

RECEȚIONAT

Agencia 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 ANUAL
pentru etapa 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 etapei 2023 conform proiectului depus la concurs
2. Obiectivele etapei 2023
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2023
4. Rezultatele obținute
5. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului
6. Colaborare la nivel național și internațional în cadrul implementării proiectului
7. Dificultățile în realizarea proiectului (financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.)
8. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații
9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice
10. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media
11. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2023 de membrii echipei proiectului
12. Concluzii
13. Anexa nr. 1. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2023
14. Anexa nr. 2. Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul 2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat
15. Anexa nr. 3. Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2023
16. Anexa nr. 4. Componența echipei conform contractului de finanțare 2023

1. Scopul etapei 2023 conform proiectului depus la concurs

Etapa 4. Elaborarea modelelor matematice pentru descrierea și interpretarea datelor experimentale obținute în baza nanocompozitelor din polimeri, semiconductori necristalini și a complecși biologici. Formularea de recomandări pentru utilizarea rezultatelor obținute.

2. Obiectivele etapei 2023

1. Examinarea modelelor fizice pentru descrierea și interpretarea datelor experimentale de fotoluminescență a compușilor coordinativi cu ioni de pământuri rare și nanocompozitelor din polimeri pe baza lor. 2. Analiza rezultatelor și calcule teoretice, modelarea fenomenelor optice și cinetice în nanostructuri din semiconductori necristalini, biocompozite și sisteme cu dimensionalitate redusă. 3. Formularea de recomandări practice pentru utilizarea rezultatelor obținute în fonică, optoelectronică și biomedicină.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2023

Vor fi elaborate modele pentru descrierea și interpretarea datelor experimentale referitor la proprietățile luminescente ale compușilor coordinativi cu ioni de pământuri rare și nanocompozitelor din polimeri fotosensibili. Utilizând spectroscopia Raman și de fotoconducție vor fi studiate proprietățile structurale și distribuția spectrală a fotocurentului în compuși masivi și straturi subțiri de semiconductori necristalini nanostructurați sintetizați în cadrul proiectului. Va fi efectuată analiza datelor experimentale obținute în vederea identificării unor soluții practice cu potențial de aplicare. Vor fi analizate modele teoretice ce descriu regimurile de distribuție a densității electronilor și conductibilitatea electrică în structuri de dimensionalitate redusă. În procesul studiului și modelări proprietăților optice și cinetice în nanostructuri se vor ține cont de diferite mecanisme de împrăștiere a purtătorilor de sarcină datorită interacțiunii cu fononii, impurităților ori suprafeței nanostructurilor. Vor fi formulate recomandări practice de utilizare a rezultatelor obținute.

4. Acțiunile realizate

1. Au fost generalizate datele experimentale referitor la proprietățile fotoluminescente ale compușilor coordinativi cu ioni de Eu(III), determinat mecanismul de absorbție și transfer a energiei către ionii de Eu și calculați parametrii principali ai procesului de emisie a luminii.

2. Au fost interpretate spectrele micro-Raman și distribuția spectrală a fotocurentului în compuși necristalini nanostructurați din sistemul As-S-Sb-Te, sintetizați în cadrul prezentului proiect.

3. Au fost studiate modele teoretice ale unor sisteme cuantice de dimensiuni reduse (nanofire și structuri cu gropi cuantice), modele de nanoclastere multicentru, influența câmpului magnetic ca factor de control pentru comutarea tipului de conductivitate electrică, determinate condițiile de utilizare a fenomenelor descrise.

4. A fost elaborat un model teoretic al procesului de peroxidare în biocompozite, găsite soluții analitice care descriu efectul sinergiei vitaminelor E și C în procesul de peroxidare a lipidelor, determinate condițiile de protejare antioxidantului lipidic (α -tocoferol) împotriva consumului.

5. Rezultatele obținute în cadrul proiectului au fost generalizate și formulate recomandări de utilizare în practică a lor.

5. Rezultatele obținute

Model pentru interpretarea fotoluminescenței în compușii coordinativi cu ioni de Eu(III).

Compușii coordinativi bazați pe ioni trivalenți de europium (Eu^{3+}) sunt extrem de atractivi în calitate de materiale cu potențial de aplicare în diverse domenii. 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 structurale, termogravimetrice, optice și fotoluminescente. Pentru caracterizarea fotoluminescenței compușilor studiați a fost asamblat un montaj experimental pentru înregistrare a spectrelor de excitare și emisie în domeniul spectral 300–750 nm. Au fost modificate instalațiile experimentale DFS-52 și MDR-23 (rezoluția 0.2 cm^{-1} și 0.125 nm respectiv) pentru sporirea sensibilității înregistrării.

