină culoarea caracteristică de roșu aprins a fotoluminescenței și poate fi atribuită polarizabilității înalte a matricei de liganzi și simetriei joase (*Ci*) în jurul ionului de Eu^{3+} . Prezența benzii ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_0$ poate fi explicată în principal prin efectul de *J-mixing* a nivelelor energetice ${}^7\text{F}_0$ și ${}^7\text{F}_2$. Spectrele de excitare a luminescenței compușilor coordinativi Eu^{3+} conțin o bandă largă (~ 300–420 nm) asociată cu tranzițiile $\pi-\pi^*$ (S_0-S_1) ale liganzilor, însoțită de o serie de benzi înguste de absorbție, determinate de tranzițiile interne ale ionului Eu^{3+} (463.6, 532.4, 578 nm). Rezultatele obținute au arătat o bună concordanță cu datele din literatură. Pentru evaluarea parametrilor radiativi ai compușilor cu Eu^{3+} din spectrele de fotoluminescență: probabilitatea de tranziție radiativă $A_{\text{rad}}(J)$, timpul de relaxare radiativă τ_{rad} , coeficientul de ramificare (*branching ratio*) β_{0J} , precum și parametrii de intensitate Ω_2 și Ω_4 , a fost aplicat Modelul Judd-Ofelt. Randamentul fotoluminescenței în compușii studiați a fost determinat în mediu în jur de 50%. Mecanismul de fotoluminescență în compușii coordinativi cu ioni de pământuri rare poate fi interpretat în baza modelului Dexter/Förster cu transferul de energie de la liganzi către ionii de lantanide. Necăutând proprietăților luminescente formidabile ale compușilor cu ioni de lantanide, există o problemă cu aplicațiile practice din cauza proprietăților lor termice și mecanice slabe. Pentru diverse aplicații în optoelectronică este nevoie de materiale cu termostabilitate ridicată și eficiență ridicată a emisiilor. Una dintre modalitățile posibile de a depăși aceste probleme este de a încorpora complexul cu Ln într-o matrice polimerică pentru a obține un material compozit mai stabil, ceea ce ar fi mai convenabil pentru aplicații practice. În cadrul proiectului au fost fabricate nanocompozite $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})_2] \cdot \text{phen/PEPC}$ (PEPC - poly-N-epoxypropylcarbazole). Măsurătorile TGA/DSC au arătat o tendință de îmbunătățire a stabilității termice a nanocompozitelor în comparație cu complexul original coordinativ, iar proprietățile luminescente demonstrează caracteristici promițătoare. În concluzie rezultatele de fotoluminescență obținute se încadrează în mecanismele cunoscute de luminescență. S-a stabilit ca fotoluminescența poate fi excitată cu o eficiență înaltă folosind surse de lumină albastră (ex. 405 nm), ceea ce se potrivește excelent cu sursele LED ieftine existente pe piață. În mod special, în context aplicativ, rezultatele experimentale indică posibilitatea utilizării compușilor studiați ai Eu^{3+} , atât separat, cât și în componența unor nanocompozite, în diferite dispozitive optoelectronice. Proprietățile luminescente ale unor compuși studiați sunt sensibile la

prezența ionilor de metale grele, ceea ce face atractivă utilizarea lor pentru elaborarea unor metode de detectare a ionilor de metale grele în produse alimentare și mediul ambiant.

Spectroscopia micro-Raman a semiconductorilor necristalini nanostructurați As-S-Sb-Te. Au fost studiate spectrele micro-Raman pentru probele masive și straturile subțiri amorfe pentru o serie de compuși din sistemul calcogenic cuaternar As-S-Sb-Te. Spectrele micro-Raman pentru probele masive și straturile subțiri amorfe, înregistrate pentru diferite porțiuni ale suprafeței, sunt identice pentru diferite intensități ale semnalului de excitare. Au fost determinate componentele structurale existente în compușii studiați prin analiza benzilor de vibrație în spectrele micro-Raman. Paralel au fost analizate imaginile SEM a porțiunilor pe suprafață unde au fost măsurate spectrele micro-Raman. Imaginele SEM înregistrate pentru straturi subțiri indică o uniformitate caracteristică și o omogenitate de structură a probelor investigate. În același timp, pentru unele porțiuni putem observa careva încorporații microcristaline în matricea rețelei stratului de origine amorfă.

Spectroscopia fotoelectrică a straturilor amorfe din sticle calcogenice As-S-Sb-Te. Probele experimentale pentru măsurători fotoelectrice reprezintă o structură planară de configurație tip "sandwich" cu doi electrozi din Al, cel de la suprafață fiind semitransparent pentru lumina incidentă. Grosimea stratului amorf din materialul investigat As-S-Sb-Te constituia 0.2-0.5 μm . A fost măsurată distribuția spectrală a curentului fotoelectric staționar pentru straturile amorfe din unii compuși ai sistemului cuaternar As-S-Sb-Te la aplicarea polului pozitiv (1 V) a sursei de curent către electrodul din Al de la suprafață iluminată. A fost determinată pozițiile maximelor principale ale curentului fotoelectric staționar și detectate unele maximuri adiționale, asociate cu prezența fazelor amorfe și nanocristaline ale unităților de structură As_2S_3 , Sb_2S_3 și Sb_2Te_3 . Au fost măsurate și interpretate curbele de relaxare a curentului fotoelectric în straturile amorfe ale calcogenizilor de As, care se încadrează în conceptul general al teoriei privind comportare curenților tranzitorii în materialele amorfe.

Sisteme cuantice cu dimensiuni reduse. A fost studiat modelul unui nanocluster (NC) cu cinci centre pentru a descrie regimurile de distribuție a densității electronilor într-un câmp electric periodic și a fost propus un model teoretic care descrie distribuția densității electronilor. Variind amplitudinea și frecvența câmpului electric extern, este posibilă schimbarea distribuției densității electronilor în NC de la o stare la alta și, prin urmare, controlarea eficientă a momentului dipol al NC. Capacitatea de a lua în considerare diverse configurații spațiale ale NC-urilor multicentru este o caracteristică distinctivă a acestui model. Modelul este relevant și aplicabil pentru studiul teoretic și analiza sistemelor compozite nanostructurate, care sunt solicitate pentru diverse aplicații în biomedicină și optoelectronică. Au fost examinate particularitățile conductivității electrice în nanostructurile dopate într-un câmp magnetic transversal. Au fost luate în considerare nanostructurile de tip groapă cuantică (GQ) și fir cuantic (FQ) în prezența gazului electronilor degenerați. Astfel de nanostructuri se caracterizează prin conductivitate electrică metalică. Din starea de neutralitate electrică a nanostructurii, pentru implementarea tipului metalic de conductivitate electrică, s-a determinat potențialul chimic și s-au făcut estimări ale concentrației de impurități și a temperaturii în nanostructuri. Câmpul magnetic este factorul de control pentru comutarea tipului de conductivitate al unei nanostructuri (tranziție metal-semiconductor). Acest efect este foarte relevant în aplicațiile optoelectronice, deoarece extinde posibilitățile de utilizare a

unor astfel de nanostructuri. A fost studiată teoretic absorbția luminii de către un FQ, asociată cu tranzițiile electronilor de la banda de valență la donator într-un câmp magnetic transversal. Oată cu creșterea câmpului magnetic, poziția coeficientului maxim de absorbție se deplasează în regiunea undelor scurte, deoarece în acest caz partea de jos a benzii de valență scade, iar valoarea maximă a coeficientului de absorbție a luminii depinde slab de câmpul magnetic. În absența câmpului magnetic maximul de absorbție se deplasează către lungimi de undă mai mari odată cu creșterea adâncimii impurității.

