

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru
Cercetare și Dezvoltare _____
_____ 2021

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2021

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

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

„Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor
termoelectrice cu eficiență înaltă”

20.80009.5007.08

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Conducătorul proiectului dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

Vasile Tronciu
(semnătura)

Rector U.T.M. dr. hab. Viorel BOSTAN
(numele, prenumele)

V. Bostan
(semnătura)

Consiliul științific UTM dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

Vasile Tronciu
(semnătura)



Chișinău 2021

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Proiectarea diodelor laser de luminozitate înaltă cu mediu activ gropi și puncte cuantice. Optimizarea eficienței termoelectrice în cristale organice de TTT_2I_3 și de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$

2. Obiectivele etapei anuale

1. Ajustarea modelului ecuațiilor ratelor (1D) și a modelului undelor progresive (2D) pentru lasere GaN cu puncte cuantice. Pregătirea unui pachet software pentru simularea numerică a dinamicii laserului cu puncta cuantice. Compararea comportamentului laserelor cu puncte cuantice și cu gropi cuantice.

2. Modelarea eficienței termoelectrice în funcție de concentrația purtătorilor de sarcină și de temperatură în cristale organice de TTT_2I_3 de tip p și în cristale de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ de tip n. Construirea graficelor dependențelor respective.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Se vom propune dispozitive laser cu proprietăți de luminozitate înaltă. Vor fi determinați parametri optimi pentru observarea fenomenului de sincronizare în laserele GaN cu mediu activ puncte cuantice. Cercetarea mecanismelor responsabile de generarea fenomenelor de autopulsății, sincronizare și excitabilitate în laserele cu puncte cuantice GaN. Vor fi propuse noi modele și structuri cu aplicații în controlul sistemelor complexe (nanotehnologii, medicină, etc.). Pentru cristalele de tipul TTT_2I_3 vor fi determinați parametri precum temperatura și concentrațiile purtătorilor de sarcină și ale impurităților la care se obțin valori maxime pentru eficiența termoelectrică. În structuri cristaline cu interfețe nano-dimensionale va fi studiat transportul cuantic galvanomagnetic ce include tranziția semiconductor-semimetal, precum și posibile noi armonici în spectrul oscilațiilor cuantice. Se vom efectua testarea posibilității aproximării ecuațiilor diferențiale ce descriu laserele semiconductoare cu ajutorul rețelelor neuronale.

2. Modelul ecuațiilor ratelor (1D) și cel al undelor progresive (2D) vor fi ajustate pentru lasere GaN cu puncte cuantice. Va fi elaborat un program software pentru simularea numerică a dinamicii laserului cu puncte cuantice. Se va efectua o comparație a comportamentului laserelor cu puncte cuantice față de cel cu gropi cuantice. Se vor obține ecuațiile ce descriu dinamica sistemelor complexe și se vor elabora algoritmi pentru simulări numerice. Ca rezultat al investigațiilor proprietăților cristalelor organice $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ se vor obține valorile concentrațiilor purtătorilor de sarcină și ale impurităților pentru eficiență termoelectrică înaltă. Se va obține dependenta coeficientului tensiunii electromotoare termomagnetice de inducția câmpului magnetic în izolatorul topologic 3D. Vor fi elaborate recomandări pentru realizări în practică a dispozitivelor cu eficiența înaltă.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Pentru lasere GaN a fost ajustat modelul ecuațiilor Bloch pentru feedback dublu. S-au utilizat ecuațiile ce includ polarizarea. Ulterior s-a elaborat un program soft pentru efectuarea de calcule numerice, iar ca rezultat s-au trasat distribuția modurilor exterioare în planul a doi parametri. S-a demonstrat ca în cazul laserului cu puncte cuantice spre deosebire de cele cu

gropi cuantice distribuția este sub formă de clopot dar nu de elipse.

2. Au fost propuse dispozitive laser noi de tipul DBR cu proprietăți utile pentru aplicații precum generarea armonicii a doua, spectroscopia, metrologia cuantică și comunicarea optică.

3. Au fost efectuate investigații privind generarea de impulsuri de către un laser excitabil DFB cu reflector pasiv dispersiv încorporat. Au fost determinați parametrii laserului pentru cazul de auto pulsații și de funcționare a sistemului în regim de excitabilitate.

4. Cercetarea și maparea rețelelor neuronale Hopfield pe structuri hardware de tip FPGA, analiza aplicativă a acestora. Modelarea sistemelor dinamice reconfigurabile și propunerea unor noi structuri hardware pentru controlul sistemelor complexe.

5. Au fost efectuate calcule numerice pentru spectrul renormat al fononilor în aproximația 3D, pentru cristalele quasi-unidimensionale de TTT_2I_3 și $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$, la diferite concentrații ale purtătorilor de sarcină. Au fost construite dependențele spectrului renormat al fononilor $\Omega(qx)$ pentru diferite valori ale quasi-vectorilor de undă a fononilor în proiecții pe axele y și z , qy și qz , la diferite temperaturi în cristalele de TTT_2I_3 și $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$. A fost determinată temperatura de tranziție Peierls în ambele cristale.

6. Au fost determinați parametri liberi din modelul fizic pentru cristalele de TTT_2I_3 și de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$, precum temperatura și concentrația purtătorilor de sarcină majoritari pentru care aceste cristale ating eficiență termoelectrică maximă.

7. Au fost trasate graficele de dependență ale parametrului termoelectric de calitate ZT pentru ambele cristale ca funcție de temperatură și ca funcție de concentrația purtătorilor de sarcină majoritari din fiecare cristal și au fost identificate valorile acestor parametri pentru care materialul atinge eficiență termoelectrică maximă.