Măsurătorile spectrelor de fotoluminescență pentru diferiți compuși cu Eu^{3+} au arătat date similare, diferența fiind în amplitudinea semnalului 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+} , $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_J$ ($J = 0-4$) (Fig. 1). 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 prezintă benzi 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 (C_i) 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 ($\sim 300-420 \text{ nm}$) 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).

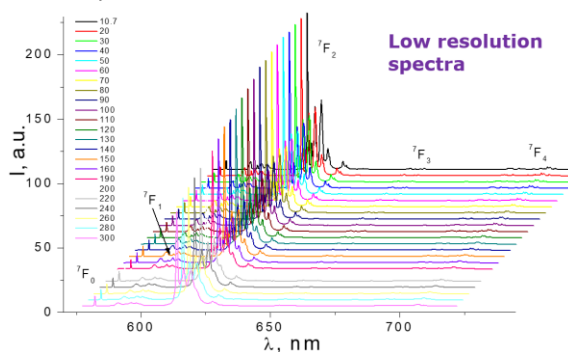


Fig. 1. Spectrul de emisie al compusului dinuclear $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2 \cdot \text{phen}$ la diferite temperaturi.

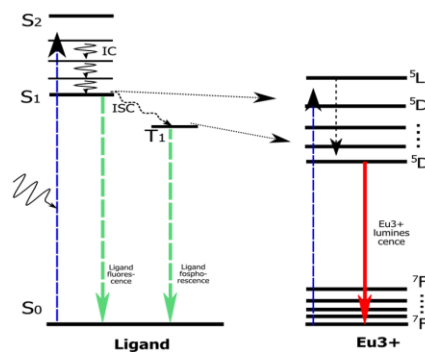


Fig. 2. Schema mecanismului de fotoluminescență în compușii coordinativi cu ioni trivalenți de europiu.

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 de circa 50% în mediu pentru diferiți compuși. 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. Diagrama reprezentată în Fig. 2 ilustrează schematic acest mecanism.

Ne cătând la proprietățile 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 înaltă a emisiilor. Una dintre modalitățile posibile de a depăși aceste probleme este de a încorpora complexii cu Ln într-o matrice de polimer pentru a obține un material compozit mai stabil, ceea ce ar fi tehnologic mai convenabil. Eforturile actuale de cercetare sunt concentrate pe realizarea de materiale nanocompozite care ar prezenta proprietăți termo-mecanice îmbunătățite, în comparație cu complexii cu Ln, care sunt solicitate pentru aplicații practice în optoelectronică. În cadrul proiectului au fost fabricate nanocompozite $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2 \cdot \text{phen}/\text{PEPC}$ (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, comparabile cu cele ale compușilor primari. Rezultatele de fotoluminescență obținute se încadrează în mecanismele cunoscute de luminescență a compușilor coordinativi cu ioni de Eu^{3+} . 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.

Spectroscopia micro-Raman a semiconductorilor necristalini nanostructurați As-S-Sb-Te.

Spectroscopia micro-Raman este o metodă foarte eficientă pentru a obține informații relevante referitor la structura locală a semiconductorilor necristalini, în special când structura compușilor materialelor investigate variază. În Fig. 3 sunt prezentate spectrele micro-Raman (SMR) pentru probele masive (a) și straturile subțiri amorfe (b) pentru compusul calcogenic cuaternar $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$, dar și imaginile SEM pentru diferite suprafețe investigate. SMR pentru probele masive și straturile subțiri amorfe, înregistrate pentru diferite porțiuni ale suprafeței (z), sunt identice pentru diferite intensități ale semnalului de excitare. În SMR ale compușilor masivi $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ putem observa câteva benzi puternice de vibrație situate la frecvențele $\nu=146$ și 220 cm^{-1} , care pot fi asociate cu modurile de vibrație ale inelelor S_8 , dar și altele situate la $\nu=187 \text{ cm}^{-1}$ (As_4S_4), $\nu=234 \text{ cm}^{-1}$ (As-As), $\nu=273 \text{ cm}^{-1}$ (As_4S_3) și $\nu=345\text{-}362 \text{ cm}^{-1}$ ($\text{AsS}_{3/2}$), respectiv. În SMR a straturilor subțiri $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ benzile modurilor de vibrație sunt situate la $\nu=119 \text{ cm}^{-1}$ (Te-Te), $\nu=138 \text{ cm}^{-1}$ (Te-Te), și $\nu=258 \text{ cm}^{-1}$ (Sb-O), respectiv.

