

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru

Cercetare și Dezvoltare _____

” ” _____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____

” ” _____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

pentru etapa 2023

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

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

Cifrul proiectului 20.80009.5007.08

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN
(numele, prenumele)

V. Bostan
(semnătura)

Consiliul științific UTM

dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

V. Tronciu
(semnătura)

Conducătorul proiectului

dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

V. Tronciu
(semnătura)



L.Ș.

Chișinău 2024

CUPRINS:

1. Scopul etapei	3
2. Obiectivele etapei	3
3. Acțiunile planificate	3
4. Acțiunile realizate	3
5. Rezultatele obținute	4
6. Impactul științific/social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute	8
7. Colaborarea la nivel național și internațional	8
8. Dificultățile în realizarea proiectului	8
9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații	8
10. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice	8
11. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media	9
12. Teze de doctorat / postdoctorat susținute	9
13. Concluzii	9
Anexa nr. 1 Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect	11
Anexa nr. 2 Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice	13
Anexa nr. 3 Executarea devizului de cheltuieli	16
Anexa nr. 4 Componența echipei proiectului pentru anul 2023	17

1. Scopul etapei 2023 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

Simularea comportamentului laserelor semiconductoare utilizând metode și algoritmi noi. Optimizarea cuplului $p-n$ format din cristale organice de TTT2I3 și de TTT(TCNQ)2 în regim de răcire, frigider sau aparat de aer condiționat.

2. Obiectivele etapei 2023 (obligatoriu)

1. Utilizarea metodelor noi pentru efectuarea simulării experimentelor cu lasere semiconductoare.
2. Dezvoltarea unei metode ce caracterizează similitudinile modelelor comportamentale elaborate pentru procese cu elemente de incertitudine.
3. Studiarea fenomenelor termomagnetice cuantice de transport în bicristalele aliajelor de bismut - stibiu.
4. Modelarea cuplului $p-n$ format din cristale organice de TTT2I3 și de TTT(TCNQ)2 în regim de răcire în funcție de parametrii cristalelor pentru a obține valoarea maximă a coeficientului de performanță.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2023 (obligatoriu)

1. Simularea comportamentului dinamic al laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte cuantice utilizând sistemul de ecuații 2D. Analiza comportamentului haotic al astfel de lasere. Dezvoltarea unei metode de estimare a exactității, respectiv a similitudinii modelelor comportamentale elaborate pentru procese/sisteme cu elemente de incertitudine. Studiarea fenomenelor termomagnetice cuantice de transport în bicristalele aliajelor de bismut - stibiu. Deducerea expresiilor analitice pentru modelarea unui cuplu termoelectric $p-n$ format din cristale organice de TTT2I3 și de TTT(TCNQ)2 în regim de răcire termoelectrică.
2. Aplicarea metodelor și modelelor dezvoltate/cercetate în automatizarea și controlul proceselor complexe. Studiarea dependențelor tensiunii electromotoare termomagnetice de valorile inducției magnetice. Efectuarea cercetărilor experimentale ale structurilor cu microfibre realizate pe bază de aliaje feromagnetice și analiza dependenței forței coercitive de tensiunea de întindere la deformații elastice. Realizarea calculului numeric pentru identificarea parametrilor optimi ai cristalelor pentru care se poate obține eficiență maximă de generare a energiei electrice și coeficient de performanță maxim în regim de refrigerare.

4. Acțiunile realizate (obligatoriu)

1. A fost elaborat un model pentru lasere cu mediu activ puncte cuantice cu multiplu feedback.
2. A fost propusă o metodă eficientă pentru estimarea similitudinii a două sau mai multe modele comportamentale.

3. Au fost realizate încercări experimentale în controlul procesului tehnologic de tragere a unor micro fire magnetice pentru aplicații specifice. S-au determinat și analizat parametrii microfiredelor feromagnetice pentru construirea senzorilor de deformare fără contact pentru aplicații specifice. Studiind fenomenele termomagnetice cuantice de transport au fost obținute particularitățile specifice ale izolatoarelor topologici ai bicristalelor semimetalice.
4. Au fost obținute expresiile analitice pentru coeficientul de performanță termoelectrică a unui modul $p-n$ în regim de refrigerare termoelectrică.
5. Au fost realizate calcule numerice pentru diferite combinații ale parametrilor interni ai cristalelor de TTT2I3 și TTT(TCNQ)2 din cadrul unui cuplu termoelectric $p-n$.
6. Au fost construite dependențele grafice pentru coeficientul de performanță termoelectrică a modului în regim de refrigerare ca funcție de parametrii interni ai cristalelor și de temperatură.
7. A fost identificată regiunea optimă de performanță termoelectrică maximă a cristalelor organice pentru aplicații în sisteme de refrigerare și în dispozitive biomedicale.