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

Laserele semiconductoare au devenit indispensabile în societatea modernă. Astăzi activitatea de zi cu zi este inimaginabilă fără computere personale, acces internet, imprimante laser, display-uri etc., a căror funcționare este bazată pe dispozitive laser. Laserele semiconductoare sunt utilizate pe larg într-un șir de domenii, cum ar fi medicină, comunicații optice, industria chimică, sisteme CD, DVD, BD, mecanică și măsurători, spectroscopie, sisteme display și multe altele. Progresele recente înregistrate în dezvoltarea de noi dispozitive optoelectronice pe bază de GaN au impulsat cercetările tehnologiilor de creștere a structurilor cu puncte cuantice. Având în vedere acest lucru, am studiat laserul cu mediu activ puncte cuantice sub influența feedback-ului optic. Am obținut că modurile cavității externe pentru intensități mici ale feedback-ului sunt distribuite sub forma de „clopot”. La valori mari ale intensității feedback-ului se constată apariția sateliților de forma unor elipse deformate.

Menționăm că în ultimii ani, laserele de mare putere cu reflectoare Bragg distribuite (DBR) au atras un interes din ce în ce mai mare, deoarece ele permit funcționarea cu un singur mod longitudinal la o lățime de linie spectrală mică. Astfel de dispozitive sunt solicitate de o serie de aplicații emergente, cum ar fi generarea armonicii a doua, spectroscopia, metrologia cuantică și comunicarea optică. Sunt raportate rezultatele studiului teoretic al proprietăților dinamice ale laserelor DBR supuse unui

feedback optic extern de la o oglindă situată la distanță. La dispozitivul considerat a fost adaptat modelul Lang-Kobayashi (LK). Parametrii adaptați: factorul Henry, durata de viață a fotonului, intensitatea feedback-ului și indicele modal de grup care intră în modelul LK depind puternic de lungimea de undă a laserului solitar. Stările staționare calculate cu modelul complet și cu cel adaptat LK arată un acord bun. Reflectivitatea și faza externă, precum și lungimea de undă a laserului solitar au fost considerate ca parametri de bifurcare. Astfel, a fost cercetat impactul acestor parametri asupra stabilității stărilor staționare. Analiza bifurcațională a ecuațiilor Lang-Kobayashi pentru acțiuni foarte îndelungate a feedback-ului confirmă formula simplă Helms-Petermann pentru limita de stabilitate calculată și cu parametri renormalizați. Dacă întârzierea feedback-ului și perioada oscilațiilor de relaxare sunt de același ordin, atunci deja la 60 cm distanță între laser și oglindă apar contribuții suplimentare care variază nemonoton cu dezacordul. Aceste caracteristici sunt un efect specific al laserelor DBR, a căror frecvență de oscilație a relaxării variază considerabil cu dezacordul. Prin aplicarea formulei Helms-Petermann renormalizată, s-ar putea ajunge la o limită de stabilitate foarte mare, apropiată de 100%, reducând drastic constanta de cuplare κ a rețelei DBR. Aceste rezultate oferă posibilitatea unei comunicări tolerante la reflexie cu lasere DBR ieftine și compacte.

Este cunoscut că aplicațiile precum comunicarea în spațiul liber, spectroscopia și frecvența neliniară necesită dispozitive cu difracție spațială limitată și emisie spectrală în bandă îngustă la o putere de ieșire de câțiva wați. Amplificatorul de putere (PA) a oscilatorului master (MO) integrat monolitic devine un candidat bun al dispozitivelor cu o calitate bună a fasciculului și o lungime de undă stabilă care funcționează într-un interval de zeci de wați. Este bine cunoscut faptul că această stabilitate este obținută prin utilizarea unui MO fie un DBR, fie un laser cu feedback distribuit (DFB) conectat la amplificator într-un singur cip. Astfel, partea îngustă a MO este introdusă pentru selectarea unui singur mod lateral laser, care este puternic amplificat în partea conică a PA a dispozitivului. Sunt raportate rezultatele teoretice și experimentale privind stabilitatea lungimii de undă în amplificatoarele de putere a oscilatorului master cu DBR multi-secțiuni monolitice. Pentru a calcula puterea optică emisă și hărțile spectrale a fost utilizat modelul 2D a ecuației undelor progresive. S-a demonstrat influența reflectivității fațetei frontale asupra comportamentului laserului. Au fost prezentate dependențele atât experimentale, cât și calculate numeric ale puterii de ieșire în funcție de curentul injectat în preamplificator pentru diferiți curenți injectați în oscilatorul master. S-a realizat o optimizare a funcționării laserului, astfel încât pentru o gamă largă de curenți injectați în regiunea activă, laserul emite o putere de ieșire stabilă în timp. Rezultatele numerice sunt în acord calitativ cu caracteristicile experimentale obținute de colegii noștri din Germania.

S-au efectuat investigații privind generarea de impulsuri de către un laser excitabil DFB cu reflector pasiv dispersiv încorporat. A fost obținut setul de parametri atunci când sistemul funcționează în regim de autopulsații și de excitabilitate. În regimul excitabil, în sistem a fost injectată o mică perturbare și a fost analizat răspunsul lui. La ieșire din laser s-au obținut impulsuri simetrice. Creșterea raportului dintre durata de viață a purtătorului și a fotonului reduce amplitudinea impulsurilor. De asemenea, au fost injectate în sistem secvențe ale perturbațiilor și a fost analizat răspunsul lor. S-a constatat că la perturbații mici nu se observă nici un răspuns. Pe de altă parte, atunci când perturbația este mărită, s-a observat un răspuns periodic. Astfel de impulsuri pot fi utilizate în sistemele de comunicare optică.

