

RECEȚIONATAgenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____

_____ 2020

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2020

RAPORT ANUAL**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)**Studiul structurilor optoelectronice și a dispozitivelor termoelectrice cu eficiență înaltă*(denumirea)*20.80009.5007.08*(cifrul)*Prioritatea Strategică _____ Competitivitate economică și tehnologii inovative _____

Conducătorul proiectului

dr. hab. Tronciu Vasile _____

(numele, prenumele)

(semnătura)

Rector U.T.M.

dr. hab. Bostan Viorel _____

(numele, prenumele)

(semnătura)

Consiliul științific

dr. hab. Bernic Mircea _____

(numele, prenumele)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău 2020

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Scopul etapei este determinarea parametrilor optimali pentru impulsuri de energii mari cu durată mai mică de 10 picosecunde și a factorului termoelectric de putere în cristale organice de TTT_2I_3 și de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Modelarea impulsurilor de energii mari cu durata mai mică de 10 picosecunde în laserele semiconductoare InGaN din domeniul albastru.
2. Modelarea factorului termoelectric de putere 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.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Se va propune un model teoretic adecvat pentru investigarea impulsurilor de putere înaltă cu durata mai mica de 10 ps și se va investiga influența parametrilor de material asupra caracteristicilor impulsurilor.
2. Va fi modelat factorul termoelectric de putere 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. Vor fi construite graficele dependențelor respective.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. A fost propus un model adecvat și elaborat un soft pentru investigarea generării impulsurilor cu durata mai mică de 10 ps. Au fost determinați parametrii laserului precum lungimea secțiunii de comutare și lungimea de undă pentru care energia impulsului este mai mare de 500 pJ.
2. Au fost determinate lungimea de undă optimă și specificațiile laserului pentru utilizarea lor ulterioară în procesele de fabricare ale laserelor de către partenerii noștri.
3. Au fost determinați parametrii cristalelor de TTT_2I_3 și de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ precum concentrația purtătorilor de sarcină și parametrul adimensional care descrie împrăștierea pe impurități, pentru care factorul termoelectric de putere să atingă valorile maxime (de ordinul $10^{-2} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$).
4. Au fost trasate graficele dependențelor factorului termoelectric de putere ca funcție de temperatură și identificate regiunile de eficiență maximă a dispozitivelor termoelectrice de generare a curentului electric în prezența unui gradient de temperatură.
5. Au fost studiate oscilațiile cuantice magnetice, precum și supraconductibilitatea și feromagnetismul slab în izolatori topologici tridimensionali cu una sau mai multe interfețe nanodimensionale.

5. Rezultatele obținute

În perioada de referință au fost obținute rezultate ale investigațiilor teoretice ale generării impulsurilor cu durată mai mică de 10 ps de către laserul InGaN cu două secțiuni. S-a studiat principiul generării impulsurilor și influența diferitor parametri precum lungimea secțiunii de comutare și lungimea de undă asupra stărilor staționare și comportamentului dinamic. S-a investigat, de asemenea, impactul factorului de amplificare asupra maximului puterii emergente, a energiei și lățimii impulsului. Pentru prima data rezultatele obținute numeric au fost comparate

cu cele provenite din expresiile semi-analitice. Aceste rezultate sunt comparabile. Ținem să menționăm că, am luat în considerare lasere care emit la diferite lungimi de undă între 395 și 410 nm, având același strat al mediului activ dar compoziție diferită. Rezultatele acestui studiu indică că există o lungime de undă optimă de 405 nm pentru generarea impulsurilor cu energii mari și durată mai mică de 10 ps. Astfel, rezultatele noastre oferă o bază bună pentru viitorul studiu experimental împreună cu partenerii noștri.