Procesul de peroxidare în biocompozite. Pentru modelul teoretic dezvoltat anterior s-au găsit soluții analitice care descriu efectul sinergiei vitaminelor E și C în procesul de peroxidare a lipidelor (LPO). Efectul sinergic protejează principalul antioxidant lipidic (α -tocoferol) împotriva consumului, restabilindu-l rapid. Astfel, datorită efectului de sinergie al vitaminelor E și C, este realizat un control eficient al procesului de peroxidare a lipidelor și proteinelor. Este important de menționat că acest model ce ia în considerare efectul sinergiei vitaminelor E și C este potrivit și pentru un regim LPO modificat cu participarea complexilor Cyt-CL (cardiolipină și citocrom C).

Recomandări practice de utilizare a rezultatelor obținute. Generalizând rezultatele obținute pe parcursul implementării proiectului pot fi formulate mai multe recomandări de utilizare practică a lor.

Privind spectroscopia fotoelectrică a sticlelor calcogenice și a structurilor planare cu straturi subțiri amorfe a compușilor din sistemul cuaternar As-S-Sb-Te a fost demonstrat, că materialele în cauză pot sta la baza elaborării unor detectori de fotoni, caracteristica spectrală și sensibilitatea fotoelectrică a cărora poate fi dirijată cu ajutorul câmpului electric aplicat, cât și a polarității tensiunii aplicate. Aceste efecte pot fi amplificate ori variate prin schimbarea compoziției materialului, grosimii stratului amorf, lungimii de undă și intensitatea luminii. Acest lucru creează posibilități de a elabora o gamă largă de detectori de fotoni pentru diverse dispozitive fotonice și optoelectronice.

În baza straturilor amorfe din calcogenizi de arsen a fost demonstrată posibilitatea de elaborare în baza lor a mediilor de înregistrare a informației optice, crearea diferitor elemente și structuri difracționale prin metode holografice și cu ajutorul înscrierii directe sub acțiunea fasciculului de electroni. Au fost înscrise o gamă largă de structuri difracționale simple și suprapuse, care pot fi utilizate în fonică și optoelectronică, pentru crearea matricelor master la multiplicarea imaginilor holografice utilizate în calitate de mărci de protecție împotriva falsificării documentelor și produselor.

Rezultatele obținute indică posibilitatea utilizării compușilor studiați ai Eu^{3+} , atât separat, cât și în componența unor nanocompozite, în diferite dispozitive luminofoare și senzori. Materialele obținute pot fi depuse pe suprafața celulelor fotovoltaice de siliciu pentru lărgirea spectrului de absorbție a lor, utilizând și domeniul ultraviolet a spectrului optic și astfel măbind randamentul lor. În mod special, în context aplicativ, luminescența unor compuși studiați este sensibilă la prezența ionilor de metale grele, ceea ce face atractivă utilizarea lor pentru elaborarea unor metode de detectare a ionilor de metale grele în produse alimentare și mediul ambiant.

Expresiile analitice obținute pentru conductivitatea electrică și absorbția luminii în nanostructurile dopate în prezența câmpului magnetic, precum și modelele matematice (pentru efectul de sinergie a vitaminelor E și C la nivel celular; răspunsul imun la încărcătura virală la nivelul corpului;

dinamica localizării electronice în nanoclustere ”miez-înveliș”) au valoare practică ca elemente ale unui experiment de calcul. În practică, modelele construite sub formă de sisteme de ecuații diferențiale fac posibilă calcularea analitică a relațiilor dintre mărimile observate și dependența acestora de influențele externe și parametrii interni, sunt, de asemenea, foarte convenabile pentru modelarea numerică. Prin urmare, modelele teoretice sunt necesare atât la planificarea și proiectarea de noi experimente, cât și la proiectarea și construirea de noi instrumente. Pentru biomedicină: modelul răspunsului imun la încărcătura virală arată posibilitatea implementării diferitelor scenarii pentru evoluția bolii; modelul efectului de sinergie al vitaminelor E și C face posibilă analizarea și compararea datelor experimentale; nanoclusterele ”nucleu-înveliș” sunt utilizate în mod activ ca elemente cheie în sistemele de biorecunoaștere și sunt solicitate în crearea de materiale hibride multifuncționale pentru ingineria celulară, tisulară și medicina regenerativă. Pentru optoelectronică: dependențele analitice obținute în raport cu mărimea câmpului magnetic, a temperaturii și a concentrației de impurități sunt de mare valoare practică la proiectarea de noi dispozitive optoelectronice, de exemplu: senzori pentru măsurarea temperaturii și concentrației; senzori sensibili la intensitatea pragului câmpului magnetic datorită efectului comutării tipului de conductivitate; dispozitive electronice în care conductivitatea este controlată de un câmp magnetic extern; senzori optici a cărui intensitate și spectru de absorbție depind de câmpul magnetic.

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

Rezultatele obținute se referă la elaborarea și caracterizarea de noi materiale pentru optoelectronică, fotovoltaică, medicină și reprezintă materiale hibride policristaline și vitroase, nanocompozite luminescente din polimeri cu ioni de pământuri rare, biocompozite și alte materiale aferente, modele matematice ce descriu comportarea acestor sisteme. Arhitecturile în baza lor sunt destinate pentru fabricarea rețelelor de difracție, dispozitivelor fotonice și biomoleculare, sistemelor fotovoltaice, luminoforilor, senzorilor și prezintă impact științific și tehnico-economic pentru economia R. Moldova și la nivel european. Rezultatele științifice au fost publicate în reviste naționale și internaționale, inclusiv cu factor de impact, discutate cu comunitatea științifică la conferințele pe specialitate, obținute brevete de invenție, iar obiectele studiate pot servi ca teme de cercetare pentru tezele de doctorat, masterat și de licență pentru tineri specialiști.

6. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

În cadrul proiectului au fost utilizate: Microscopul electronic cu scanare HITACHI-2700, microscopul de forță atomică NTEGRA SPECTRA, echipamentul Micro-Raman HORIBA, difractometrul cu raze X SmarthLab, spectrofotometrul Uv/VIS/NIR LAMBDA 950, toate de la Universitatea ”Politehnica” București în cadrul unor colaborări științifice; analizatorul de fluorescență cu raze X „X-Calibur”, difractometrele cu raze X ”X Calibur E” și MiniFlex600, instalații de sinteză a materialelor semiconductoare masive, 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 fotoconducție (din infrastructura Institutul de Fizică Aplicată), etc.

7. Colaborare la nivel național/ internațional în cadrul implementării proiectului

Colaborarea la nivel național s-a manifestat prin utilizarea comună a infrastructurii de cercetare, lucrări teoretice și experimentale comune cu echipe de cercetare din cadrul altor proiecte Programe de Stat, implementate în unitățile și institutele Universității de Stat din Moldova, și prin colaborare cu Universitatea Tehnică a Moldovei, Universitatea "Taras Șevcenko" din Tiraspol. În anul 2023 2 studenți de la UTM au susținut teze de licență realizate în Laboratorul de Optoelectronică al IFA pe tematica proiectului.

Publicații comune cu coautori din cadrul altor Programe de Stat și instituții din Republica Moldova:

- Sinyavskii, E.P.; Sokovnich, S.M. Optical Properties of Doped Nanowires in External Electric and Magnetic Fields. *Optics and Spectroscopy*. 2020, 128(11), 1885—1891.
- Yaltychenko, O.; Gorinchoy, N.; Duka, Gh. The Immune Response Modeling to a Viral Load: A Minimal Model. În: *Fundamental and Biomedical Aspects of Redox Processes*. Hershey: IGI Global, 2023. 302—314 p.
- Nastas, A.M.; Iovu, M.S.; Prisacar, A.M.; Triduh, G.M.; Prilepov, V.D.; Tolstik, A.L.; Stashkevich, I.V. Influence of the corona discharge on the formation of the diffractive holographic gratings in the $As_{40}S_{60-x}Se_x$ films. *Tech Phys*. 2023, 68(5), 651—655.