Investigații analogice au fost efectuate pentru probe masive, pulberi și straturi subțiri amorfe ale compușilor $\text{As}_{1.04}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{0.96}\text{Te}_{0.60}$, $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$, $\text{As}_{0.56}\text{S}_{2.4}\text{Sb}_{1.44}\text{Te}_{0.60}$. Imaginile SEM înregistrate pentru straturi subțiri indică o uniformitate caracteristică și o omogenitate de structură a probelor investigate. În același timp, pentru unele porțiuni ale suprafeței se observă careva incorporații microcristaline în matricea rețelei stratului de origine amorfă.

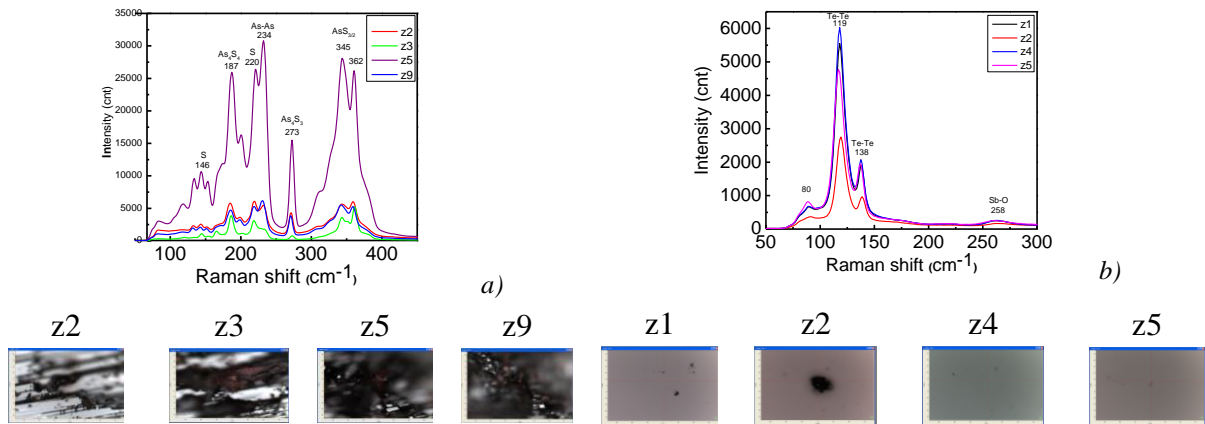


Fig. 3. SMR pentru compuși masivi $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ (a) și straturi amorfe ($0.135 \mu\text{m}$) (b); imaginile SEM pentru porțiunile de suprafață investigată z (mărirea 50x).

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 $0.2-0.5 \mu\text{m}$. Fig. 4(a) a reprezintă distribuția spectrală a curentului fotoelectric staționar $I_{ph}=f(\lambda)$ pentru straturile amorfe $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ la aplicarea polului pozitiv (1 V) a sursei de curent către electrodul din Al de la suprafață iluminată. Poziția maximului curentului fotoelectric staționar corespunde energiilor fotonilor 2.66 eV pentru $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$, 2.30 eV pentru $\text{As}_{1.04}\text{S}_{2.40}\text{Sb}_{0.96}\text{Te}_{0.60}$, și 2.38 eV pentru $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$. Au fost observate unele maximuri adiționale la energiile 1.35 eV pentru filmele $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ și 2.64 eV, 1.75 eV, 1.44 eV pentru filmele $\text{As}_{0.63}\text{S}_{2.70}\text{Sb}_{1.37}\text{Te}_{0.30}$. Aceste maximuri pot fi asociate cu prezența fazelor amorfe și nanocristaline ale unităților de structură As_2S_3 , Sb_2S_3 și Sb_2Te_3 . Curbele de relaxare a curentului fotoelectric sunt prezentate în Fig. 4(b,c). Cinetica curentului fotoelectric se încadrează în conceptul general al teoriei privind comportare curenților tranzitorii în materialele amorfe.