În afară de aceasta a fost obținută expresia analitică pentru densitatea stărilor electronice în cristalele de tipul TTT_2I_3 . În baza acestei expresii, au fost realizate calcule numerice pentru densitatea de stări cu scopul de a demonstra apariția benzii interzise în spectrul electronic la diminuarea temperaturii. Rezultatul obținut descrie fenomenul de tranziție metal-dielectric de tip Peierls în aceste cristale la temperaturi joase. În rezultatul comparării calculelor numerice pentru operatorul de polarizare și cele ale spectrului renormat al fononilor au fost determinați parametrii cristalului de TTT_2I_3 , precum viteza sunetului și valoarea raportului dintre amplitudinile interacțiunii de tip polaron la cele de tip potențial de deformare în direcția x . Ulterior au fost selectați parametrii optimi pentru un factor de putere ridicat (de ordinul $10^{-2} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ în intervalul de temperaturi $T = 300 - 350 \text{ K}$) în aceste materiale. Au fost deduse pentru cristale de $\text{TTT}(\text{TCNQ})_2$ expresiile analitice pentru conductivitatea electrică de tip p și n și factorul termoelectric de putere (coeficientul Seebeck). În rezultatul modelării au fost identificați parametrii optimi precum concentrația electronilor de conducție și parametrul adimensional D_0 , ce descrie împrăștierea pe impurități, pentru care cristalele manifestă eficiență termoelectrică ridicată (cu valori prezise ale coeficientului Seebeck $S = 100 \mu\text{V/K}$ la $T = 300 \text{ K}$). De asemenea au fost efectuate calcule numerice pentru spectrul renormat al fononilor la diferite concentrații ale purtătorilor de sarcină. În rezultat au fost construite dependențele spectrului renormat al fononilor pentru valoarea 1.7 a raportului dintre amplitudinile interacțiunii de tip polaron la cele de tip potențial de deformare în direcția x . A fost determinată temperatura optimă de tranziție metal-dielectric de tip Peierls, aceasta fiind $T_p = 90 \text{ K}$ când interacțiunea dintre lanțurile de TTT este neglijată și $T_p = 19.7 \text{ K}$ în cazul în care se consideră interacțiunea dintre lanțurile de TTT.

Pe de alta parte, s-a demonstrat că în funcție de gradul de imperfecțiune al interfețelor izolatorului topologic tridimensional studiat au fost detectate: tranziții supraconductoare și bucle de histerezis pe fundal diamagnetic similar cu supraconductorii puternici de tip II; o singură tranziție supraconductoare și o buclă de histerezis feromagnetică pe fond paramagnetic; două tranziții supraconductoare și două bucle de histerezis magnetic (supraconductoare și feromagnetică) pe un fundal paramagnetic. Cea din urmă indică prezența simultană a supraconductivității și feromagnetismul slab tipic pentru izolatorii topologici 3D studiați.

A fost propusă o metodă de extragere a cunoștințelor bazată pe date obținute din măsurători experimentale aplicabilă în automatizarea proceselor fizico-chimice complexe. A fost inițiată cercetarea pe direcția de analiză, modelare și evaluare a performanței sistemelor și rețelelor dinamice complexe prin modele analitice cu parametri fuzzy.

În final, menționăm că s-a cercetat posibilitatea utilizării algoritmilor de învățare aprofundată pentru prezicerea proprietăților de performanță ale laserelor semiconductoare InGaN și efectiv accelerarea procesului de identificare a straturilor laserului care ar satisface asemenea proprietăți.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

1. Articole în reviste științifice

1.1. în reviste din bazele de date **Web of Science** și **SCOPUS**:

1. TRONCIU, V., WENZEL, H., A KNIGGE, A. Theoretical studies of the generation of picoseconds pulses with two-section blue-violet semiconductor lasers. *Semiconductor Science and Technology*, 35(4), pp. 045029: 1-10, 2020. doi: [10.1088/1361-6641/ab74f0](https://doi.org/10.1088/1361-6641/ab74f0). **(IF 2.654)**
2. TRONCIU, V., ARAR, B., WENZEL, H. Travelling-wave analysis of extended cavity diode lasers. *Romanian Reports in Physics*, 72(3), pp. 411: 1-9, 2020. **(IF 1.9)**
3. MUNTYANU, F.M., GILEWSKI, A., NENKOV, K., ZALESKI, A. J., CHISTOL, V. Influence of the pronounced degree of imperfection on the superconductivity, weak magnetism, and quantum transport of crystallite structures with one or more nano-width multilayer interfaces of Bi_{1-x}Sb_x (0.07 ≤ x ≤ 0.2) alloys. *Physica B: Condensed Matter*, 592, pp. 412262:1-6, 2020. doi:[10.1016/j.physb.2020.412262](https://doi.org/10.1016/j.physb.2020.412262). **(IF 1.902)**
4. ANDRONIC, S., CASIAN, A. Peierls structural transition in Q1D crystals of TTT₂I₃ for different values of carrier concentration. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 10, pp. 239-251, 2020. doi:[10.4236/ampc.2020.1010018](https://doi.org/10.4236/ampc.2020.1010018). **(IF 1.13)**

1.2. în reviste din străinătate recunoscute:

5. CASIAN, A., SANDULEAC, I. Temperature dependence of the thermoelectric power factor of TTT₂I₃ organic crystals. *ARA Journal of Sciences*, 2, pp. 108-112, 2020.
6. CHISTOL, V., TRONCIU, V. Graphical method of solving problems on bistability in mechanics. *Physics Education Journal*, 2020. (submitted)

1.3. în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei:

categoria B+

7. RUSU, S., OLOINIC, T., CHISTOL, V., TRONCIU, V. Characteristics of quantum dots laser subjected to conventional and filtered optical feedback. *Journal of Engineering Science*, vol. XXVII, no.2, pp. 44-51, 2020.
8. CASIAN, A., SANDULEAC, I. Density of states for an electronic spectrum with a forbidden band. *Journal of Engineering Science*, vol. XXVII, no.3, pp. 33-37, 2020.
9. GUȚULEAC, E., ZAPOROJAN, S., MORARU, V., SCLIFOS, A., FURTUNA, A. Approximate main value performance analysis of computing process using SHPN with fuzzy parameters. *Journal of Engineering Science*, vol. XXVII, no.3, pp. 111-133, 2020.
10. DOBROVOLSCHI, V., PIRTAC, C., TRONCIU, V. The influences of the asymmetric gain saturation effect on the dynamics of InGaAsP Fabry-Perot lasers. *Journal of Engineering Science*, 2020. (submitted)

categoria B

11. RUSU, S., GRIGORIEV, E., TRONCIU, V. Stări staționare ale laserului cu mediu activ puncte cuantice cu feedback optic. *Akademios*, vol. 57, nr. 2, pag. 18-21, 2020.

1.4. în alte reviste editate în Republica Moldova:

12. CHISTOL, V., POPOVICI, A., TRONCIU, V. Efectul Cuantic Zenon. *Fizica și Tehnologiile Moderne*, vol. 18, nr. 1-2, pag. 59-66, 2020.

2. Articole în culegeri științifice

2.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale indexate în bazele de date **Web of Science** și **SCOPUS**:

13. ZAPOROJAN, S., CARBUNE, V., CALMICOV, I. Data-Based Technique for Extracting Knowledge from Data Generated in Experiments. *Pre-Proceedings of the IEEE 16th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2020)*, September 3-5, 2020, Cluj-Napoca, Romania, pp. 13-19, ISBN 978-1-7281-9079-2. IEEE Catalog Number: CFP2009D-USB

3. Teze în culegeri științifice

3.1. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională:

14. GRIGORIEV, E. Study of stationary states and dynamics of a laser with feedback from external cavities. *Theses of the Technical Scientific Conference of undergraduate, master and PhD Students*, Chisinau, 1-3, April, vol. 1, p. 20, 2020.