Colaborarea internațională s-a manifestat prin lucrări experimentale comune, lucrări științifice publicate în reviste, prezentarea rapoartelor comune la conferințe, etc. Au fost efectuate cercetări experimentale comune cu Centrul pentru Știința Suprafeței și Nanotehnologii (Universitatea Politehnică București, România), Institutul Național pentru Cercetare-Dezvoltare pentru Optoelectronică INOE-2000 (București-Măgurele, România), Universitatea de Stat din Belarus (Minsk, Belarus) și Universitatea de Stat din Gomel (Gomel, Belarus).

Publicații comune cu parteneri de peste hotare:

- Nastas, A.M.; Iovu, M.S.; Tolstik, A.L. Effect of Corona Discharge on the Optical Properties of Thin-Film $Cu-As_2Se_3$ Structures. *Optics and Spectroscopy*. 2020, 128(2), 231—235.
- Popescu, A.A.; Savastru, D.; Baschir, L.; Verlan, V.V.; Bordian, O.; Stafe, M.; Puscas, N. Surface plasmon resonance in As_2Se_3 planar waveguides for the IR spectral region.
- Iaseniuc, O.V.; Iovu, M.S.; Pantazi, C.; Lazar, O.A.; Moise, C.C.; 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 - RC*. 2021, 15(9-10), 498—503.
- Настас, А.М.; Иову, М.С.; Агишев, И.Н.; Гаврусенко, И.В.; Мельникова, Е.А.; Шашкевич, И.В.; Толстик, А.Л. Формирование голографических дифракционных решеток в тонких пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников. *Журнал Белорусского государственного университета. Физика*. 2021, 3, 4—11.

- Culeac, I.P.; Verlan, V.I.; Bordian, O.T.; Zubareva, V.E.; Iovu, M.S.; Bulhac, I.I.; Siminel, N.A.; Siminel, A.V.; Mihai, G.; Enachescu, M. Synthesis and Characterization of Coordination Compound $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2\text{phen}$ with High Luminescence Efficiency. *Nanomaterials*. 2022, 12(16), 2788-1—2788-14.
- Iaseniuc, O.; Iovu, M.; Rosoiu, S.; Bardeanu, M.; Enache, L.-B.; Mihai, G.; Bordianu, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Cojocar, I.; Enachescu, M. Structural analysis of As-S-Sb-Te polycrystalline nanostructured semiconductors. *Chalcogenide Letters*. 2022, 19(11), 841—846.
- Iovu, M.; Verlan, V.; Bordian, O.; Enachescu, M.; Popescu, A.; Savastru, D.; Enache, L.-B.; Rosoiu, S.; Bardeanu, M.; Lazar, O.A.; Mihai, G. Synthesis of glassy composite $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$ and its physical properties. *Optoelectronics and Advanced Materials - RC*. 2022, 16(11-12), 538—544.
- Iovu, M.; Culeac, I.; Verlan, V.; Bordian, O.; Enachescu, M.; Popescu, A.A.; Savastru, D.; Lazar, A. Synthesis and optical properties of the glassy compound $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$. *Chalcogenide Letters*. 2023, 20(5), 387—392.
- Гайшун, В.Е.; Семченко, А.В.; Верлан, В.; Коваленко, Д.Л.; Васькевич, В.В.; Тюленкова, О.И.; Данильченко, К.Д.; Маевский, А.А.; Юлдашев, Ш.У. Нанокompозитные материалы, содержащие комплексы редкоземельных элементов, для применения в солнечной энергетике. *Проблемы физики, математики и техники*. 2023, 4(57), 7—13.
- Хахомов, С.А.; Семченко, А.В.; Гайшун, В.Е.; Коваленко, Д.Л.; Васькевич, В.В.; Данильченко, К.Д.; Маевский, А.А.; Малютина-Бронская, В.В.; Юлдашев, Ш.У.; Верлан, В. Низкотемпературные процессы формирования нанокompозитных пленок для оптоэлектроники. *Проблемы физики, математики и техники*. 2023, 4(57), 48—52.
- Verlan, V.I.; Culeac, I.P.; Bordian, O.; Iovu, M.S.; Bulhac, A.I.; Zubareva, V.E.; Semchenko, A. Pholuminescence properties of new dinuclear $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2\text{phen}$ and mononuclear $\text{Eu}(\text{TТА})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$ complexes. În: Proc. SPIE, Vol. 12493. Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies XI, 2022, Constanta, Romania, p. 1249305-1—1249305-5.
- Zubareva, V.; Bulhac, I.; Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Enachescu, M.; Moise, C.C. Compus coordinativ dinuclear al europiului(III) cu liganzi micști, care manifestă proprietăți luminescente. Brevet de Invenție nr. MD 4677 B1 2020.02.29.
- Culeac, I.; Enachescu, M.; Borșcirov, V.; Verlan, V.; Cojocar, I.; Iovu, M.; Jderu, A.-A.; Dorobantu, D. Sistem si procedeu de paza bazate pe tehnologia cu fibra optica, cu localizarea interventiei neutorizate in sistemul de paza. Decizie pozitiva de acordare a brevetului OSIM (Romania) din 14.11.2023 No 10 56383.

8. Dificultățile în realizarea proiectului

Dificultățile în realizarea proiectului nu sunt specifice acestui proiect, dar sunt comune pentru toate proiectele de cercetare în Republica Moldova:

- legate de resursele umane – îmbătrânirea cadrului de cercetare. Din cauza finanțării insuficiente a sectorului științific; remunerării modeste; lipsei de perspectivă a unei cariere științifice (contractele individuale de muncă pentru cercetătorii științifici încheiate la fiecare an), incertitudinea viitorului științific (încheierea proiectului după 4 ani cu o neclaritate ulterioară pentru executori) duce la diminuarea constantă a numărului de tineri în cercetare. Singura motivație a lor - posibilitatea de a susține doctoratul și ulterior a obține un postdoc în străinătate. În orice caz aceasta este propriu pentru Institutul nostru.
- legate de atragerea în cercetare a studenților – conform legislației muncii studenții nu pot fi angajați în funcții de cercetători științifici, dar numai în funcții de ingineri/tehnicieni/laboranți, iar proiectele de cercetare Programe de Stat nu presupun astfel de funcții. Finanțarea instituțională, care presupune astfel de angajări, în special după ultimele reorganizări a Institutului, este limitată și absolut incertă. În anii 2022-2023 am avut 2 studenți de la UTM care nu au putut fi angajați în proiect, cu toate că au realizat teze de licență pe tematica proiectului.
- legate de infrastructura experimentală de cercetare – cu toate că în ultimii ani Institutul de Fizică Aplicată a beneficiat de ceva resurse financiare instituționale pentru completarea infrastructurii (circa 2 mil lei anual pentru utilaj științific performant), aceasta este evident insuficient pentru realizarea unor cercetări la un nivel înalt. În acest scop am fost nevoiți să utilizăm infrastructura experimentală de peste hotare, în special din România, iar pentru acesta sunt necesari bani, timp și oportunități pentru delegații și depășirea unor incomodități.
- legate de procesul de achiziții a materialelor pentru proiect - este un proces foarte anevoios și complicat, achiziția prin concurs public chiar și pentru cumpărături mărunte, iar după transferarea institutului la USM, această operație a devenit și mai înceată și mai anevoioasă. Aceasta provoacă realizarea neefectivă a banilor, deoarece este imposibil de prevăzut din timp toate necesitățile care pot apărea pe parcursul realizării lucrărilor.
- legate de procesul de documentare științifică - lipsa accesului la noi publicații în reviste științifice internaționale de top la tematica proiectului.
- legate pandemia de răspândirea infecției COVID 19. A fost nevoie de a însuși în anul 2021 noi metode de activitate, cum ar fi lucrul la distanță, lucrul în condițiile respectării normelor sanitare 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 inventică 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.
- legate de procedurile de executare a proiectului, impuse de ANCD - cerința de a informa ANCD referitor la orice modificare în devizul de cheltuieli, aprobarea acestor modificări la Consiliul Științific al Institutului, este un proces formal și foarte greoi, și principalul nu este clar pentru ce se face (nu au fost neacceptări ale acestor modificări din partea ANCD), provoacă numai creșterea numărului de hârtii și birocrație. Singurele neacceptări au avut un temei pur formal. Lucrul cu personalul în sfera de cercetare este unul foarte anevoios, în fiecare moment pot apărea oportunități mai convenabile pentru executorii proiectelor, iar