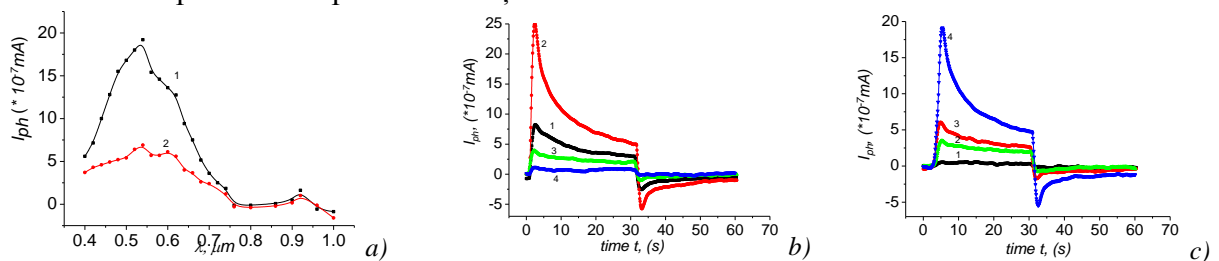


Fig. 4. Distribuția spectrală a curentului fotoelectric staționar pentru straturile amorfe $\text{As}_{1.17}\text{S}_{2.7}\text{Sb}_{0.83}\text{Te}_{0.40}$ (1 - valoare maximă și 2 - staționară a curentului fotoelectric) (a); cinetica curentului fotoelectric transient pentru diferite lungimi de undă de excitare (b); cinetica curentului tranzitoriu la diferite intensități ale luminii de excitare ce corespund maximului de fotosensibilitate (c).

Sisteme cuantice cu dimensionalitate redusă.

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. Factorii cheie ai modelului sunt: centrele legate prin

tunelare; câmpul electric extern de joasă frecvență; modurile de vibrație ale mediului ligand; electronul de tunelare. 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 eficiență 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 nanostructuri dopate într-un câmp magnetic transversal. Au fost luate în considerare nanostructurile de tip groapă cuantică (GQ) și fir cuantic (FQ). Astfel de nanostructuri se caracterizează prin conductivitate electrică metalică. Din starea de neutralitate electrică, pentru implementarea tipului metalic de conductivitate electrică, s-a determinat potențialul chimic și s-au făcut estimări ale concentrației de impurități și a temperaturii. Au fost calculate dependențele conductivității electrice de intensitatea câmpului magnetic pentru firele și gropile cuantice parabolice (FQP și GQP). S-a demonstrat că un câmp magnetic poate controla tranziția metal-semiconductor. Utilizarea valorilor tipice ale parametrilor FQP arată că condiția de degenerare este bine satisfăcută pentru concentrația liniară a donatorilor $n_D \sim 10^6 \text{ cm}^{-1}$ la temperaturi scăzute și în prezența donatorilor mici. Pentru GQP condiția de degenerare este de asemenea satisfăcută la densități de suprafață a donatorilor mici $n_D^0 \sim 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ și la temperaturi rezonabile. A fost calculată conductivitatea electrică a sistemelor cuantice examinate în câmp magnetic perpendicular pe axa FQ, iar pentru GQ - perpendicular pe axa de cuantificare a dimensiunii. S-a luat în considerare împrăștierea purtătorilor prin vibrațiile de unde lungi ale rețelei cristaline. Este important ca, spre deosebire de materialele masive, în nanostructuri împrăștierea purtătorilor de sarcină prin rugozitatea suprafeței devine esențială. S-a demonstrat, că câmpul magnetic este factorul de control pentru comutarea tipului de conductivitate (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. Au fost examinate cazurile de absorbție a undei electromagnetice ținând cont de procesele de împrăștiere a purtătorilor de sarcină într-un FQP cilindric. Centrul de impurități este descris conform modelului potențialului cu rază zero. Odată 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; 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). Sistemul model pentru descrierea cineticii LPO, ținând cont de contribuțiile α -tocoferolului (vitamina E) și vitamina C sinergistă a acesteia (acid ascorbic), constă din cinci ecuații diferențiale. Efectul de sinergie al vitaminelor E și C a fost luat în considerare prin adăugarea în ecuațiile cinetice pentru forma radicală ($\text{In}\bullet$) și forma restaurată (InH) de α -tocoferol a termenilor, corespunzători aportului reacției