În cadrul proiectului au mai fost efectuate cercetări ale structurilor bicristaline cu interfețe de dimensiuni de nanometri, la orientarea câmpului magnetic de-a lungul interfețelor cristaline și a fost depistată dependența valorilor mărimilor care caracterizează fenomenele de transport de inversarea câmpului magnetic. Ca rezultat pentru o anumită orientare a câmpului magnetic, axele principale ale suprafețelor izoenergetice ale purtătorilor de sarcină ale interfețelor cristaline nu coincid cu axele cristalografice ale cristalitelor și că în spațiul k în transferul de sarcină sunt implicate două tipuri de purtători de sarcină cu localizare diferită. În structurile bicristaline, dincolo de limita cuantică, se observă o caracteristică remarcabilă în câmpurile magnetice mari, unde purtătorii de sarcină ocupă doar cel mai scăzut nivel Landau și deplasarea marginii benzii energetice are loc în funcție de raportul dintre spin și scindarea nivelului orbital. Astfel, pentru un câmp magnetic orientat de-a lungul interfeței cristaline, primul maxim în dependențele $\Delta\rho(B)/\rho$ pentru bicristalele cu unghiuri mici de dezorientare a cristalitelor este înregistrat la aceeași valoare a câmpului ca și pentru monocristale. Acest fapt sugerează că în cristalite se induce o tranziție semiconductor - semi-metal. Pentru câmpuri magnetice mai mari au fost depistate al doilea și al treilea maxime suplimentare. Apariția acestor maxime demonstrează apariția unei tranziții semiconductor - semi-metal în straturile adiacente și, respectiv, central ale interfețelor cristaline. Ambele maxime apar la valori diferite ale câmpurilor pentru bicristale cu diferite unghiuri de dezorientare. Tranzițiile apar și la valori destul de diferite ale lui B ; prin urmare, masa ciclotronică a purtătorilor de sarcină în cristalite și în regiunea interfețelor cristaline în bicristalele cu unghiuri mici de dezorientare a cristalitelor ar trebui să difere considerabil. Aceasta implică o creștere semnificativă a interacțiunii spin orbitale la interfețe și existența unor stări energetice fără bandă interzisă la interfața bicristalului. S-a depistat că spectrul oscilațiilor cuantice ale tensiunii termomagnetice conține frecvențe specifice cristalitelor și frecvențe specifice părții centrale a interfeței cristaline și părților adiacente ei. Dependențele tensiunii termomagnetice de inducția câmpului magnetic la interfețele studiate prezintă în mod clar caracteristici tipice izolatorilor cuantici tridimensionali: ajung la saturație sau cresc treptat, iar indicele de nivel Landau este extrapolat la 0,5 dacă valoarea inversă a câmpului magnetic ce corespunde maximului tensiunii termomagnetice tinde spre zero.

Progresele recente în inteligența artificială sunt în mare măsură atribuite dezvoltării rapide a învățării automate, în special în modelele de algoritmi și rețele neuronale. Rețelele neuronale sunt utile în aplicațiile care necesită o cartografiere neliniară între două seturi de date, cum ar fi, de exemplu, în cazul problemelor de optimizare. În particular, un interes aparte îl prezintă rețelele neuronale Hopfield. La fel ca în cazul altor modele de rețele neuronale, aplicațiile lor includ procesarea imaginilor, recunoașterea obiectelor, rezolvarea problemelor de optimizare. Este foarte important de remarcat că factorul care stabilește limita fundamentală a capacității de învățare automată ține de performanța implementării cu resurse hardware/electronice. Astfel, se acceptă că resursa hardware/electronică se află pe calea critică pentru viitorul inteligenței artificiale. În context, trebuie menționat că tehnologia neuromorfică pentru aplicații în domeniul algoritmilor de învățare automată reprezintă un subiect de cercetare de mare perspectivă. La ora actuală, sistemele de ultimă generație pentru învățarea automată sunt proiectate pe dispozitive hardware precum CPU/GPU, TPU, FPGA. În ultimii ani, o tehnologie hardware emergentă care a demonstrat un potențial puternic și capacități pentru implementările de inteligență încorporată este tehnologia FPGA. Inteligența încorporată este un domeniu de cercetare în curs de dezvoltare și are obiectivul de a încorpora algoritmi de învățare

automată și capabilități inteligente de luare a deciziilor în dispozitivele sau sistemele încorporate. Dezvoltarea rapidă a inteligenței încorporate pentru aplicațiile de învățare automată face ca sistemul să devină mult mai complex. Modelele de rețele neuronale utilizate sunt, de asemenea, din ce în ce mai complexe, ceea ce se exprimă prin calculul algoritmic al unui număr semnificativ de parametri ai modelului. În contextul celor expuse, este foarte important să înțelegem impactul parametrilor arhitecturali asupra utilizării resurselor hardware în dispozitivele de tip FPGA. Implementarea hardware folosind FPGA este un subiect de cercetare fierbinte care a atras mult interes și atenție. După cum am menționat mai sus, în particular prezintă interes rețelele neuronale Hopfield. Rețeaua Hopfield este o rețea neuronală recurentă, în care fiecare element de procesare este conectat la toate celelalte elemente. Când se discută despre implementarea sistemelor inteligente de luare a deciziilor bazate pe algoritmi neuronali, se pune problema utilizării eficiente a resurselor hardware pe dispozitivele FPGA. Evident, dependențele dintre parametrii de interes ai sistemelor studiate pot fi găsite prin efectuarea simulărilor. Datele obținute prin simularea totală sau parțială a arhitecturii rețelei neuronale Hopfield pe 32 de biți au permis efectuarea analizei dinamicii utilizării resurselor hardware în funcție de numărul de neuroni implementați (până la 15 neuroni). A fost studiată dinamica utilizării resurselor hardware per total, a căii de date (elementele de procesare) și a resurselor hardware utilizate pentru a asigura conexiunile de rețea pe dispozitivul reconfigurabil FPGA. Se poate observa că cantitatea de resurse hardware utilizate pentru asigurarea conexiunilor de rețea interne crește exponențial, iar de la 7 neuroni și mai mult depășește cantitatea de resurse hardware necesare pentru a sintetiza elementele de procesare (calea de date). În același timp, hardware-ul folosit pentru implementarea căii de date crește aproape liniar. În rezultatul simulărilor efectuate pe diferite circuite FPGA, au fost identificate caracteristicile asociate implementării arhitecturilor de rețele neuronale. În acest context, a fost analizată distribuția utilizării resurselor hardware, ținând cont de variația parametrilor arhitecturali ai rețelei neuronale. Rezultatele obținute pot oferi o bază pentru evaluarea fezabilității implementării arhitecturilor de rețele neuronale pe diferite dispozitive FPGA, ținând cont de capacitățile resurselor hardware. Ca rezultat, numărul total de simulări și timpul necesar dezvoltării sistemului inteligent încorporat pot fi reduse semnificativ. Analiza efectuată se bazează pe anumite dispozitive FPGA ale companiei Intel, care au fost utilizate pentru realizarea experimentelor. Acest fapt nu permite de a extrapola rezultatele obținute la alte familii de circuite FPGA, respectiv de la alți producători. Sub acest aspect problema de cercetare rămâne deschisă.