înlocuitori deseori sunt foarte greu de găsit, în special tineri, din cauza incertitudinii viitorului în sfera de cercetare.

9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

Lista publicațiilor este prezentată în Anexa 2.

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

1. Khakhomov, S.A.; Semchenko, A.V.; Gaishun, V.E.; Kovalenko, D.L.; Maevsky, A.A.; Danilchenko, K.D.; Malyutina-Bronskaya, V.V.; Yuldashev, V.V.; **Verlan, V.** 20th International Conference on Global Research and Education. On-site and Online (hybrid) conference. September 27-29, 2023, Hamamatsu, Japan. (internațională). ITO-Based Sol-Gel Layers Containing Rare Earth complexes for Solar Cells and Optoelectronics (prezentare on-line).
2. **Verlan, V.; Culeac, I.; Bordian, O.; Robu, S.** National Scientific Conference with International Participation “Integration through Research and Innovation”, Chișinău, USM, 9-10 November, 2023 (cu participare internațională). Synthesis and Physical Properties of New luminescent Polymeric Complexes $Eu_x(Chl)_{1-x}$ (prezentare sesiune).
3. **Ghenea V.** National Scientific Conference with International Participation “Integration through Research and Innovation”, Chisinau, USM, 9-10 November, 2023(cu participare internațională). Excitation and Photoluminescence Spectra of the Coordination Compound $[Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)(NO_3)(phen)]_2 \cdot phen$ (prezentare sesiune).
4. **Канаровский, Е.Ю.; Ялтыченко, О.В.** XIII Международная конференция, Тирасполь, ПГУ, 6-7 октября 2023 года (cu participare internațională). Модель пяти-центрального нанокластера типа ядро-оболочка для описания режимов распределения электронной плотности в нём в периодическом электрическом поле (prezentare sesiune).
5. **Синявский, Э.П.; Соковнич, С.М.** XIII Международная конференция, Тирасполь, ПГУ, 6-7 октября 2023 года (cu participare internațională). Особенности электропроводности в легированных наноструктурах в поперечном магнитном поле (prezentare sesiune).

11. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri)

1. Bordian Olga, Verlan Victor, Culeac Ion. DIPLOMA OF EXCELLENCE. The XXIV-th International Exhibition of Inventions INVENTICA 2020, Iași, România, 29-31 iulie, 2020.
2. Bordian Olga, Verlan Victor, Iovu Mihail, Culeac Ion. MEDALIE DE AUR. Salonul Internațional de Invenții-Inovații ”Traian Vuia”, 15 octombrie 2020, Timișoara, România.
3. Yaltychenko Olga, Kanarovskii Evghenii. ДИПЛОМ ЛАУРЕАТА за представленную работу. Всероссийское общество научных разработок ОНР ПТСАЙНС. Москва,

Россия, 2021.

4. Yaltychenko Olga. AWARDED CERTIFICATE. V International Scientific and Practical Conference "World Science: Problems, Prospects and Innovations", 27-29 January 2021, Toronto, Canada.
5. Kanarovskii Evghenii. AWARDED CERTIFICATE. V International Scientific and Practical Conference "World Science: Problems, Prospects and Innovations", 27-29 January 2021, Toronto, Canada.
6. Yaltychenko Olga. AWARDED CERTIFICATE. IX International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in the Modern World", 14-16 April 2021, Boston, USA.
7. 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.
8. Yaltychenko Olga. AWARDED CERTIFICATE. III International Scientific and Practical Conference "Science, Innovations and Education: Problems and Prospects", 13-15 October 2021, Tokyo, Japan.
9. Kanarovskii Evghenii. AWARDED CERTIFICATE. III International Scientific and Practical Conference "Science, Innovations and Education: Problems and Prospects", 13-15 October 2021, Tokyo, Japan.
10. Yaltychenko Olga. AWARDED CERTIFICATE. XIII International Scientific and Practical Conference "Modern directions of scientific research development", June 15-17, Chicago, USA.
11. Bordian Olga. 2nd PRIZE. International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies" ATOM-N 2022, August 25-28, 2022, Constanța, România.
12. Kanarovskii Evghenii. AWARDED CERTIFICATE. VII international Scientific and Practical Conference "Science and Technology: Problems, prospects and innovations", 13-15 Aprilie 2023, Osaka, Japan.
13. Yaltychenko Olga. AWARDED CERTIFICATE. VII international Scientific and Practical Conference "Science and Technology: Problems, prospects and innovations", 13-15 Aprilie 2023, Osaka, Japan.

12. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media

➤ Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

-

➤ Articole de popularizare a științei

1. Iovu Mihail, Cojocaru Ion. "ACADEMOS" *Revistă de știință, inovare, cultură și artă*. O viață dedicată științei. În memoria Academicianului ANDREI ANDRIEȘ (Articol acceptat pentru publicare în Nr. 4, 2023).
2. Иову Михаил, Кожокару Ион. *Электронная обработка материалов*. Академик Андрей Андриеш – основатель молдавской школы физики аморфных полупроводников (Articol acceptat pentru publicare).

3. Канаровский Евгений. *Электронная обработка материалов*. Памяти нашего коллеги, профессора Элерланжа Петровича Синявского (Articol publicat în 2023, vol. 59, Nr. 6, p. 75-78).
4. Канаровский Евгений. Памяти проф. Элерланжа Петровича Синявского. În: *Математическое моделирование в образовании, науке и производстве*. Материалы XIII Международной конференции, 6-7 октября 2023 года, Тирасполь. (Articolul va fi tipărit în anul 2024).

13. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate pe parcursul anilor 2020-2023 de membrii echipei proiectului

-

14. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (cu specificarea aplicării în practică)

-

15. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei

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 (școala Doctorală ”Științe Fizice, Matematică, ale Informației și Inginerești” a USM) pentru susținerea tezei de doctor a dnei Mîrzac Alexandra (17 iulie 2022).
- Cojocar Ion. Membru al Comisiei de Îndrumare (școala Doctorală ”Științe ale Naturii” a USM) pentru susținerea tezei de doctor a dnei Cazac Veronica (21 decembrie 2023).

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).