formeii radicale ($\text{In}\bullet$) cu ascorbat în forma sa principală (AscH^-). Acest sistem model este minimal pentru descrierea procesului LPO în etapele sale cheie, iar simplificarea sa ulterioară a fost realizată la analizarea caracteristicilor procesului LPO și luarea în considerare a datelor experimentale. Ca rezultat, au fost obținute expresii analitice pentru concentrațiile a două forme de α -tocoferol [$\text{In}\bullet$] și [InH]. Luând în considerație faptul că concentrațiile de [$\text{In}\bullet$] și [InH] ajung rapid la saturație, s-a obținut o expresie analitică pentru concentrația principalului produs LPO: hidroperoxid lipidic ROOH. În concluzie nivelul maxim de concentrație al produsului LPO (ROOH) este determinat de valoarea parametrului α (Fig. 5), care crește odată cu creșterea I_1 și odată cu scăderea concentrației R_1 (radical lipidic ROO \bullet). Efectul sinergic protejează principalul antioxidant lipidic (α -tocoferol) împotriva consumului, restabilindu-l rapid. Ca rezultat, acțiunea combinată a α -tocoferolului și ascorbatului reduce semnificativ rata de peroxidare a lipidelor și nivelul maxim de acumulare de ROOH. 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).

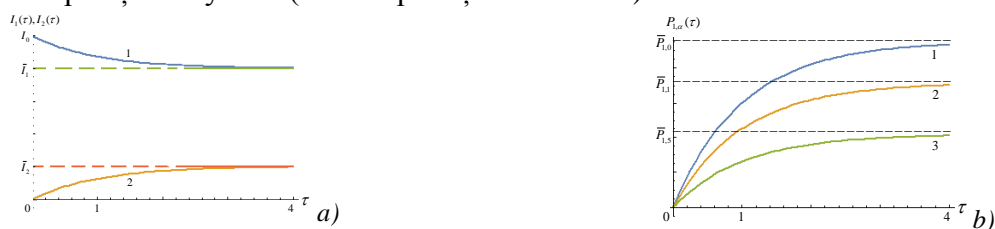


Fig. 5. Cinetica concentrațiilor a două forme de inhibitor (timp în unități relative $\tau=\gamma t$). Curba 1 este pentru forma restaurată $I_1=[\text{InH}]$, iar curba 2 este pentru forma radicală $I_2=[\text{In}\bullet]$ (a) și concentrației produsului LPO $P_{1,\alpha}(\tau)$ (timpul în unități relative $\tau=k_d t$). Curba 1 – pentru $\alpha=0$, curba 2 – $\alpha=1$, iar curba 3 – $\alpha=5$, unde $\alpha=(k_{i1}I_1/k_{2,r}R_1)$.

Este propus un model cinetic al răspunsului imun al organismului la o încărcătură virală. Modelul ia în considerare atât componentele celulare, cât și umorale ale răspunsului imun. Se ține cont de interacțiunea limfocitelor de tip T și B. În plus, a fost luat în considerare efectul întâzierii formării anticorpilor. Pentru acest model cinetic a fost efectuată o analiză numerică pentru anumite valori ale parametrilor modelului. S-a arătat posibilitatea implementării a trei moduri principale de comportament în sistem: i) modul de creștere nelimitată a numărului de antigen și o scădere critică a numărului de limfocite de tip T (prognostic nefavorabil al bolii); ii) modul de echilibru dinamic în sistemul „antigen-limfocit T” (prognostic satisfăcător al bolii); iii) modul de reducere rapidă a numărului de antigene, creștere adecvată și atingere a valorilor staționare ale numărului de celule imune (prognostic favorabil al bolii). Modelarea numerică arată posibilitatea implementării diferitelor scenarii pentru evoluția bolii, precum și posibilitatea monitorizării și gestionării procesului.

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.

În baza rezultatelor experimentale obținute în cadrul proiectului 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 gama 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 luminofore 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 "mie-z-înveliș") au valoare practică ca elemente ale unui experiment de calcul. Un experiment de calcul ocupă o poziție intermediară între un experiment la scară completă și un studiu analitic, iar la stadiul actual devine principalul instrument de modelare matematică, deoarece se ocupă nu de obiectul (fenomen, proces) în sine, ci de modelul său, care permite investigarea rapidă, în siguranță și fără costuri semnificative, a proprietăților și comportamentul obiectului în diferite situații. 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. Este important ca studiul numeric al modelului să facă posibilă determinarea diferitelor caracteristici ale proceselor, optimizarea proiectelor și modurilor de operare ale dispozitivelor proiectate și chiar descoperirea de noi procese, efecte și proprietăți. 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: a) deoarece modelul răspunsului imun la încărcătura virală arată posibilitatea implementării diferitelor scenarii pentru evoluția bolii, acesta este aplicabil pentru precizarea rezultatului bolii, pe baza datelor experimentale din analizele clinice; b) modelul efectului de sinergie al vitaminelor E și C face posibilă analiza și compararea datelor experimentale; c) 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. Nanoclusterele "nucleu-înveliș" sunt promițătoare ca