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

Au fost efectuate simulări numerice ale comportamentului dinamic al laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte cuantice utilizând sistemul de ecuații 2D. S-a demonstrat un comportament haotic util pentru sistemele de comunicare bazate pe haos. În ultimii ani, datorită aplicațiilor în medicină, laserele cu lumină albastră și albastru-violet (450 și 405 nm) par să reprezinte o abordare interesantă pentru mai multe tratamente clinice. Pe de altă parte, laserele InGaN albastre și violete sunt utilizate pe scară largă în interferometre, imprimare laser, înregistrare a datelor, etc. Producția de lasere de lumină albastru și violetă sunt motivate de lungimile de undă relativ scurte. Am obținut rezultate ale calculelor numerice asupra influenței parametrilor laserului cu lumină albastră asupra regimurilor de autopulsații. Am studiat influența grosimii absorbantului de saturație, a lungimii laserului, și de asemenea a duratei de viață a purtătorilor de sarcină asupra regiunii de autopulsații. Utilizând analiza bifurcațională am trasat liniile bifurcației Hopf în planul diferiților parametri. Anume regiunile mărginite de bifurcația Hopf le indica domeniul autopulsațiilor cu frecvență mari.

Au continuat cercetările experimentale ale structurilor cu microfired realizate pe bază de aliaje feromagnetice cu structură amorfă, care au fost supuse solicitărilor mecanice. În context au fost efectuate cercetări extinse ale structurilor cu microfired pe bază de aliaje feromagnetice cu o dependență ridicată a forței coercitive de tensiunea de întindere la deformații elastice. În rezultat, s-a obținut graficul dependenței forței coercitive (H_c) de tensiunea de întindere aplicată (σ) pentru fire fără, respectiv cu tratament termomecanic. Complementar cu aceasta a fost obținut graficul dependenței forței coercitive (H_c) la deformare elastică ($\Delta l/L$), atât pentru firul sensibil, cât și pentru firul de referință. De asemenea, a fost cercetată variația forței coercitive a firului sensibil în funcție de deformația elastică ciclică. Rezultatele preliminare obținute confirmă aplicabilitatea structurilor cu microfired pe bază de aliaje feromagnetice în proiectarea și implementarea dispozitivelor electronice specializate pentru aplicații fără contact.

Pe de altă parte a continuat cercetarea în dezvoltarea unei metode pentru analiza similitudinii modelelor comportamentale în procese cu elemente de incertitudine. Se consideră că datele statistice care descriu procesul cercetat sunt ambigui/incerte, variația acestora în domeniul de valori având un caracter stohastic. În metoda dezvoltată se propune introducerea și calcularea unei valori de referință, care reprezintă un parametru specific în cadrul sistemului (modelului) cercetat. Astfel, pentru a analiza comportamentul unui subiect real (de exemplu al unui operator uman) se propune de a calcula eroarea medie pătratică normalizată relativ la valoarea prezisă $\Delta\hat{P}_i$ de model, conform următoarei relații:

$$NMSE^* = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (P_i - P_i^*)^2 \quad (1)$$

unde:

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^n (P_i - P^*)^2$$

De notat că aici dispersia este calculată relativ la valoarea unui parametru de interes specific P^* , care constituie o valoare de referință. Metoda dezvoltată urmează a fi testată pe diverse seturi de date experimentale.

Valoarea de referință a parametrului de interes este determinată din fluxul de intrare al procesului decizional ca fiind valoarea cu distribuția maximă (2):

$$V_{in}^{ref} = \left\{ x \mid x \in \varphi_{in}^{nf}, x = \text{Max}(\delta(\varphi_{in}^{nf})) \right\} \quad (2)$$

unde $(\delta(\varphi_{in}^{nf}))$ reprezintă funcția de distribuție a valorilor din fluxul de intrare nefiltrat φ_{in}^{nf} .

Pornind de la ipoteza că procesul studiat este controlat de către un expert uman calificat, iar datele achiziționate de la acesta sunt valide, rezultă faptul că ieșirile procesului decizional al expertului asigură calitatea necesară a produsului finit. Reieșind din specificul procesului decizional al expertului uman a fost identificat faptul că acesta adesea operează intuitiv nu cu valorile absolute ale parametrilor de intrare/ieșire dar cu cele relative. În urma acestor observații se propune de a calcula valorile relative ale fluxului de intrare relativ la valoarea de referință a parametrului de intrare, iar valorile relative ale fluxului de ieșire - relativ la valoarea precedentă a acestui parametru. Astfel, pentru a obține fluxurile noi de intrare/ieșire sunt aplicate formulele (3) și (4):

$$\Delta\varphi_{in}^{nf} = \left\{ x \mid x = x_i - x_{ref}, x_i \in \varphi_{in}^{nf}, x_{ref} = \text{Max}(\delta(\varphi_{in}^{nf})) \right\}, \quad (3)$$

$$\Delta\varphi_{out}^{nf} = \left\{ x \mid x = x_{i+1} - x_i, x_{i+1}, x_i \in \varphi_{out}^{nf} \right\}. \quad (4)$$