16. Recomandări, propuneri

17. Concluzii

Conducătorul de proiect **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023

Nanocompozite hibride multifuncționale de diferită arhitectură din polimeri și semiconductori necristalini pentru aplicații în optoelectronică, fonică și biomedicină

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.14

Au fost analizate în detaliu procesele de excitare și emisie a fotoluminescenței în compușii coordinativi cu ioni de E^{3+} , obținuți în cadrul proiectului. Au fost comparate proprietățile luminescente ale compușilor coordinativi mono- ($[Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2]$) și binecleari ($[(Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)NO_3)(phen)]_2 \cdot phen$), care au arătat proprietăți similare. Mecanismul de fotoluminescență în compușii studiați poate fi interpretat în baza modelului Dexter/Förster cu transferul de energie de la liganzi către ionii de Eu(III). Pentru evaluarea parametrilor radiativi din spectrele de fotoluminescență: probabilitatea de tranziție radiativă, timpul de relaxare radiativă, coeficientul de ramificare (*branching ratio*), precum și parametrii de intensitate Ω_2 și Ω_4 , a fost aplicat modelul Judd-Ofelt. Randamentul fotoluminescenței în diferiți compușii studiați a fost determinat în mediu de circa 50%. Au fost obținute nanocompozite $[Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)(NO_3)(phen)]_2 \cdot phen/PEPC$ (PEPC - poly-N-epoxypropylcarbazole). Măsurătorile termogravimetrice au arătat o tendință de îmbunătățire a stabilității termice a nanocompozitelor în comparație cu complexul original, iar proprietățile luminescente demonstrează caracteristici promițătoare.

Utilizând spectroscopia Micro-Raman fost studiate proprietățile structurale ale probelor masive și straturilor subțiri amorfe din semiconductorii cuaternari nanostructurați din sistemul cuaternar As-S-Sb-Te. Pe straturile subțiri ale acestor compuși au fost înregistrare și studiate microholograme, iar după depunerea de electrozi de Al pe suprafața straturilor, au fost măsurate și analizate spectrele și cinetica fotocurentului la diferite lungimi de undă și intensități a lumini de excitare.

Au fost studiate teoretic nanostructuri semiconductoare de tip groapă cuantică și fir cuantic în câmp magnetic extern. S-a demonstrat că câmpul magnetic este factorul de control pentru comutarea tipului de conductivitate al nanostructurii (tranziția metal-semiconductor).

S-a dezvoltat un model teoretic și s-au găsit soluții analitice care descriu efectul sinergiei vitaminelor E și C în procesul de peroxidare a lipidelor. Efectul sinergic protejează principalul antioxidant lipidic (α -tocoferol) împotriva consumului, restabilindu-l rapid. Astfel, datorită efectului de sinergie al vitaminelor E și C, este realizat un control eficient al procesului de peroxidare a lipidelor și proteinelor.

Generalizând rezultatele obținute pe parcursul implementării proiectului au fost formulate recomandări de utilizare practică a lor. Rezultatele spectroscopiei fotoelectrice demonstrează posibilități de elaborarea detectorilor de fotoni pentru diverse dispozitive optoelectronice. Capacitatea înregistrării holografice a elementelor difracționale în aceste materiale demonstrează posibilitatea multiplicării mărcilor de protecție împotriva falsificării documentelor și produselor. Rezultatele obținute indică posibilitatea utilizării compușilor coordinativi cu ioni Eu^{3+} , atât separat, cât și în componența unor nanocompozite, în diferite dispozitive luminifore și senzori.

The photoluminescence excitation and emission processes in the coordination compounds with E^{3+} ions, obtained within the project, were analyzed in detail. The luminescent properties of mono- ([Eu(TTA)₃(Ph₃PO)₂]) and binuclear coordination compounds ([Eu(μ₂-OC₂H₅)(btfa)NO₃)(phen)]₂·phen) were compared, which have showed similar properties. The photoluminescence mechanism in the studied compounds can be interpreted based on the Dexter/Förster model with the energy transfer from the ligands to the Eu(III) ions. To evaluate the radiative parameters from the photoluminescence spectra: the radiative transition probability, the radiative relaxation time, the branching ratio, as well as the intensity parameters Ω_2 and Ω_4 , the Judd-Ofelt model was applied. The photoluminescence yield in the different studied compounds was determined to be around 50%. [Eu(μ₂-OC₂H₅)(btfa)(NO₃)(phen)]₂·phen/PEPC (PEPC - poly-N-epoxypropylcarbazole) nanocomposites were obtained. Thermogravimetric measurements showed a trend of improved thermal stability of the nanocomposites compared to the original complex, and the luminescent properties demonstrate promising characteristics. Using Micro-Raman spectroscopy, the structural properties of bulk samples and amorphous thin layers of nanostructured quaternary semiconductors from the quaternary system As-S-Sb-Te were studied. Microholograms were recorded and studied on the thin layers of these compounds, and after depositing Al electrodes on the surface of the layers, the photocurrent spectra and kinetics at different wavelengths and excitation light intensities were measured and analyzed. Quantum hole and quantum wire semiconductor nanostructures have been theoretically studied in an external magnetic field. The magnetic field was shown to be the controlling factor for switching the conductivity type of the nanostructure (metal-semiconductor transition). A theoretical model was developed and analytical solutions were found describing the synergistic effect of vitamins E and C in the lipid peroxidation process. The synergistic effect protects the main lipid antioxidant (α -tocopherol) against consumption, quickly restoring it. Thus, thanks to the synergistic effect of vitamins E and C, an effective control of the lipid and protein peroxidation process is achieved. Generalizing the results obtained during the implementation of the project, recommendations for their practical use were formulated. The results of photoelectric spectroscopy demonstrate possibilities for developing photon detectors for various optoelectronic devices. The ability of holographic recording of diffractive elements in these materials demonstrates the possibility of multiplying the anti-falsification marks of documents and products. The obtained results indicate the possibility of using coordination compounds with Eu^{3+} ions, both separately and in the composition of some nanocomposites, in different luminophore devices and sensors.

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate pentru anii 2020-2023 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

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

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. Capitole în monografii naționale/internaționale

1. Yaltychenko, O.; Gorinchoy, N.; Duka, Gh. The Immune Response Modeling to a Viral Load: A Minimal Model. În: *Fundamental and Biomedical Aspects of Redox Processes*. Eds Duka Gh., Vaseashta, A. Hershey: IGI Global, 2023. 302—314 p. Doi: [10.4018/978-1-6684-7198-2.ch013](https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7198-2.ch013).

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

4. Articole în reviste științifice

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

2. Nastas, A.; Iaseniuc, O.; Iovu, M. Influence of corona discharge on photoinduced modification of optical characteristic of Cu-As₂Se₃ thin film structures. *Chalcogenide Letters*. 2020, **17**(1), 15—18 (IF WoS: 0,779).
3. Sergeev, S.A.; Iovu, M.S.; Meshalkin, A.Yu. Superimposed equally oriented diffraction gratings formed in As₂S₃ films. *Chalcogenide Letters*. 2020, **17**(1), 25—31 (IF WoS: 0,779).
4. Nastas, A.M.; Iovu, M.S.; Tolstik, A.L. Effect of Corona Discharge on the Optical Properties of Thin-Film Cu-As₂Se₃ Structures. *Optics and Spectroscopy*. 2020, **128**(2), 231—235. Doi: [10.1134/S0030400X20020174](https://doi.org/10.1134/S0030400X20020174) (IF WoS: 0,748).
5. Popescu, A.A.; Savastru, D.; Baschir, L.; Verlan, V.V.; Bordian, O.; Stafe, M.; Puscas, N. Surface plasmon resonance in As₂Se₃ planar waveguides for the IR spectral region. *Chalcogenide Letters*. 2020, **17**(3), 117—122 (IF WoS: 0,779).
6. Iaseniuc, O.; Iovu, M. Photoconductivity of chalcogenide thin film heterostructures. *Proceedings of the Romanian Academy - Series A*. 2020, **21**(3), 231—235 (IF WoS: 1,294).