15. DOBROVOLSCHI, V. Analiza și modelarea sistemelor dinamice complexe. *Theses of the Technical Scientific Conference of undergraduate, master and PhD Students*, Chisinau, 1-3, April, vol. 1, pp. 18-19, 2020.

16. BURLACU, A. Optical reservoir computing: prospects of using sub-10 picosecond lasers. *Theses of the Technical Scientific Conference of undergraduate, master and PhD Students*, Chisinau, 1-3, April, vol. 1, pp. 263-264, 2020.

7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezumat/abstracte) la foruri științifice

1. Zaporojan Sergiu: comunicare în cadrul conferinței *IEEE 16th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing*, Sept. 3-5, 2020, Cluj-Napoca, Romania /**Session** - *Intelligent Systems: Fuzzy Reasoning And Brain Signal Classification* (Friday, September 4, 10:00-11:20) Channel: Track 01, **Chair**: Sergiu Zaporojan.
2. Grigoriev Eugeniu și Dobrovolschi Veronica: comunicări în cadrul conferinței *Theses of the Technical Scientific Conference of undergraduate, master and PhD Students*, Chisinau, 1-3, April, 2020.
3. Burlacu Alexandru: comunicare Bringing together few-shot learning and self-supervision for greater sample efficiency *Advances in Learning from/with Multiple Learners (ALML)* from IJCNN International Joint Conference on Neural Networks, IEEE World Congress on Computation Intelligence, 19 July 2020, Glasgow, UK (online)

8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală

În cadrul proiectului sunt efectuate cercetări fundamentale. La momentul dat OPI nu sunt.

9. Materializarea rezultatelor obținute

1. Rusu Spiridon. Coautor al manualului FIZICA CLASA XI. Manualul este editat cu suportul MECC și este destinat profesorilor și elevilor din toate liceele Republicii Moldova.
2. Oloinic Tatiana. Teza de doctorat *Dinamica complexă a laserelor semiconductoare cu mediu activ puncte* cuantice este în proces de finalizare și susținere.
3. Grigoriev Eugeniu. Teza de doctorat *Studiul dinamicii laserelor semiconductoare InGaN de lumină albastră și violetă cu mediu activ gropi și puncte cuantice* este în proces de elaborare.
4. Dobrovolschi Veronica. Teza de doctorat *Analiza și modelarea sistemelor dinamice complexe* este în proces de elaborare.
5. Tronciu Vasile împreună cu Ciobanu Nelu (USMF) au aplicat la competiția de granturi doctorale 2020 și au câștigat proiectul de cercetare *Studiul influenței radiației electromagnetice asupra sistemelor biomoleculare*.
6. Zaporozjan Sergiu. Conducător științific la teza de doctorat *Arhitecturi hardware adaptive pentru sisteme neuro-fuzzy cu autoorganizare* (competitor Cărbune Viorel), care este în curs de susținere publică în cadrul CȘS al UTM.
7. Burlacu Alexandru. Pregătește teza de master *Învățare aprofundată automată cu puține exemple*.

10. Dificultățile în realizarea proiectului

Regretăm că din cauza COVID19 au fost anulate deplasările.