Pentru cercetarea tranziției metal-dielectric în cristalele organice quasi-unidimensionale de tipul $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ și TTT_2I_3 , a fost aplicat un model fizic nou, mai complet, care ține cont de 2 mecanisme de interacțiune electron-fonon de tipul polaronului și de tipul potențialului de deformare. Au fost deduse expresiile analitice pentru ecuația de dispersie și pentru operatorul de polarizare în aproximația fazelor aleatorii. În baza modelului fizic nou și a expresiilor analitice obținute au fost efectuate modelări numerice ale spectrului renormat al fononilor în aproximația 3D a cristalului organic Q1D de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ și TTT_2I_3 . În cristalul de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ tranziția a fost studiată pentru diferite valori ale concentrației purtătorilor de sarcină. S-a obținut, că odată cu mărirea concentrației purtătorilor de sarcină, temperatura critică Peierls se micșorează considerabil. În cristalele de $\text{TTT}_2\text{I}_{3.1}$ s-a stabilit că tranziția începe să se manifeste la $T = 35 \text{ K}$ și se finisează la $T = 19 \text{ K}$. A fost considerată interacțiunea dinamică a golurilor de conducție cu defectele rețelei în cristalele de

TTT₂I₃. S-a demonstrat, că interacțiunea gol-fonon și defectele de structură reduc considerabil viteza sunetului într-un interval larg de temperaturi.

A fost modernizat modelul fizic pentru cristalele de TTT₂I₃ și TTT(TCNQ)₂ în care se ține cont de influența temperaturii asupra coeficienților termoelectrice precum conductivitatea electrică longitudinală, coeficientul Seebeck, factorul de putere și parametrul termoelectric de calitate. Au fost realizate calcule numerice și modelări ale parametrului termoelectric de calitate ZT ca funcție de concentrația purtătorilor de sarcină și temperatura cristalului. În rezultat au fost obținute dependențele respective și s-a observat că pentru aplicații termoelectrice, în domeniul de temperaturi 250 - 350 K parametrul ZT practic este constant. Astfel, parametrul ZT atinge valori de până la 3 în cristalele de TTT₂I₃ dacă concentrația golurilor de conducție este micșorată de aproximativ 2 ori. Iar în cristalele de tip *n* TTT(TCNQ)₂ mărirea concentrației electronilor de conducție duce la valori ZT de ordinul unității. Aceste valori sunt de perspectivă pentru diferite aplicații termoelectrice. Pe parcursul etapei de lucru de asemeni a fost completat modelul fizic al cristalelor prin includerea factorului care descrie dilatarea termică a rețelei și au fost considerate defectele rețelei cristaline, activate termic. Construirea dependențelor a permis determinarea direcțiilor de optimizarea a proprietăților termoelectrice în aceste materiale, cât și estimarea concentrației optime pentru purtătorii de sarcină. În cadrul etapei s-a început lucrul asupra modelării unui modul termoelectric format din aceste cristale. Au fost deduse expresiile analitice pentru a descrie acest modul și au fost realizate calcule numerice pentru voltajul generat în condițiile aplicării unui gradient de temperatură. S-a apreciat influența ajustării concentrației purtătorilor de sarcină asupra voltajului generat de modulul termoelectric

6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

Vezi anexa 1A.

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

Rezultatele științifice obținute în cadrul proiectului au impact științific atât pe plan național, cât și internațional. Lucrările au fost publicate în reviste cotate în străinătate, în care a fost inclusă afilierea la Republica Moldova și referință la cifrul proiectului.

8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

Cercetările din cadrul proiectului se efectuează în cadrul Laboratorului de cercetare a dispozitivelor laser și a materialelor nanostructurate – 3-314. Recent acest laborator a fost renovat și acum fiecare membru al grupului de cercetare are acces la server și la calculatoarele instalate în laborator. Calculele numerice au fost efectuate la serverul pe care îl avem în cadrul laboratorului. Datele experimentale au fost furnizate de către colegii noștri din Germania.

9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

În perioada realizării proiectului am avut discuții cu colegii noștri de la Universitatea de Stat din Moldova Facultatea de Fizică și Inginerie cu grupul domnului profesor Denis Nica și cu colegii de la Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu” din Republica Moldova cu grupul domnului conf. dr. Nelly Ciobanu. În plus, frecvent avem discuții cu colegii de la Institutul de Fizică Aplicată. De asemenea colaborăm cu întreprinderea Micro-fir

Tehnologii Industriale în direcția de analiză și cercetare a mostrelor de micro-fire și a aspectelor de control a sistemului/procesului tehnologic de tragere a micro-firelor.