7. Iaseniuc, O.; Iovu, M. Absorption and photoconductivity spectra of amorphous multilayer structures. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 2020, 11, 1757—1763. Doi: [10.3762/bjnano.11.158](https://doi.org/10.3762/bjnano.11.158) (IF WoS: 2,612).
8. Sinyavskii, E.P.; Sokovnich, S.M. Optical Properties of Doped Nanowires in External Electric and Magnetic Fields. *Optics and Spectroscopy*. 2020, 128(11), 1885—1891. Doi: [10.1134/S0030400X20110259](https://doi.org/10.1134/S0030400X20110259) (IF WoS: 0,748).
9. Iaseniuc, O.V.; Iovu, M.S.; Pantazi, C.; Lazar, O.A.; Moise, C.C.; 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 - RC*. 2021, 15(9-10), 498—503 (IF WoS 0,556).
10. Iaseniuc, O.; Iovu, M. Characterization of some optical and physical properties of As_{11.2}S_{48.0}Sb_{28.8}Te_{12.0} and As_{20.8}S_{48.0}Sb_{19.2}Te_{12.0} nanostructured polycrystalline semiconductors. *Chalcogenide Letters*. 2022, 19(2), 117—124. 1584-8663. Doi: [10.15251/CL.2022.192.117](https://doi.org/10.15251/CL.2022.192.117) (IF WoS: 0,855).
11. Culeac, I.P.; Verlan, V.I.; Bordian, O.T.; Zubareva, V.E.; Iovu, M.S.; Bulhac, I.I.; Siminel, N.A.; Siminel, A.V.; Mihai, G.; Enachescu, M. Synthesis and Characterization of Coordination Compound [Eu(μ₂-OC₂H₅)(btfa)(NO₃)(phen)]₂phen with High Luminescence Efficiency. *Nanomaterials*. 2022, 12(16), 2788-1—2788-14. Doi: [10.3390/nano12162788](https://doi.org/10.3390/nano12162788) (IF: WoS 5,719).
12. Iaseniuc, O.; Iovu, M.; Rosoiu, S.; Bardeanu, M.; Enache, L.-B.; Mihai, G.; Bordianu, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Cojocaru, I.; Enachescu, M. Structural analysis of As-S-Sb-Te polycrystalline nanostructured semiconductors. *Chalcogenide Letters*. 2022, 19(11), 841—846. Doi: [10.15251/CL.2022.1911.841](https://doi.org/10.15251/CL.2022.1911.841) (IF WoS: 0,855).
13. Iovu, M.; Verlan, V.; Bordian, O.; Enachescu, M.; Popescu, A.; Savastru, D.; Enache, L.-B.; Rosoiu, S.; Bardeanu, M.; Lazar, O.A.; Mihai, G. Synthesis of glassy composite As_{0.63}S_{2.70}Sb_{1.37}Te_{0.30} and its physical properties. *Optoelectronics and Advanced Materials - RC*. 2022, 16(11-12), 538—544 (IF WoS: 0,556).
14. Iovu, M.; Culeac, I.; Verlan, V.; Bordian, O.; Enachescu, M.; Popescu, A.A.; Savastru, D.; Lazar, A. Synthesis and optical properties of the glassy compound As_{0.63}S_{2.70}Sb_{1.37}Te_{0.30}. *Chalcogenide Letters*. 2023, 20(5), 387—392. Doi: [10.15251/CL.2023.205.387](https://doi.org/10.15251/CL.2023.205.387) (IF WoS: 1).
15. Iaseniuc, O.V.; Iovu, M.S. Steady-state and transient photocurrents of As-S-Sb-Te amorphous thin films. *Chalcogenide Letters*. 2023, 20(10), 725—731. Doi: [10.15251/CL.2023.2010.725](https://doi.org/10.15251/CL.2023.2010.725) (IF WoS: 1).
16. Nastas, A.M.; Iovu, M.S.; Prisacar, A.M.; Triduh, G.M.; Prilepov, V.D.; Tolstik, A.L.; Stashkevich, I.V. Influence of the corona discharge on the formation of the diffractive holographic gratings in the As₄₀S_{60-x}Se_x films. *Technical Physics*. 2023, 68(5), 651—655. Doi: [10.21883/TP.2023.05.56072.285-22](https://doi.org/10.21883/TP.2023.05.56072.285-22) (IF WoS: 0,7).
17. Kanarovskii, E.Yu.; Yaltychenko, O.V. On sideration of the Synergy of Vitamins E and C in the Kinetic Model of Lipid Peroxidation. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2023, 59(4), 473—478. Doi [10.3103/S1068375523040038](https://doi.org/10.3103/S1068375523040038) (IF Scopus 0,9).

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

18. Настас, А.М.; Йову, М.С.; Агишев, И.Н.; Гаврусенко, И.В.; Мельникова, Е.А.; Сташкевич, И.В.; Толстик, А.Л. Формирование голографических дифракционных решеток в тонких пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников. *Журнал Белорусского государственного университета. Физика*. 2021, 3, 4—11. Doi: [10.33581/2520-2243-2021-3-4-11](https://doi.org/10.33581/2520-2243-2021-3-4-11).
19. Гайшун, В.Е.; Семченко, А.В.; Верлан, В.; Коваленко, Д.Л.; Васькевич, В.В.; Тюленкова, О.И.; Данильченко, К.Д.; Маевский, А.А.; Юлдашев, Ш.У. Нанокompозитные материалы, содержащие комплексы редкоземельных элементов, для применения в солнечной энергетике. *Проблемы физики, математики и техники*. 2023, 4(57), 7—13. Doi: 10.54341/20778708_2023_4_57_7.
20. Хахомов, С.А.; Семченко, А.В.; Гайшун, В.Е.; Коваленко, Д.Л.; Васькевич, В.В.; Данильченко, К.Д.; Маевский, А.А.; Малютина-Бронская, В.В.; Юлдашев, Ш.У.; Верлан, В. Низкотемпературные процессы формирования нанокompозитных пленок для оптоэлектроники. *Проблемы физики, математики и техники*. 2023, 4(57), 48—52. Doi 10.54341/20778708_2023_4_57_48.

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

21. Сергеев, С.А.; Мешалкин, А.Ю.; Йову, М.С. Дифракционные структуры, сформированные двумя скрещенными наложенными дифракционными решетками. *Электронная обработка материалов*. 2020, **56(6)**, 51—60. Doi: [10.5281/zenodo.4299754](https://doi.org/10.5281/zenodo.4299754).
22. Iovu, M.S.; Verlan, V.I.; Culeac, I.P.; Bordian, O.; Zubareva, V.E.; Bulhac, I.; Enachescu, M.; Siminel, N.A.; 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://doi.org/10.53081/mjps.2021.20-1.06).
23. Iaseniuc, O. Transient photocurrent behavior in amorphous thin film heterostructures. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2021, 20(2), 163—169. Doi: [10.53081/mjps.2021.20-2.07](https://doi.org/10.53081/mjps.2021.20-2.07).

4.4. în alte reviste naționale

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

24. Синявский, Э.П.; Соковнич, С.М. Поглощение света нанопроволокой с переходами носителей из валентной зоны в донорные состояния в присутствии электрического поля. Сборник трудов "Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем – 2022", в. III. Ed. А.Л. Стемповский, Москва: ИППМ РАН, 2022. 135—139 p. Doi: [10.31114/2078-7707-2022-3-135-139](https://doi.org/10.31114/2078-7707-2022-3-135-139).