În rezultatul aplicării acestor relații se obțin fluxuri noi de intrare/ieșire care pot fi utilizate în continuare pentru dezvoltarea modelelor inteligente de luare a deciziilor în baza rețelelor neuronale artificiale. În baza perechii de fluxuri de date intrare/ieșire, utilizând instrumentul Neural Network Toolbox din pachetul de programe Matlab, poate fi proiectată și antrenată o rețea neuronală artificială care ar aproxima cu precizia necesară comportamentul decizional al expertului de la care au fost achiziționate datele experimentale și care ar moșteni de la acesta proprietățile comportamentale specifice.

Este cunoscut că aliajele Bi-Sb sunt printre cele mai eficiente materiale termoelectrice, iar recent studiul acestor materiale a căpătat o nouă importanță datorită descoperirii experimentale a unui prim izolator topologic bazat pe aceste aliaje. În cercetările efectuate s-a depistat că oscilațiile cuantice ale efectului Hall longitudinal și ale magnetorezistenței în bicristale cu interfața cristalitelor de înclinație și de torsiune prezintă pentru diferite probe una sau două tranziții supraconductoare cu diferite temperaturi critice și bucle de histerezis magnetic specifice supraconductorilor puternici de tip II, sau caracteristici duale - supraconductoare și feromagnetice. S-a dovedit că spectrul de oscilații conține frecvențe ale suprafețelor Fermi ale cristalitelor și ale interfețelor. Similar cu bicristalele de Bi, au fost de asemenea observate cvasi-platouri Hall longitudinale, împreună cu minime ale magnetorezistenței în bicristale de înclinare de $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ cu conductivitate de tip n și cu unghiuri mici de dezorientare a cristalitelor, având un nivel mai scăzut al dezordinii și a densității dislocațiilor. În monocristale/cristalite, precum și în bicristale cu un grad ridicat de neomogenitate (conținut mai mare de Sb dopat cu impurități acceptoare de Sn, unghiuri de dezorientare mai mari etc.), astfel de particularități nu apare. Prin urmare, am ajuns la concluzia că platourile Hall sunt direct legate de electronii Dirac ai interfețelor. S-a constatat, de asemenea, că platourile Hall dispar prin inversarea câmpului magnetic, indicând astfel că fluxul de fermioni Dirac este sensibil la direcția câmpului și că procesul de localizare se desfășoară numai în câmp magnetic orientat de-a lungul planului interfețelor cristaline. Acest lucru sugerează că împrăștierea purtătorilor în starea cuantică Hall este suprimată la interfețele bicristalelor, dar poate fi restabilită prin dezordinea statică a proceselor multiple de împrăștiere.

Astfel, studiul proprietăților galvanomagnetice în câmpuri magnetice înalte, în special în zona manifestării oscilațiilor cuantice ale magnetorezistenței arată că caracteristicile coexistenței supraconductivității și feromagnetismului slab în interfețele izolatoarelor topologoci tridimensionali se datorează preponderent faptului că fluxul electronilor Dirac depinde de direcția câmpului magnetic, ia naștere un nou tip de simetrie la rotația suprafețelor izoenergetice ale purtătorilor de sarcină, topologia suprafeței Fermi se modifică semnificativ odată cu creșterea unghiului de dezorientare a cristalitului, are loc îmbunătățirea interacțiunii spin-orbită, la interfețele cristalite există stări electronice fără benzi energetice interzise iar la transportul cuantic al purtătorilor de sarcină participă mai multe grupuri de electroni cu mase efective diferite.

De asemenea în cercetările efectuate s-a depistat că dependența coeficientul tensiunii termoelectromotoare de inducția câmpului magnetic în bicristalele de Bi cu concentrația de Sb $x \sim 0,04$, prezintă o caracteristică a semimetalelor topologice tridimensionale: o creștere liniară în câmp magnetic, fără saturație și o schimbare a semnului purtătorilor de sarcină dincolo de limita cuantică. Dimpotrivă, în bicristalele cu un conținut mai mare de Sb ($0,07 \leq x \leq 0,12$), partea monotonă a dependențelor coeficientul tensiunii termoelectromotoare de inducția câmpului magnetic ajunge la saturație sau crește treptat, ceea ce este tipic pentru izolatoarelor topologici tridimensionali. Deci, bicristalele Bi-Sb pot deschide perspective promițătoare pentru un studiu detaliat al tranzițiilor de fază topologică de la un semimetal topologic tridimensional la un izolator topologic tridimensional și pot aduce o contribuție semnificativă la dezvoltarea de noi dispozitive electronice.