10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

În cadrul proiectului am continuat cooperarea cu partenerii noștri din Germania. În această perioadă am pregătit pentru publicare 3 lucrări științifice comune. Două dintre ele au fost acceptate în reviste cu impact factor de 2.15 și 2.38. O a treia lucrare în care sunt implicați un doctorand din Moldova și altul din Germania a fost expediată la o altă revistă cu impact factor de 2.08. Am convenit cu partenerii din Germania să continuăm parteneriatul în vederea schimbului de date experimentale și publicarea lucrărilor comune.

11. Dificultățile în realizarea proiectului

Regretam că din cauza COVID19 au fost anulate unele deplasări.

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

Lista forurilor la care au fost prezentate rezultatele obținute în cadrul proiectului de stat (Opțional) se va prezenta separat (conform modelului) pentru:

➤ Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

CHISTOL V. The International Online Conference on Nano Materials (ICN 2021) on 9 - April 2021 at Mahatma Gandhi University, Kottayam, Kerala, India (poster).

CHISTOL V. A 26-a ediție a Colocviului Internațional de Fizică EVRIKA! – CYGNUS, 3-5.09.2021, Covasna, România (oral).

CHISTOL V. Sesiunea Internațională de Comunicări Științifice. Ediția a XVI-a, 28-29 mai, 2021, Bârlad, România (oral).

➤ Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)

CHISTOL V. The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics. 22-25 September 2021, Chisinau, Moldova (poster).

Dr. CHISTOL V. 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, Chisinau, November 03-05, 2021 (poster).

CHISTOL V. Conferința științifică internațională „abordări inter/trans disciplinare în predarea științelor reale, (CONCEPT STEAM)” dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol GREMALSCHI (oral).

➤ Manifestări științifice naționale

–

➤ Manifestări științifice cu participare internațională

–

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

–

14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media:

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

Chistol Vitalie/ Noutăți la canalul „Primul în Moldova”, 12 august 2021/Curentul de meteoriți Perseidele

- Articole de popularizare a științei

CHISTOL Vitalie, TERCU J.-O., POPOVICI A. Tranzitul planetelor Mercur și Venus și determinarea valorii unității astronomice. Evrika. 2021, nr. 7-8-9, pp. 22-28

15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului

Teza de master A. Burlacu: FEW-SHOT AUTOMATIC DEEP LEARNING / ÎNVĂȚAREA AUTOMATIZATĂ CU UN NUMĂR MIC DE DATE, susținută în cadrul programului de dubla diploma UTM-USV în decembrie 2020 și septembrie 2021 respectiv, Stagiul de cercetare la Universitatea Sorbonne Paris Nord, laboratorul LIPN, cu tema Few Shot Automatic Machine Learning, perioada mai-octombrie 2021.

Teza de doctor a doamnei Tatiana Oloinic “Dinamica complexa a laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte cuantice” a fost finisata. Din cauza concediului de maternitate susținerea va avea loc în Septembrie anul viitor.

Teza domnului Grigoriev Eugeniu “Studiul dinamicii laserelor semiconductoare GaN de lumină albastră și violetă cu mediu activ gropi sau puncte cuantice” este în proces de finisare.

Teza doamnei Dobrovolschi Veronica „Analiza și modelarea sistemelor dinamice complexe” este în proces de elaborare.

Teza doamnei Gubceac Natalia „Studiul influenței radiației electromagnetice asupra sistemelor biomoleculare” este în proces de elaborare.

16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect

În cadrul proiectului se efectuează cercetări fundamentale.

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

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

Zaporojan Sergiu / 2021 IEEE 17th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing / Octombrie 28-30, 2021, Cluj-Napoca, Romania / Membru al Comitetului de Program.

- Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)
-

18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect.