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

25. Синявский, Э.П.; Карапетян, С.А.; Костюкевич, Н.С. Особенности электропроводности в легированных размерно-квантовых системах в поперечном электрическом поле. În: СБОРНИК ТРУДОВ. Выпуск IV «Автоматизация проектирования микро- и нанoeлектронных схем и систем». «Разработка перспективных микро- и нанoeлектронных элементов, схем и устройств». IX Всероссийская научно-техническая конференция ”Проблемы разработки перспективных микро-и нанoeлектронных систем – 2020”, июнь-ноябрь 2020 г., Зеленоград, Российская Федерация, p. 244—247. Doi: [10.31114/2078-7707-2020-4-244-247](https://doi.org/10.31114/2078-7707-2020-4-244-247).
26. Ялтыченко, О.В.; Канаровский, Е.Ю.; Горинчой, Н.Н. Изучение влияния липидного антиоксиданта на пероксидазный процесс с участием комплекса цитохрома с и кардиолипина. În: Высшая школа: научные исследования. Материалы Межвузовского научного конгресса, Москва, 2020, p. 78—87. Doi: [10.34660/INF.2020.22.84.011](https://doi.org/10.34660/INF.2020.22.84.011).
27. Iaseniuc, O.V.; Iovu, M.S. Photoconductivity spectra of amorphous multilayer structures . În: Proceedings SPIE Vol. 11718. Conference ”Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X”, 20-23 August 2020, Sinaia, România, p. 117180X-1—117180X-6. Doi: [10.1117/12.2571100](https://doi.org/10.1117/12.2571100).
28. Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Bulhac, I.; Zubarev, V. Managing the luminescence efficiency of the organic compounds of europium(III) through preparation technology . În: Proceedings SPIE Vol. 11718. Conference ”Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X”, 20-23 August 2020, Sinaia, România, p. 1171817-1—1171817-7. Doi: [10.1117/12.2571186](https://doi.org/10.1117/12.2571186).
29. Yaltychenko, O.V.; Kanarovskii, E.Yu.; Gorinchoy, N.N. Kinetic model of lipid peroxidation in cell membranes involving antioxidants and complexes of cytochrom c and cardiolipin – quasi-stationary approach. În: World science: Problems, prospects and innovations. V International Scientific and Practical Conference, 27-29 January 2021, Toronto, Canada, p. 239—244.
30. Ялтыченко, О.В.; Канаровский, Е.Ю.; Горинчой, Н.Н. Минимальная модель кинетики перекисного окисления липидов с учётом синергии витаминов Е и С. În: Science, Innovations and Education: Problems and Prospects. Proceedings of III International Scientific and Practical Conference, October 13-15, 2021, Tokyo, Japan, p. 47—56.
31. Ялтыченко, О.В.; Горинчой, Н.Н.; Дука, Г.Г. Динамическое моделирование в эпидемиологии. Модель SEIR, расширенная на случай двух сценариев протекания вирусной инфекции. În: The 9th International Scientific and Practical Conference “Fundamental and applied research in the modern world”, April 14-16, 2021, Boston, USA, p. 741—747.

32. Ялтыченко, О.В.; Дука, Г.Г.; Горинчой, Н.Н. Моделирование кинетики иммунной реакции организма на вирусную нагрузку. În: Modern directions of scientific research development. Proceedings of XIII International scientific and practical conference, June 15-17, 2022, Chicago, USA, p. 65—75.
33. Verlan, V.I.; Culeac, I.P.; Bordian, O.; Iovu, M.S.; Bulhac, A.I.; Zubareva, V.E.; Semchenko, A. Pholuminescence properties of new dinuclear $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{bfta})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2\text{phen}$ and mononuclear $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$ complexes. În: *Proc. SPIE, Vol. 12493*. Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies XI, 2022, Constanta, Romania, p. 1249305-1—1249305-5. Doi: [10.1117/12.2644859](https://doi.org/10.1117/12.2644859).
34. Yaltychenko, O.V.; Kanarovskii, E. Y. Simulation of the electron localization dynamics in a pentamer core-shell nanocluster in an external electric field. În: Science and Technology: Problems, Prospects and Innovations. Proceedings. [VII International Scientific and Practical Conference, 13-15 April 2023, Osaka, Japan](#), p. 198—201. ISBN: 978-4-9783419-1-4.

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

35. Zalamai, V.V.; Tiron, A.V.; Iovu, M.S.; Syrbu, N.N. Optical Activity in Mn Doped As_2S_3 Glasses. În: IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020. 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 18-21, 2019, Chisinau, Moldova, p. 79—82. Doi: [10.1007/978-3-030-31866-6_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_17).
36. Verlan, V.I.; Culeac, I.P.; Bordian, O.; Zubareva, V.E.; Bulhac, I.; Iovu, M.S.; Enachescu, M.; Siminel, N.A.; Nedelea, V.V. Luminescence Properties of a Novel Eu^{3+} Dinuclear Coordination Compound. În: IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020. 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 18-21, 2019, Chisinau, Moldova, p. 161—165. Doi: [10.1007/978-3-030-31866-6_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_33).
37. Kanarovskii, E.Yu.; Yaltychenko, O.V.; Gorinchoy, N.N. Theoretical Model of Lipid Peroxidation Kinetics for Complexes of Cytochrome c and Cardiolipin with Participation of Antioxidants. În: IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020. 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 18-21, 2019, Chisinau, Moldova, p. 561—563. Doi: [10.1007/978-3-030-31866-6_100](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_100).
38. Kanarovskii, E.Yu.; Yaltychenko, O.V. Influence of Polarization on Electron Localization in the Coated Tetramer Nanoclusters Used as Elements of Biorecognition Systems. În: IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020. 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 18-21, 2019, Chisinau, Moldova, p. 573—577. Doi: [10.1007/978-3-030-31866-6_102](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_102).
39. Iaseniuc, O.V.; Iovu, M.S. Structural Characterization of Some As-S-Sb-Te Nanostructured Materials. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3—5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 77—83. Doi: [10.1007/978-3-030-92328-0_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_11).

40. Bordian, O.; Verlan, V.; Iovu, M.; Culeac, I.; Zubareva, V.; Enachescu, M.; Bojin, D.; Siminel, A. Photoluminescence Properties of $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$. În: ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, 2022. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, November 3–5, 2021, Chisinau, Moldova, p. 84–91. Doi: [10.1007/978-3-030-92328-0_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_12).
41. Iaseniuc, O.; Iovu, M. Micro-Raman Analysis of Some As-S-S-Te Nanostructured Semiconductors. În: *IFMBE Proceedings, vol 91. Springer, Cham. Volume 1: Nanotechnologies and Nano-biomaterials for Applications in Medicine*. 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 20–23, 2023, Chisinau, Moldova , p. 147–155. Doi: [10.1007/978-3-031-42775-6_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42775-6_16).
42. Kanarovskii, E.; Yaltychenko, O. Synergy Effect of Ascorbic Acid and α -Tocopherol in Kinetic Model of Lipid Peroxidation. În: *IFMBE Proceedings, vol 91. Springer, Cham. Volume 2: Biomedical Engineering and New Technologies for Diagnosis, Treatment, and Rehabilitation*. 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, September 20–23, 2023, Chisinau, Moldova , p. 326–332. Doi: [10.1007/978-3-031-42782-4_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42782-4_35).