Am raportat exemple de obținere a efectului de bistabilitate în mecanică și demonstrarea experimentală a acestui efect. Este bine cunoscut faptul că în cazul în care parametrul de ieșire al unui dispozitiv fie laser sau rezonator este o funcție multivalorică a parametrului de intrare, acest

dispozitiv poate funcționa în regim de bistabilitate. În acest caz, sistemul poate fi în două stări de echilibru stabil, separate unele de altele printr-o stare de echilibru instabilă. Adesea bistabilitatea este urmată de o buclă de histerezis. Aceasta înseamnă că trecerea sistemului de la o stare la alta are loc pe un sens, iar trecerea la starea inițială are loc pe altă cale. Efectul de bistabilitate este bine-cunoscut în optică (bistabilitate optică), magnetism (bistabilitate magnetică), electricitate (circuite bistabile) etc. În cele mai multe cazuri natura acestui efect este cuantică. Am folosit metoda grafica de rezolvare a problemelor cu bistabilitate. Metoda explică calitativ rezultatele teoretice, iar experimentul a demonstrat o dovadă clară de bistabilitate într-un sistem mecanic.

În ultimele decenii, în contextul migrării omenirii spre surse energetice regenerabile, o atenție deosebită a comunității științifice a fost focusată asupra utilizării fenomenelor termoelectrice pentru recuperarea căldurii disipate de la instalațiile industriale, pentru dezvoltarea dispozitivelor moderne de refrigerare pe bază de corp solid și pentru implementarea acestor cunoștințe în alte domenii conexe cum ar fi dispozitivele biomedicale sau senzorii de infraroșu. Fenomenele termoelectrice sunt cunoscute încă din secolul trecut, totuși, materialele existente ofereau posibilități limitate de implementare la scară largă, din cauza eficienței scăzute. Odată cu descoperirea tehnicilor de manipulare a materiei la nivel nano, au apărut și posibilități nelimitate de eficientizare a materialelor existente prin urmărirea conceptului PGEC (phonon glass, electron crystal –concept ce presupune un material cu conductivitate termică joasă, de tipul sticlei, combinată cu conductivitate electrică ridicată, ca în cristale). Pe lângă tehnicile costisitoare de funcționalitate a materialelor anorganice cu diferiți compuși, precum pământuri rare, s-a dezvoltat în paralel ramura materialelor organice cu perspectivă în termoelectricitate. Astfel, cristalele organice nanostructurate de TTT_2I_3 și $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ s-au dovedit a fi candidați de perspectivă datorită particularităților structurale și de transport. Conductivitatea termică joasă și conductivitatea electrică înaltă (aceste materiale se mai numesc cristale metalice), asigură obținerea unei performanțe termoelectrice înalte, după anumite manipulări asupra compoziției interne. În cadrul acestei etape de cercetare, a fost îmbunătățit modelul fizic existent, prin suplimentare cu dependența de temperatură a constantei rețelei cristaline. Au fost deduse expresiile analitice pentru conductivitatea electrică, conductivitatea termică electronică și factorul de putere în cadrul modelului fizic nou. Ulterior, am trecut la modelarea numerică a unui cuplu $p-n$ format din aceste cristale. Ecuațiile obținute au fost folosite pentru calcule numerice în cazul diferitor combinații ale parametrilor interni (concentrația purtătorilor de sarcină majoritari, concentrația impurităților) și externi (temperatură). S-au stabilit valorile parametrilor de ieșire a cuplului $p-n$ (voltajul generat la un anumit gradient de temperatură și coeficientul de performanță în regim de refrigerare). Reprezentarea grafică a dependențelor a permis identificarea parametrilor optimi pentru ambele cristale, care permit obținerea unui voltaj maxim în regim de generare. Au fost identificate și posibilele aplicații ale rezultatelor (generatoare termoelectrice industriale, generatoare mici, incorporabile sau atașabile pentru alimentarea biosenzorilor, detectoare de infraroșu ș.a.). În regim de refrigerare, s-au trasat dependențele grafice pentru funcționarea unui cuplu $p-n$ format din aceste cristale, în cazul aplicării unui curent electric asupra joncțiunii. S-a demonstrat că coeficientul de performanță poate atinge valori de până la 0.4 în condiția optimizării cristalelor. Astfel de dispozitive își pot găsi aplicații în sistemele de aer condiționat, frigidere, sau pentru răcire locală (răcirea dispozitivelor electronice, aplicații biomedicale).

6. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)

Rezultatele științifice obținute în cadrul proiectului sunt actuale și parțial au fost efectuate în cooperare cu colegii din Germania. Ele prezintă importanță economică reală pentru cei interesați în domeniul optoelectronicii și termoelectricității. Calculele numerice și rezultatele estimative oferă premise directe pentru elaborarea dispozitivelor laser sau celor termoelectrice pentru diferite aplicații în sectorul industrial, casnic sau biomedical. Diseminarea rezultatelor a fost asigurată la nivel internațional și național prin rapoarte la conferințe și publicații în reviste de specialitate, cotate, în care a fost menționată afilierea Universității Tehnice a Moldovei și cifrul proiectului.

7. Colaborare la nivel național și internațional în cadrul implementării proiectului (după caz)

În perioada realizării etapei, au fost întreținute legături de colaborare cu parteneri naționali (Universitatea de Stat din Moldova, Facultatea de Fizică și Inginerie – grupul Prof. Denis Nica, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu” – grupul conf. univ., dr. Nellu Ciobanu, Întreprinderea Micro-fir Tehnologii Industriale – analiza și cercetarea mostrelor de micro-fire și a aspectelor de control a sistemului tehnologic de tragere a micro-firelor), cât și cu parteneri internaționali (Ferdinand Braun Institut, Humboldt Universitat, Berlin – grupul Prof. Hans Wenzel, Julius Maximilian University, Wuerzburg – grupul Prof. Jens Pflaum).

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

Studiile efectuate în proiect sunt din domeniul fizicii fundamentale. Astfel dificultăți nu au apărut în realizarea proiectului.

9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu)

Lista publicațiilor din anul 2023 în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect, perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea Anexa 2)

10. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice.

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)
- Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)
- Manifestări științifice naționale
- Manifestări științifice cu participare internațională

(comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

1. Tronciu V. “Securitatea comunicării optice bazate pe haos” seminar la Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu" din Sibiu în perioada 14-18 noiembrie 2023

11. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Opțional):

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei
- Articole de popularizare a științei

1. Vitalie Chistol, Vasile Tronciu Principiul non-localismului cuantic și inseparabilitatea cuantică a particulelor. International Scientific Conference „INTER /TRANSDISCIPLINARY APPROACHES IN THE TEACHING OF THE REAL SCIENCES, (STEAM CONCEPT)”. Chișinău, Republic of Moldova 28 - 29 octombrie 2022, p. 394-398. <http://dir.upsc.md:8080/xmlui/123456789/4967>

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

Teza de doctor a dnei Tatiana Oloinic “Dinamica complexă a laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte cuantice” a fost finisată. Conducător științific dr. hab., prof. univ. Tronciu Vasile

Teza dlui Grigoriev Eugeniu “Studiul dinamicii laserelor semiconductoare GaN de lumină albastră și violetă cu mediu activ gropi sau puncte cuantice” a fost finisată. Conducător științific dr. hab., prof. univ. Tronciu Vasile

Teza doamnei Dobrovolschi Veronica „Analiza și modelarea sistemelor dinamice complexe” este în proces de elaborare. Conducător științific dr. hab., prof. univ. Tronciu Vasile

Teza doamnei Gubceac Natalia „Studiul influenței radiației electromagnetice asupra sistemelor biomoleculare” este în proces de elaborare. Conducător științific dr. hab., prof. univ. Tronciu Vasile

Teza dnei Istrati Daniela „Metode de optimizare și interfețe în organizarea sistemelor de producție”, spec. șt. 122.03. *Modele, metode matematice și produse program*, este la etapa de susținere în cadrul CȘS ad-hoc în data de 09.02.2024. Conducători șt.: dr., prof.univ. Moraru Vasile & dr., conf.univ. Zaporojan Sergiu.

Teza dlui Munteanu Eugeniu „Elaborarea sistemelor inteligente încorporate pentru aparatură de măsurare și control fără contact”, spec. șt. 232.01. *Sisteme de conducere, calculatoare și rețele informaționale*, este în proces de finisare. Conducător șt.: dr., conf.univ. Zaporojan Sergiu.

13. Concluzii

Activitățile care au fost propuse la început de an au fost realizate în întregime. Sunt rezultate obținute în 2023 dar care vor fi publicate în 2024. La începutul anului 2024 vom avea 3 teze de doctor în

proces de susținere. În concluzie avem nevoie de finanțare ulterioară pentru a continua cercetările și susținerea tinerilor care îi avem în echipă.