Laserele semiconductoare au devenit indispensabile în societatea modernă. Progresele recente înregistrate în dezvoltarea de noi dispozitive optoelectronice pe bază de GaN au impulsionat cercetările tehnologiilor de creștere a structurilor cu puncte cuantice. Având în vedere acest lucru, am studiat laserul cu mediu activ puncte cuantice sub influența feedback-ului optic. Am obținut că modurile cavității externe pentru intensități mici ale feedback-ului sunt distribuite sub forma de „clopot”. La valori mari ale intensității feedback-ului se constată apariția sateliților de forma unor elipse deformate. Sunt raportate rezultatele studiului teoretic al proprietăților dinamice ale laserelor DBR supuse unui feedback optic extern de la o oglindă situată la distanță. Stările staționare calculate cu modelul complet și cu cel adaptat LK arată un acord bun. Prin aplicarea formulei Helms-Petermann renormalizată, s-ar putea ajunge la o limită de stabilitate foarte mare, apropiată de 100%, reducând drastic constanta de cuplare κ a rețelei DBR. Sunt raportate rezultatele teoretice și experimentale privind stabilitatea lungimii de undă în amplificatoarele de putere a oscilatorului master cu DBR multi-secțiuni monolitice. Pentru a calcula puterea optică emisă și hărțile spectrale a fost utilizat modelul 2D a ecuației undelor progresive. Au fost efectuate investigații privind generarea de impulsuri de către un laser excitabil DFB cu reflector pasiv dispersiv încorporat. În regimul excitabil au fost injectate în sistem mici secvențe ale perturbațiilor și a fost analizat răspunsul. S-a observat că la creșterea raportului dintre durata de viață a purtătorului și a fotonului se reduce amplitudinea impulsurilor. În cadrul proiectului au mai fost efectuate cercetări ale structurilor bicristaline cu interfețe de dimensiuni de nanometri, la orientarea câmpului magnetic de-a lungul interfețelor cristaline și a fost depistată dependența valorilor mărimilor care caracterizează fenomenele de transport de inversarea câmpului magnetic. A fost efectuată o analiză cantitativă a implementării hardware a rețelelor neuronale Hopfield pe circuite reconfigurabile de tip FPGA. S-a stabilit relația dintre resursele hardware utilizate pentru sintetizarea căii de date și cele utilizate pentru asigurarea conexiunilor de rețea interne, precum și dinamica distribuției acestor resurse, respectiv modul în care aceasta depinde de variația parametrilor arhitecturali ai rețelei. Analiza efectuată se bazează pe simulări și experimente cu circuite FPGA ale companiei Intel. Au fost modelate tranzițiile Peierls în cristale organice quasi-unidimensionale de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ și TTT_2I_3 , în scopul determinării unor parametri fizici din comparația valorilor teoretice ale temperaturii critice Peierls cu cele experimentale. A fost aplicat un model fizic mai complet al cristalelor menționate pentru cercetarea tranziției metal-dielectric în aceste materiale. A fost făcută modelarea numerică a spectrului renormat al fononilor și a fost determinată temperatura critică Peierls. Au fost investigate proprietățile termoelectrice ale cristalelor organice quasi-uni dimensionale de TTT_2I_3 și $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$. Au fost obținute rezultate importante, care demonstrează că proprietățile acestor materiale nanostructurate pot fi optimizate prin modificări în structura stoichiometrică a compusului, și prin disiparea impurităților din rețeaua cristalină. Un element important al acestei etape de cercetare a fost introducerea parametrului de temperatură în modelul fizic utilizat pentru calcule numerice. S-a obținut că aceste materiale manifestă proprietăți termoelectrice de perspectivă pentru un interval larg de temperaturi (250 - 400 K).

Semiconductor lasers have become indispensable in the modern society. Recent progress recorded in the development of new optoelectronic devices on GaN has given an impulse to the research of the growth technologies of quantum dot structures. With this in mind, we studied laser with active medium quantum dots under the influence of optical feedback. We found that the ECMs are located on the shape of “bell” for low feedback strength. Higher feedbacks imply the appearance of deformed satellite ellipses. We report results of the theoretical study of the dynamic properties of DBR lasers subject to external optical feedback provided by a long-distance mirror. The stationary states computed by the full and adapted LK models show good agreement. In applying the renormalized Helms-Petermann formula, we could reach a very large stability border near to 100% by drastically reducing the coupling constant κ of the DBR grating. These results offer the possibility of a reflection-tolerant communication with cheap and compact DBR lasers. We report theoretical and experimental results on stability of wavelength in monolithically multi-section DBR master-oscillator power-amplifiers. We use the 2D traveling wave equation model to calculate emitted optical power and spectral maps. Investigations were carried out on pulse generation by an excitable DFB laser with incorporated passive dispersive reflector. In the excitable regime, small sequences of disturbances were injected into the system and the response was analyzed. It has been observed that increasing the ratio of the lifetime of the carrier to the photon reduces the amplitude of the pulses. We report also the investigations on bicrystalline structures with nanometer-sized interfaces, the orientation of the magnetic field along the crystalline interfaces and the dependence of the values of the quantities that characterize the transport phenomena on the reversal of the magnetic field was detected. A quantitative analysis of the hardware implementation of Hopfield neural networks on reconfigurable FPGA circuits was performed. The relationship between the hardware resources used to synthesize the data path and those used to ensure internal network connections was established, as well as the dynamics of the distribution of these resources, respectively the way in which it depends on the variation of the architectural parameters of the network. The analysis is based on simulations and experiments with FPGA circuits from Intel. The Peierls structural transitions were modeled in quasi-one-dimensional organic crystals of $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ and TTT_2I_3 , in order to determine some physical parameters from the comparison of the theoretical values of the Peierls critical temperature with the experimental ones. A more complete physical model of the mentioned crystals was applied for the research of the metal-dielectric transition in these materials. Numerical modeling of the renormalized phonon spectrum was performed and the Peierls critical temperature was determined. Thermoelectric properties of quasi-one-dimensional organic crystals of TTT_2I_3 and $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ were investigated. Important results were obtained, namely the manipulations with stoichiometry of these compounds can lead to significant enhancement of thermoelectric properties. An important element of this stage of research was the supplementing of the physical model with a new parameter - temperature. We considered the thermal dilatation of the crystalline lattice, so as the thermally activated lattice defects. It was demonstrated that the mentioned above materials manifests very promising thermoelectric properties for a broad range of temperatures (250 - 400 K).

19. Recomandări, propuneri

După doi ani de activitate in cadrul proiectului ar fi necesară o mica ajustare a etapelor planificate pentru următorii 2 ani la schimbările parvenite in domeniul fotonicii în ultimii 2 ani.

Conducătorul de proiect _____ / Tronciu Vasile

Data: 9.11.2021

LȘ

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat**

Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor termoelectrice cu eficiență înaltă

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

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. Capitle în monografii naționale/internaționale

1. SANDULEAC, I.; **CASIAN A.** *Thin Film and Flexible Thermoelectric Generators, Devices and Sensors*. Editors: Skipidarov, Sergey, Nikitin, Mikhail (Eds.) Pages 259-280 eBook ISBN 978-3-030-45862-1 DOI: 10.1007/978-3-030-45862-1.