platforme pentru etichete de identificare a celulelor, coloranți fluorescenți, enzime și molecule de medicamente. Capacitatea de a controla momentul dipolului și distribuția sarcinii într-un nanocluster, prezentată în modelul de localizare a electronilor, este importantă pentru livrarea medicamentelor imobilizate pe învelișul unui astfel de nanocluster și pentru crearea de biosenzori; *pentru optoelectronică*: a) dependențele analitice obținute în raport cu valoarea 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; b) de asemenea, sunt solicitate pentru senzori și dispozitive optoelectronice materiale compozite nanostructurate (masive sau straturi subțiri) cu nanoclustere ”miez-înveliș” încorporate în matrice, deoarece au un moment dipol controlat de un câmp electric extern, care determină proprietățile lor de polarizare și pot absorbi sau transmite selectiv radiații electromagnetice polarizate.

6. 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. 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.

7. Colaborare la nivel național și 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 Șevcenco” din Tiraspol. În anul în curs 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:

- 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 Politehnica București, România), Institutul Național pentru Cercetare-Dezvoltare pentru Optoelectronică INOE-2000 (București-Măgurele, România) și Universitatea de Stat din Gomel (Gomel, Belarus).

Publicații comune:

- 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 Lett.* 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 $[Eu(\mu_2-OC_2H_5)(bfta)(NO_3)(phen)]_2phen$ and mononuclear $Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2$ complexes. În: Proc. SPIE, Vol. 12493. Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies XI, 2022, Constanta, Romania, p. 1249305-1—1249305-5.
- Culeac, I.; Enachescu, M.; Borșcirov, V.; Verlan, V.; Cojocaru, I.; Iovu, M.; Jderu, A.-A.; Dorobantu, D. Sistem și procedeu de paza bazate pe tehnologia cu fibra optica, cu localizarea interventiei neutrizate in sistemul de paza. Decizie pozitiva de acordare a brevetului OSIM (Romania) din 14.11.2023 No 10 56383.

8. Dificultățile în realizarea proiectului (financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.)

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

- 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 anul în curs 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 încheată 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.

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 $\text{Eu}_x(\text{Cht})_{1-x}$ (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 $[\text{Eu}(\mu_2\text{-OC}_2\text{H}_5)(\text{btfa})(\text{NO}_3)(\text{phen})]_2 \cdot \text{phen}$ (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. 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).

12. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2023 de membrii echipei proiectului

-

13. Concluzii

Conducătorul de proiect: **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 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 a 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 Europiu. 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 compușii studiați a fost determinat 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. Aceste rezultate prezintă interes pentru potențiale aplicații în optoelectronică și la elaborarea de senzori.

Utilizând spectroscopia Micro-Raman au fost studiate proprietățile structurale a probelor masive și a straturilor subțiri amorfe din semiconductorii cuaternari nanostructurați $As_{1,17}S_{2,7}Sb_{0,83}Te_{0,40}$, $As_{1,04}S_{2,4}Sb_{0,96}Te_{0,60}$, $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$ și $As_{0,56}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$. 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 ale lumini de excitare. Rezultatele acestor investigații prezintă perspectivă pentru elaborarea și fabricarea dispozitivelor optoelectronice.

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 luminofore 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- $[(Eu(TTA)_3(Ph_3PO)_2)]$ and biclear coordination compounds $[(Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)NO_3)(phen)]_2 \cdot phen$ were compared, which have showed similar properties. The photoluminescence mechanism in the studied compounds can be interpreted based on the Dexter/Förster model with energy transfer from ligands to Europium 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 studied compounds was determined to be about 50%. $[Eu(\mu_2-OC_2H_5)(btfa)(NO_3)(phen)]_2 \cdot phen/PEPC$ (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. These results are of interest for potential applications in optoelectronics and sensor development.