Conducătorul de proiect V J / (Tronciu Vasile)

Data: 11.01.2024

LȘ



Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2023
Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor
termoelectrice cu eficiență înaltă

(denumirea proiectului)

Cifrul proiectului 20.80009.5007.08

Au fost efectuate simulări numerice ale comportamentului dinamic al laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte cuantice. Au fost identificate regimuri de comportament al laserului care ar putea fi utilizate în diferite domenii, precum comunicarea pe bază de haos. Laserele cu lumină albastră și albastru-violet (450 și 405 nm) reprezintă o abordare interesantă pentru mai multe tratamente clinice. Laserele InGaN albastre și violete sunt utilizate pe scară largă în interferometre, imprimare laser, înregistrare a datelor, etc. Am obținut rezultate ale calculelor numerice asupra influenței parametrilor laserului cu lumină albastră asupra regimurilor de autopulsații. S-a studiat influența grosimii absorbantului de saturație, a lungimii laserului, și de asemenea a duratei de viață a purtătorilor de sarcină asupra regiunii de autopulsații. Utilizând analiza bifurcațională am trasat liniile bifurcației Hopf în planul diferiților parametri. Anume regiunile mărginite de bifurcația Hopf le indica domeniul auto-pulsațiilor cu frecvență mari. Au fost efectuate cercetări experimentale ale structurilor cu microfibre realizate pe bază de aliaje feromagnetice cu o dependență puternică a forței coercitive a firului sensibil de tensiunea de întindere la deformații elastice. Rezultatele preliminare obținute confirmă aplicabilitatea structurilor cu microfibre pe bază de aliaje feromagnetice în proiectarea și implementarea senzorilor de deformații pentru diverse aplicații non-contact. Astfel de structuri electronice non-contact se pretează la realizarea dispozitivelor încorporate inteligente pentru aplicații avansate IoT. Au fost studiate bicristale semimetalice Bi-Sb cu interfețe nano-dimensionale în care au fost depistate o serie de caracteristici neobișnuite ale transportului cuantic a purtătorilor de sarcină datorită modificărilor topologice ale suprafeței Fermi și a manifestării unor faze topologice tridimensionale ale bicristalelor. S-a depistat că bicristalele de Bi cu concentrația de Sb $x \sim 0,04$, prezintă o caracteristică a semimetalelor topologice tridimensionale, iar: bicristalele cu un conținut mai mare de Sb prezintă proprietăți specifice izolatorilor topologici tridimensionali. Au fost obținute expresiile analitice pentru coeficientul de performanță termoelectrică a unui cuplu $p-n$ în regim de refrigerare. Au fost realizate calcule numerice pentru diferite combinații ale parametrilor interni ai cristalelor de TTT_2I_3 și $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ (concentrația purtătorilor de sarcină majoritari, concentrația impurităților), cât și pentru diferite temperaturi. În rezultat, s-au obținut dependențele grafice pentru voltajul generat de acest cuplu termoelectric, ca funcție de parametrii liberi, pentru diferite valori ale temperaturii de funcționare (gradientului), cât și dependențele grafice pentru coeficientul de performanță, în condițiile pompajului de curent electric prin joncțiune, pentru asigurarea unei diferențe de temperaturi de 20 K. Au fost identificate regimurile de funcționare optimă a cuplului termoelectric cu posibilitatea de optimizare în vederea ridicării eficienței termoelectrice. Sunt elaborate recomandări pentru proiectarea dispozitivelor cu aplicații industriale, locale sau în sectorul biomedical.