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

43. Костюкевич, Р.С.; Синяевский, Э.П. Оптические свойства квантовых проволок во внешних полях. În: Пути совершенствования физического образования в Приднестровье. Материалы IX Республиканской научно-практической конференции, 30 марта 2021 года, Тирасполь, Молдова, p. 129–132.
44. Ghenea, V. Photoluminescence properties of coordination compound $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{BTFA})(\text{NO}_3)(\text{PHEN})_2\cdot\text{PHEN}]$. Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master and PhD Students, 5-7 April 2023, Chișinău, Moldova Republic, V.II, p. 151-154.
45. Ghenea, V. Photoluminescence Method as a Tool for Investigation Optical Properties of Coordination Compounds with Eu(III). Conferința Științifică „Știință și educație: noi abordări și perspective”, Chișinău, Republica Moldova, 24-25 martie 2023, Vol. III – p. 334-337. Doi: 10.46727/c.v3.24-25-03-2023.

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

46. Iaseniuc, O.; Iovu, M. Photoelectrical effect in chalcogenidemultilayer structures. În: ATOM-N 2020. The 10th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies" , 20-23 august 2020, Constanța, România, p. OMN100-38-1—OMN100-38-3.
47. Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Zubarev, V. Managing the luminescence efficiency of the organic compounds of Europium(III) through the obtaining technology. În: ATOM-N

2020. The 10th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies", 20-23 august 2020, Constanța, România, p. OMN100-54-1—OMN100-54-2.

48. Verlan, V.I.; Culeac, I.P.; Bordian, O.; Iovu, M.S.; Semchenko, A. Photoluminescence Properties of New Dinuclear $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2\text{phen}$ and Mononuclear $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$ Complexes. În: Abstracts. International Conference "ADVANCED TOPICS IN OPTOELECTRONICS MICROELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGIES" ATOM-N 2022, 25-28 August, Constanta, România, p. OMN200-1—OMN200-2.
49. Iovu, M.; Verlan, V.; Bordian, O.; Culeac, I.; Popescu, A.A.; Savastru, D. Technology for obtaining the amorphous luminophore composition $\text{As}_2\text{S}_3:\text{Eu}(\text{DBM})_3\text{Phen}$. În: Virtual Abstract Book -Invited Papers. International Colloquium 'Physics of Materials - PM7', November 10-11, 2022, Bucharest, Romania.
50. Iaseniuc, O.; Iovu, M.; Rosoiu, S.; Bardeanu, M.; Enache, L.-B.; Mihai, G.; Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Cojocaru, I.; Enachescu, M. General Characterizations As-S-Sb-Te Nanostructured Semiconductors. În: Virtual Abstract Book - Poster Session Papers. International Colloquium 'Physics of Materials - PM7', November 10-11, 2022, Bucharest, Romania.

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

51. Iaseniuc, O.V.; 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.
52. Bordian, O.; Verlan, V.; Iovu, M.S.; Culeac, I.; Zubareva, V.; Enachescu, M.; Bojin, D.; Siminel, A. Photoluminescence Properties of $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Ph}_3\text{PO})_2$. 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.
53. Yaltychenko, O.; Gorinchoy, N.; Duca, Gh. Immune response modeling under viral load. În: ABSTRACT BOOK, Volume 1. The 7th International Conference ECOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL CHEMISTRY-2022, March 3-4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova, p. 73—74.
54. Yaltychenko, O.; Kanarovskiy, E.; Gorinchoy, N. Synergy effect of vitamins E and C on the example of lipid peroxidation reaction. În: ABSTRACT BOOK, Volume 1. The 7th International Conference ECOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL CHEMISTRY-2022, March 3-4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova, p. 75.

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

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

55. Zubareva, V.; Bulhac, I.; Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Enachescu, M.; Moise, C.C. Compus coordinativ dinuclear al europiului(III) cu liganzi micști, care manifestă proprietăți luminescente. Brevet de Invenție nr. MD 4677 B1 2020.02.29.
56. Culeac, I.; Enachescu, M.; Borșcirov, V.; Verlan, V.; Cojocaru, I.; Iovu, M.; Jderu, A.-A.; Dorobantu, D. Sistem si procedeu de paza bazate pe tehnologia cu fibra optica, cu localizarea interventiei neautorizate in sistemul de paza. Decizie pozitiva de acordare a brevetului OSIM (Romania) din 14.11.2023 No 10 56383.
57. Zubareva, V.; Bulhac, I.; Bordian, O.; Verlan, V.; Culeac, I.; Enachescu, M.; Moise, C. Coordination binuclear compound of europium(III) with mixed ligands which exhibits luminescent properties. În: INVENTICA 2020. The 24th International Exhibition of Inventions, July 29 – 31, 2020, Iași, România. , p. 476.
58. Bordian, O.; Verlan, V.; Iovu, M.; Culeac, I.; Zubareva, V.; Bulhac, I.; Moise, C.C.; Enachescu, M. Procedeu de obținere a compozitului luminozor pe baza compusului coordinativ binuclear al Eu(III) și polymer. În: Catalog oficial. Colecția ”Științe tehnice”. Salonul Internațional de Invenții, Inovații ”Traian Vuia”, 13-15 octombrie 2020, Timișoara, România, p. 172—173.
59. 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, p. 237—238.

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Volumul total al finanțării proiectului 2020-2023**Cifrul proiectului: 20.80009.5007.14**

Anul	Finanțarea planificată (mii lei)	Finanțarea Executată (mii lei)	Cofinanțare (mii lei)
2020	1344,7	1344,7	
2021	1432,8	1431,9	
2022	1740,3	1734,4	
2023	1790,7	1840,7	
Total	6308,5	6351,7	

Conducătorul de proiect **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023

Lista executorilor, potențialul științific, inclusiv indicarea modificărilor echipei de cercetare pe durata Programului de stat (*funcția în cadrul proiectului, titlul științific, semnătura executorilor la data de 31 decembrie 2023*)

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.14

Echipa proiectului conform contractului de finanțare 2020-2023						
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	01.01.2020	22.12.2023
2.	Sineavschii Elerlanj	1938	Dr.hab.	0,5	01.01.2020	21.09.2023
3.	Culeac Ion	1951	Dr.	1,00	01.01.2020	
4.	Iaseniuc Oxana	1980	Dr.	1,00	01.01.2020	
5.	Nastas Andrian	1972	Dr.	1,00	01.01.2020	
6.	Sergheev Serghei	1949	Dr.	1,00	01.01.2020	
7.	Verlan Victor	1942	Dr.	1,00	01.01.2020	
8.	Cojocaru Ion	1958	Dr.	1,00	01.01.2020	
9.	Harea Diana	1977	Dr.	1,00	01.01.2020	31.12.2022
10.	Ialficenco Olga	1968	Dr.	1,00	01.01.2020	
11.	Bordian Olga	1987		1,00	01.01.2020	
12.	Canarovschii Evghenii	1967		1,00	01.01.2020	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform proiectului 0,09

Conducătorul de proiect. **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

**Formular privind raportarea indicatorilor în cadrul proiectului Programe de Stat
pentru perioada 2020 – 2023, cifra 20.80009.5007.14**

Indicator 1	Rezultat				Indicator 2	Rezultat				Indicator 3	Rezultat			
	2020	2021	2022	2023		2020	2021	2022	2023		2020	2021	2022	2023
Nr. de cereri de brevete înregistrate în cadrul proiectului de cercetare finanțat	-	-	-	-	Nr. de brevete obținute în cadrul proiectului de cercetare finanțat	1	-	-	1	Procentul lucrărilor științifice aplicate în practică, din totalul lucrărilor publicate în cadrul proiectului de cercetare finanțat	-	-	-	-
Total	-	-	-	-		1	-	-	1		-	-	-	-

Conducător de proiect

Iovu Mihail

Data _____

LS