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. TRONCIU, V.; Werner, N.; Wenzel, H.; Wünsche, H.-J. Theoretical Study of the Behavior of a DBR Laser Subject to External Optical Feedback. *Rom. Rep. Phys.*, vol. 73, no. 4, art. 408 (2021). <http://www.rrp.infim.ro/inpress.html> (Impact Factor 2.147).
3. TRONCIU, V.; Werner, N.; Wenzel, H.; Wünsche, H.-J. Feedback Sensitivity of Detuned DBR Semiconductor Lasers. *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 57, no. 5, pp. 2100107 (2021) <https://ieeexplore.ieee.org/document/9502076> (Impact Factor 2.384).
4. CHISTOL, V.; TRONCIU, V. Graphical method of solving problems on bistability in physical systems. *European Journal of Physics*, Vol. 42, No. 6, p. 065002 (2021) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6404/ac1447/meta> (Impact Factor 0.756).
5. TRONCIU, V.; GRIGORIEV, E.; ZINK, C.; WENZEL, H. Characteristics of monolithic multisection DBR master-oscillator power-amplifiers. *Optical and Quantum Electronics* submitted to FBH (2021).

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

–

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

6. MORARU, V.; GUȚULEAC, E.; ZAPOROJAN, S. Uncertainty modelling of dynamically reconfigurable systems based on rewriting stochastic reward nets with z-fuzzy parameters. *Computer Science Journal of Moldova*, vol.29, no.3 (87), 2021, pp.1-18. ISSN: 1561-4042 (in press /Scopus). Categoria A.
7. MUNTYANU F.M.; NENKOV K.; ZALESKI A. J.; CONDREA E.; CHISTOL V. Various

manifestations of weak magnetism and superconductivity in bicrystal interfaces of Bi, Sb and $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0.07 \leq x \leq 0.2$) alloys. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*, vol. 20, nr. 2, 2021.

8. MUNTYANU F. M.; CHISTOL V.; CONDREA E. Unusual topological features of the $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0 \leq x \leq 0.2$) nano- width bicrystal interfaces. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*, vol. 20, nr. 2, 2021.
9. DOBROVOLSCHI, V.; PYRTSAC, C.; TRONCIU, V. The influences of the asymmetric gain saturation effect on the dynamics of InGaAsP Fabry-Perot lasers. *Journal of Engineering Sciences*, 2021, nr. 1, pp. 61-66. ISSN 2587-3474.10.52326/jes.utm.2021.28(1).05 Categoria B+.
10. ANDRONIC, S.; GRIGOREV, E.; TRONCIU, V. Generation of pulses with excitable DFB Laser with dispersive reflector, *Journal of Engineering Science*, Submitted Categoria B+.
11. ANDRONIC Silvia, Peierls transition in quasi-one-dimensional crystals of $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ type in a 3D approximation, *Journal of Engineering Science*, submitted categoria B+.

4.4. în alte reviste naționale

–

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

12. GRIGOREV, E.; TRONCIU, V. Investigation of Dynamical Properties of a Laser with Incorporated DBR Section Under the Influence of External Optical Feedback. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, Moldova, paper 499 (4 pages).
13. GRIGOREV, E.; RUSU, S.; TRONCIU, V. Influence of Double Feedback on Stationary States of Quantum Dots Lasers. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, Moldova, paper 506 (4 pages).
14. SANDULEAC, I. Thermoelectric properties of a p-n module made of organic crystals of TTT_2I_3 and $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$, *International Conference on Electronics, Communications and Computing, IC|ECCO-2021*, 21-23 October 2021, Chisinau, Moldova (4 pages).
15. SANDULEAC, I.; ANDRONIC S. Organic Crystals of p - type TTT_2I_3 and n-type $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ as Prospective Thermoelectric Materials for Biomedical Sensors, *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, Moldova (4 pages).
16. MUNTYANU, F.M.; GILEWSKI, A.; NENKOV, K.; ZALESKI, A.J.; CHISTOL, V. Superconductivity, weak magnetism, and quantum transport of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0.07 \leq x \leq 0.2$) crystallite structures with nano-width interfaces an at increased degree of imperfection. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*, Chisinau, November 03-05, 2021 (4 pages).
17. CONDREA, E.; MUNTYANU, F.; CHISTOL, V. Magneto thermopower features in bismuth

nanowires at 80 K. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*, Chisinau, November 03-05, 2021 (4 pages).

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)

18. ZAPOROJAN, S.; CARBUNE, V.; SLAVESCU, R.R. Hardware implementation of Hopfield-like neural networks: Quantitative analysis of FPGA approach. In: *Proceedings of the IEEE 17th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2021)*, October 28-30, 2021, Cluj-Napoca, Romania, 2021, pp. 243-250. ISBN: 978-1-6654-0975-9. IEEE Catalog Number: CFP2109D-USB ([WoS](#) & [Scopus](#)).

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

19. MIHĂLACHE, A. Studiarea experimentului Franck-Hertz. *Materialele conferinței științifice internaționale. Abordări inter/trans disciplinare în predarea științelor reale (concept STEAM)*, Chișinău, 29-30, octombrie, 2021, Vol. II, p.45-48, CZU: 372.853:371.388

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

20. DOBROVOLSCHI, V. Controlul emisiei optice al laserului Fabry - Perot de tip InGaAsP. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 23-25 martie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2021, pp. 30-31. ISBN 978-9975-45-699-9.
21. GUBCEAC, N. Interacțiunea radiației electromagnetice cu sistemele biomoleculare. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 23-25 martie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2021, pp. 38-41. ISBN 978-9975-45-699-9.
22. GRIGORIEV, E. Caracteristica structurilor DBR MOPA cu mai multe secțiuni. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 23-25 martie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2021, pp. 35-37. ISBN 978-9975-45-699-9.