Dynamics of semiconductor lasers with quantum dots active region and multiple feedback was simulated numerically. As a result, the regimes of interesting chaotic behavior were identified, which opens new opportunities for using these structures in chaos communications systems. For instance, blue and blue-violet lasers (450 and 405 nm) are very promising for different medical applications, while, blue and violet InGaN lasers are widely used in domains such as interferometry, laser imprinting, data recording and others. We obtained numerical results on the influence of blue laser parameters on self-pulsating regimes. The influence of absorber thickness, wavelength and charge carrier lifetime on self-pulsating regimes was studied. Hopf bifurcations were traced in different parameter planes by using bifurcation analysis. It was found that namely the border regions of Hopf bifurcation indicates on the domain of self-pulsating regime with high frequencies. Experimental investigations of micro-wire structures made on the basis of ferromagnetic alloys with a high dependence of the coercive force of the sensitive wire on the tensile stress at elastic deformations were carried out. The obtained preliminary results confirm the applicability of micro-wire structures based on ferromagnetic alloys in the design and implementation of strain sensors for various non-contact applications. Such contactless electronic structures are suitable for designing smart devices embedded in advanced IoT applications. Semimetal bi-crystals of Bi-Sb with nano-dimensional interfaces were studied in order to investigate the quantum transport of charge carriers. A series of uncommon characteristics of quantum charge carriers transport were found due to the topological deformation of Fermi surface and due to the manifestation of a tri-dimensional topological phase of bi-crystals. Also, it was found that Bi bi-crystals with a concentration of Sb $x \sim 0.04$, exhibit a behavior that corresponds to tridimensional topological semimetals, and bi-crystals with a higher concentration of Sb are more closer to tridimensional topological insulators. Analytical expressions for thermoelectric coefficient of performance of a $p-n$ pair, acting as a refrigerator, were deduced. Also, numerical calculations for thermoelectric parameters as a function of different combinations of internal parameter values of TTT_2I_3 and $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ crystals (charge carriers' concentration, impurity concentration) for different temperatures were performed. As a result, graphical dependences were obtained for output voltage of the pair, as function of free parameters mentioned above, were plotted. It was obtained also the graphical dependence of the coefficient of performance, under the conditions of an external electrical current driven through the pair, in order to deliver a temperature dependence of 20K. The optimal working regimes were identified. Some recommendations for industrial, local or biomedical devices design were elaborated.

Conducătorul de proiect V. JF / (Tronciu Vasile)

Data: 11.01.2024



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat
Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor termoelectrice cu eficiență înaltă
(denumirea proiectului)**

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

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)

1. CHISTOL, V., CIOCHINA, D., TRONCIU, V. Bistability effects in mechanics and its experimental demonstration. In: *Romanian Reports in Physics*, 2023, vol. 75, pp. 1-10. ISSN 1221-1451. [10.59277/RomRepPhys.2023.75.908](https://doi.org/10.59277/RomRepPhys.2023.75.908) (IF: 2.7)
2. MUNTYANU F., CHISTOL V., CONDREA E., SIDORENKO A., Topological features of quantum transport in Bi_{1-x}Sb_x (0 ≤ x ≤ 0.2) bicrystals. *Low Temp. Phys.* 1 January 2023; 49 (1): 130. <https://doi.org/10.1063/10.0016486> (IF:1.618)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

1. ANDRONIC S, SANDULEAC I., Investigating the Potential of Quasi-One-Dimensional Organic Crystals of TTT(TCNQ)₂ for Thermoelectric Applications, *Advances in Materials Physics and Chemistry*, accepted (2023),

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

1. ANDRONIC, S., SANDULEAC, I., Analysis of Phonons Behavior in Quasi-One-Dimensional Crystals of TTT(TCNQ)₂ near the Peierls Structural Transition in a 3D Approximation, *Journal of Engineering Science*, Vol. XXX, No. 3, pp. 7-15, ISSN 2587-34-74, eISSN 2587-3482, UDC 536.784:539.21, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(3\).01](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(3).01) (2023).

- ZAPOROJAN, S.; MUNTEANU, E.; LARIN, V.; PAVEL, V.; CHICU, L. Embedded devices and methods for development of special non-contact applications. *Journal of Engineering Science*, vol. XXX, no. 4, 2023, pp. 1-12. ISSN 2587-3474 (in press)

4.4. în alte reviste naționale

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

- MUNTEANU, E.; ZAPOROJAN, S.; DULGHERU, V.; SLAVESCU, R.R.; LARIN, V.; RABEL, I. Intelligent Condition Monitoring of Wind Turbine Blades: A preliminary approach. In: *Proceedings of the IEEE 18th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2022)*, September 22-24, 2022, Cluj-Napoca, Romania, pp. 9-16. DOI: [10.1109/ICCP56966.2022.10053939](https://doi.org/10.1109/ICCP56966.2022.10053939). (publicat în 2023) – volum indexat WoS & Scopus.
- GRIGORIEV E., RUSU S., TRONCIU V., New Characteristics of Blue Self-pulsating InGaN Lasers, in *Proceedings of the 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2023)*, Springer, vol. 91, pp. 174-181, Chisinau, Moldova, September 20-23, 2023, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42775-6_19 volum indexat WoS.
- SANDULEAC, I., ANDRONIC S., BALMUȘ I., Organic Nanostructured Crystals for Thermoelectric Cooling in Medical Applications, in *Proceedings of the 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2023)*, Springer, vol. 91, pp. 88-95, Chisinau, Moldova, September 20-23, 2023, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42775-6_10 volum indexat WoS.

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)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- ISTRATI D., MORARU V., ZAPOROJAN S. A Method for Binary Quadratic Programming with circulant matrix. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO)*, 21-22 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 154-157 (2023).