Using Micro-Raman spectroscopy, the structural properties of bulk samples and thin amorphous layers of nanostructured quaternary semiconductors $As_{1,17}S_{2,7}Sb_{0,83}Te_{0,40}$, $As_{1,04}S_{2,4}Sb_{0,96}Te_{0,60}$, $As_{0,63}S_{2,7}Sb_{1,37}Te_{0,30}$ and $As_{0,56}S_{2,4}Sb_{1,44}Te_{0,60}$. 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. The results of these investigations are promising for the design and fabrication of optoelectronic devices.

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.

Conducătorul de proiect: **Iovu Mihail** _____

LȘ

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 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. 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).
3. 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).
4. 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. *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).
5. Kanarovskii, E.Yu.; Yaltychenko, O.V. onsideration of the Synergy of Vitamins E and C in the Kinetic Model of Lipid Peroxidation. *Surface Engeeniringand 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

6. 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.
7. 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

4.4. în alte reviste naționale

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

8. 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).

9. 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)

10. 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).

11. 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

12. 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, Chişinău, Moldova Republic, V.II, p. 151-154.
13. Ghenea, V. Photoluminescence Method as a Tool for Investigation Optical Properties of Coordination Compounds with Eu(III). Conferinţa Ştiinţifică „Ştiinţă şi educaţie: noi abordări şi perspective”, Chişinău, Republica Moldova, 24-25 martie 2023, Vol. III – p. 334-337. Doi: 10.46727/c.v3.24-25-03-2023.

7. Teze ale conferinţelor ştiinţifice

- 7.1. în lucrările conferinţelor ştiinţifice internaţionale (peste hotare)
- 7.2. în lucrările conferinţelor ştiinţifice internaţionale (Republica Moldova)
- 7.3. în lucrările conferinţelor ştiinţifice naţionale cu participare internaţională
- 7.4. în lucrările conferinţelor ştiinţifice naţionale

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

8. Alte lucrări ştiinţifice (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

14. Culeac, I.; Enachescu, M.; Borşcirov, 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 neutorizate in sistemul de paza. *Decizie pozitiva de acordare a brevetului OSIM* (Romania) din 14.11.2023 No 10 56383.

10. Lucrări ştiinţifico-metodice și didactice

- 10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobat de ministerul de resort)
- 10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobat de consiliul științific /senatul instituției)
- 10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

**Executarea devizului de cheltuieli,
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2023**

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.14

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	1417,8		1417,8
Contribuții de asigurări de stat obligatorii	212100	340,3		340,3
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	20,9		20,9
Indemnizații pentru incapacitatea temporară de muncă achitate din mijloacele financiare ale angajatorului (0,2% din 211180)	273500	2,7		2,7
Alte prestații sociale ale angajatorilor	273900		+ 50,0	50,0
Procurarea pieselor de schimb	332110	8,3		8,3
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	0,7		0,7
Total		1790,7	50,0	1840,7

Rector USM **Șarov Igor** _____

Contabil șef **Cojocaru Liliana** _____

Conducătorul de proiect **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

Componența echipei conform contractului de finanțare 2023
Cifrul proiectului: 20.80009.5007.14

Echipei proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2023						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Sineavschii Elerlanj	1938	Dr.hab.	0,5	03.01.2023	21.09.2023
2.	Iovu Mihail	1946	Dr.hab.	1,00	03.01.2023	22.12.2023
3.	Culeac Ion	1951	Dr.	1,00	03.01.2023	
4.	Iaseniuc Oxana	1980	Dr.	1,00	03.01.2023	
5.	Cojocaru Ion	1958	Dr.	1,00	03.01.2023	
6.	Ialtîcenco Olga	1968	Dr.	1,00	03.01.2023	
7.	Nastas Andrian	1972	Dr.	1,00	03.01.2023	
8.	Sergheev Serghei	1949	Dr.	1,00	03.01.2023	
9.	Verlan Victor	1942	Dr.	1,00	03.01.2023	
10.	Culeac Ion	1951	Dr.	0,50	03.01.2023	
11.	Iaseniuc Oxana	1980	Dr.	0,50	03.01.2023	
12.	Bordian Olga	1987		0,50	03.01.2023	
13.	Canarovschii Evghenii	1967		1,00	03.01.2023	
Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare						0,09

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2023					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					
2.					
Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor					

Rector USM **Șarov Igor** _____

Contabil șef **Cojocaru Liliana** _____

Conducătorul de proiect **Iovu Mihail** _____

Data: _____

LȘ