11. Concluzii

În perioada de referință au fost obținute rezultate ale investigațiilor teoretice în domeniul generării impulsurilor cu durată mai mică de 10 ps cu un laser InGaN cu două secțiuni. S-a studiat principiul generării impulsurilor și influența diferitor parametri precum lungimea secțiunii de comutare și lungimea de undă asupra stărilor staționare și comportamentului dinamic. Pentru prima dată rezultatele obținute numeric au fost comparate cu cele provenite din expresiile semi-analitice. În afară de aceasta, a fost obținută expresia analitică pentru densitatea stărilor electronice în cristalele de tipul TTT_2I_3 . În baza acestei expresii, au fost realizate calcule numerice pentru densitatea de stări cu scopul de a demonstra apariția benzii interzise în spectrul electronic, o dată cu scăderea temperaturii. De asemenea, au fost efectuate calcule numerice pentru spectrul renormat al fononilor la diferite concentrații ale purtătorilor de sarcină. A fost inițiată cercetarea pe direcția de analiză, modelare și evaluare a performanței sistemelor și rețelelor dinamice complexe prin modele analitice cu parametri fuzzy. În structurile cu una sau mai multe interfețe cristaline nanodimensionale ale izolatorului topologic tridimensional a fost depistată manifestarea simultană a supraconductivității și feromagnetismul slab. S-a cercetat posibilitatea utilizării algoritmilor de învățare aprofundată pentru precizarea proprietăților de performanță ale laserelor semiconductoare InGaN. În final, ținem să menționăm că toate obiectivele propuse spre realizare au fost îndeplinite.

During the reference period, we report the results of theoretical investigations of 10 ps pulse generation of InGaN laser with two sections. The principle of pulse generation and the influence of different parameters such as length of the switching section, and wavelength on the stationary states, and the dynamic behavior were studied. For the first time, we compare the results of numerical simulations with those obtained from semi-analytical expressions. Moreover, the analytical expression for electronic density of states was obtained for crystals of TTT_2I_3 . Further, by performing the numerical analysis of the mentioned expression, we conclude that by decreasing the temperature a forbidden band is shown in the electronic spectra. This gap increases with decrease of the temperature. The numerical simulations also were performed for renormalized phononic spectra for different values of charge carrier concentrations. To conduct the analysis, modeling and performance evaluation of complex dynamical systems and networks, a research has been initiated based on analytical models with fuzzy parameters. For crystallite structures with one or more nano-multilayer interfaces of three-dimensional topological insulator has been detected simultaneous manifestation of superconductivity and weak ferromagnetism. The possibility of using deep learning algorithms to speed up the discovery and prediction of higher performance features of semiconductor InGaN lasers was investigated. Finally, we mention that, all objectives proposed in the project have been achieved.

Conducătorul de proiect _____/ Tronciu Vasile

Data: _____

LS

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare
Cifrul proiectului: 20.80009.5007.08

Cheltuieli, mii lei						
Denumirea	Cod		Anul de gestiune			
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat	Executat	Sold
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	376,3		376,3	376,3	
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	67,7		67,7	67,7	
Prime de asigurare obligatorie de asistență medicală	212200	16,9		16,9	16,9	
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710					
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	27,9	-27,9			
Servicii editoriale	222910					
Servicii de cercetări științifice contractate	222930					
Servicii neatribuite altor aliniate	222990		5,0	5,0	5,0	
Procurarea produselor alimentare	333110					
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	68,5	22,9	91,4	91,4	
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110					
TOTAL		557,4	0,0	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: _____

LȘ

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.0807.34

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.	Casian Anatolii	1935	dr.hab	1,0	03.01.2020	29.05.2020
2.	Tronciu Vasile	1965	dr.hab	0,5	03.01.2020	
3.	Rusu Spiridon	1955	dr.	0,5	03.01.2020	
4.	Andronic Silvia	1988	dr.	0,5	03.01.2020	
5.	Sandulleac Ionel	1989	dr.	0,5	03.01.2020	
6.	Oloinic Tatiana	1987	f-grad	0,25	03.01.2020	c/m
7.	Grigoriev Eugen	1980	f-grad	0,25	03.01.2020	
8.	Dobrovolschi Veronica	1987	f-grad	0,25	03.01.2020	
9.	Burlacu Alexandru	1996	f-grad	0,25	03.01.2020	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	55
--	-----------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Chistol Vitalie	1961	dr.	0,25	03.01.2020
2.	Zaporojan Sergiu	1961	dr.	0,5	01.06.2020

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	50
---	-----------

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