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

- GUBCEAC N., Controlul Dinamicii Fotonilor Emiși în Mediile Biologice, *Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master and PhD students, Technical University of Moldova, Chisinau, 5-7 April 2023, vol.1, pp.19- 23.*

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. ZAPOROJAN S., CARBUNE V., SLAVESCU R.R., MUNTEANU E., DULGHERU V., GUȚU M. Modeling the deformation behavior of wind turbine blades using artificial neural networks. In: *Book of Abstracts of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2023)*, October 26-28, 2023, Cluj-Napoca, Romania, p.8.

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

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

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

1. LARIN, V., ZAPOROJAN, S., MUNTEANU, E., et al. *Senzor de deformare fără contact*. MD 4876, Int Cl G01B 7/16; G01B 7/24; G01L 1/12. Brevet de invenție B1 (MD), BOPI nr. 11/2023A2.
2. DULGHERU, V., ZAPOROJAN, S., LARIN, V., MANOLI, I., MUNTEANU, E., RABEI, I. *Dispozitiv și metodă de monitorizare predictivă a stării turbinei eoliene și de implementare a contramăsurilor*. Brevet de invenție de scurta durată MD 1701 Y. F03D 1/00, F03D 7/02, G08B 1/08. BOPI nr. 3/2023.

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

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

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

1. PÎNTEA Valentina, TRONCIU Vasile. *Fizica Generală Support de curs* 201 pagini, Chișinău Editura Tehnica –UTM, 2023
2. CHISTOL Vitalie, GUȚULEAC Leonid. *Fizica. Note de curs. Vol. 1*. Chișinău, Editura Tehnica –UTM, 2024.

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: **20.80009.5007.08**

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea codurilor economice	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	492,6		492,6
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii (24%)	212100	118,2		118,2
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	29,2	-6,5	22,7
Servicii editoriale	222910			
Servicii de cercetări științifice contractate	222930			
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	9,3	-4,0	5,3
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900		+9,8	9,8
Alte prestații sociale ale angajaților	273900			5,0
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110			
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110			
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110		+0,7	0,7
Procurarea altor materiale	339110			
TOTAL		649,3		654,3

Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)

Rector U.T.M.


(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

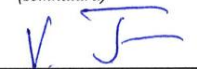
Contabil (economist)


(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect


(semnătura)

Dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Data: 11.01.2024

LS



Componența echipei proiectului conform contractului de finanțare 2023

Cifrul proiectului 20.80009.5007.08

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru a.2023						
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	03.01.2023	31.12.2023
2.	Rusu Spiridon	1955	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
3.	Zaporojan Sergiu	1961	dr.	0,75	03.01.2023	31.12.2023
4.	Andronic Silvia	1988	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
5.	Sanduleac Ionel	1989	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
6.	Grigoriev Eugen	1980	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023
7.	Dobrovolschi Veronica	1987	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023
8.	Chistol Vitalie	1961	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023
9.	Gubceac Natalia	1987	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare						44,4
Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2023						
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	
Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării						44,4

Rector U.T.M.

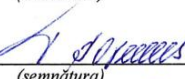


(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

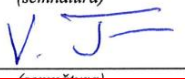


(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect



(semnătura)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Data:

LS



**EXTRAS din Procesul Verbal nr. 1
al ședinței Consiliului Științific UTM
din 11 ianuarie 2024**

Prezenți: 15 membri ai Consiliului științific al UTM – dr. hab., prof. univ. Tronciu Vasile, dr., conf. univ. Siminiuc Rodica, dr. hab., prof. univ. Bostan Viorel; acad. Bostan Ion; dr. hab., prof. univ. Bugaian Larisa dr. hab., prof. univ. Stoicev Petru; dr. hab., prof. univ. Tatarov Pavel; dr. hab., prof. univ. Valeriu Dulgheru; dr. hab., prof. univ. Rusu Ion; dr. hab., prof. univ. Albu Svetlana; dr., prof. univ. Șontea Victor; dr., conf. univ. Zaprojan Sergiu, dr., conf. univ. Moraru Vasile, dr., conf. univ. Stratan Ion, doctorandă Railean Daniela.

~~**S-A DISCUTAT:** audierea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2023 în cadrul proiectului Program de Stat: 20.80009.5007.08 "Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor termoelectrice cu eficiență înaltă", Conducător de proiect: *dr. hab. Vasile Tronciu.*~~

S-A DECIS: aprobarea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2023 în cadrul proiectului Program de Stat: 20.80009.5007.08 "Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor termoelectrice cu eficiență înaltă".



Președinte al CȘ UTM,
Vasile TRONCIU, dr. hab., prof. univ.

Secretar al CȘ UTM,
Rodica SIMINIUC, dr., conf. univ.