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

–

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

23. TRONCIU, V. Dynamical properties and feedback sensitivity of detuned DBR semiconductor lasers, *International Workshop on Nonlinear Dynamics in Semiconductor Lasers – NDSL*, WIAS Berlin, June 16–18, 2021 (invited) p. 49
24. MUNTYANU, F.M.; CHISTOL, V.; CONDREA E. Magneto transport features induced by

Dirac electrons behavior and quantum phases transitions at the $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0 \leq x \leq 0.2$) bicrystal interfaces. *Technical program of International Online Conference on Nano Materials* (ICN 2021) Mahatma Gandhi University, P.D Hills P.O, Kottayam Kerala, India, p.106.

25. MUNTYANU, F.M.; CHISTOL, V.; CONDREA E. Unusual electronic properties of the BiSb nano- width bicrystal interfaces, *International Semiconductor Conference CAS-21- an IEEE event*, October 6-8, 2021, Bucharest, Romania Nanoscience & Nanoengineering 4 - Posters paper.

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

26. GRIGOREV, E.; TRONCIU, V. Investigation of Dynamical Properties of a Laser with Incorporated DBR Section Under the Influence of External Optical Feedback. In Program and Abstract Book. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, Moldova, p. 97.

27. GRIGOREV, E.; RUSU, S.; TRONCIU, V. Influence of Double Feedback on Stationary States of Quantum Dots Lasers. In Program and Abstract Book. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, Moldova, p. 60.

28. SANDULEAC, I.; ANDRONIC S. Organic Crystals of p - type TTT_2I_3 and n-type $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ as Prospective Thermoelectric Materials for Biomedical Sensors, In Program and Abstract Book. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering ICNBME-2021*, 3-5 November 2021, Chisinau, p. 107.

29. MUNTYANU, F.M.; GILEWSKI, A.; NENKOV, K.; ZALESKI, A.J.; CHISTOL, V. Superconductivity, weak magnetism, and quantum transport of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0.07 \leq x \leq 0.2$) crystallite structures with nano-width interfaces an at increased degree of imperfection. In Program and Abstract Book. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*, Chisinau, November 03-05, 2021, Chisinau, Moldova, p.69.

30. CONDREA, E.; MUNTYANU, F.; CHISTOL, V. Magneto thermopower features in bismuth nanowires at 80 K. In Program and Abstract Book. *5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*, Chisinau, November 03-05, 2021, Chisinau, Moldova, p.68.

31. MUNTYANU, F.M.; CHISTOL, V.; CONDREA E.; SIDORENKO A. Topological features of quantum magneto transport. Features of correlation of electronic properties with an atomic scale characterization in $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0 \leq x \leq 0.2$) bicrystals, *The 12th International Conference on Intrinsic Josephson Effect and Horizons of Superconducting Spintronics*, Conference Abstract Book, 22-25 September 2021, Chisinau, Moldova, p. 58.

32. ANDRONIC, S.; GRIGOREV, E.; TRONCIU, V. Generation of pulses with excitable DFB Laser with dispersive reflector, *International Conference on Electronics, Communications and Computing, IC|ECCO-2021*, 21-23 October 2021, Chisinau, Moldova.

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

–

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

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

33. MARINCIUC, M.; RUSU S. Fizică: Manual pentru cl. a 10-a. (Profil real, profil umanist), Chișinău, Î.E.P. Știința, 2021, (Pregătit pentru editare)

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

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

34. CHISTOL V. Determinarea valorii unității astronomice din observațiile tranzitului planetei Mercur. *Materialele Conferinței științifice internaționale „abordări inter/trans disciplinare în predarea științelor reale, (CONCEPT STEAM)”* dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol GREMALSCHI Volumul II, 2021, pp 31-35.

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare

Cifra proiectului 20.800009.5007.08Contract de finanțare: 145-PS din 04.01.2021

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Codul economic	Anul de gestiune: 2021		
		Aprobat	Modificat (+/-)	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	390,9		390,9
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii (24%)	212100	93,8		93,8
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	55,1	-46,2	8,9
Servicii editoriale	222910	17,6	-8,4	9,2
Servicii de cercetări științifice contractate	222930			
Servicii neatribuite altor aliniate	222990			
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110		54,6	54,6
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110			
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110			
TOTAL		557,4		557,4

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

(semnătura)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Data: _09.11.2021__

LS

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.800009.5007.08

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Tronciu Vasile	1965	dr.hab.	0,50	04.01.2021	
2.	Rusu Spiridon	1955	dr.	0,50	04.01.2021	
3.	Zaporojan Sergiu	1961	dr.	0,50	04.01.2021	
4.	Andronic Silvia	1988	dr.	0,50	04.01.2021	
5.	Sandulleac Ionel	1989	dr.	0,50	04.01.2021	
6.	Oloinic Tatiana	1987	f-grad	0,25	04.01.2021	03.09.2021
7.	Grigoriev Eugen	1980	f-grad	0,50	04.01.2021	
8.	Dobrovolschi V.	1987	f-grad	0,50	04.01.2021	
9.	Chistol Vitalie	1961	f-grad	0,25	04.01.2021	
10.	Burlacu Alexandru	1996	f-grad	0,25	04.01.2021	
11.	Gubceac Natalia	1987	f-grad	0,25	04.01.2021	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	54,5
--	-------------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Mihalache Alexei	1973	dr.	0,25	03.09.2021
2.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	45,5
---	-------------

Rector U.T.M.

*(semnătura)***dr. hab. Viorel BOSTAN***(numele, prenumele)*

Contabil (economist)

*(semnătura)***Victoria IOVU***(numele, prenumele)*

Conducătorul de proiect

*(semnătura)***dr. hab. Vasile TRONCIU***(numele, prenumele)*

Data: _09.11.2021__

LS