

RECEPȚIONAT

Agencia Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____

_____ 2020

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2020

RAPORT ANUAL

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

MATERIALE NANOSTRUCTURATE AVANSATE PENTRU APLICAȚII

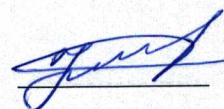
TERMOELECTRICE ȘI SENZORI,

cu cifrul 20.80009.5007.02

Prioritatea Strategică V. Competitivitate economică și tehnologii inovative

Conducătorul proiectului

NICA Denis, dr. hab.



Prorector pentru activitate didactică

DANDARA Otilia, dr. hab.



Președintele Senatului

DANDARA Otilia, dr. hab.



Chișinău 2020

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Consolidarea bazei tehnologice pentru sinteza, creșterea, depunerea și caracterizarea materialelor nanostructurate în baza calcogenurilor de Sn, Fe și Bi și oxizilor In-Ga-Sn-O.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Elaborarea tehnologiilor de depunere a peliculelor In-Ga-Sn-O și studierea parametrilor structurali și electrofizici ai lor.
2. Studierea teoretică a proprietăților energetice ale defectelor punctiforme complexe pe baza Sn, Ga și O în rețeaua cristalină a In_2O_3 .
3. Consolidarea utilajului tehnologic de obținere prin metoda transportului chimic din vapori a monocristalelor de SnS, SnS_2 , SnSe, SnSe_2 cu parametri morfologici, electrofizici și optici dirijați.
4. Stabilirea materialelor cu anizotropie înaltă a forței termoelectromotoare. Sinteza materialului supraconductor din calcogenuri de fier cu temperatura tranziției supraconductoare de 8 – 14 K.
5. Dezvoltarea tehnologiilor de electro-pulverizare și chimice de fabricare a nanofirelor din SnO_2 cu proprietăți dirijate.
6. Studierea teoretică a transportului termic în nanotuburile cristalin-amorfe Si/ SiO_2 și c-Si/a-Si.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Căutarea regimurilor optime de depunere prin metoda spray-pirolizei a peliculelor în sistemul oxidic triplu In-Ga-Sn-O pentru a atinge parametri termoelectrice avansați.
2. Studierea proprietăților nanostructurale și electrofizice ale peliculelor din sistemul oxidic triplu In-Ga-Sn-O, obținute prin metoda spray-pirolizei.
3. Calcularea și studierea structurii electronice și a energiei de formare a defectelor punctiforme de Sn, Ga și O în rețeaua cubică a In_2O_3 în cadrul teoriei funcționalei densității stărilor.
4. Ajustarea echipamentelor tehnologice și de caracterizare a materialelor semiconductoare și oxidice la cerințele de realizare a proiectului. Montarea și ajustarea sistemelor tehnice de dirijare programată și menținere cu precizie înaltă a temperaturii la instalația de obținere a materialelor semiconductoare prin transport chimic.
5. Efectuarea proceselor tehnologice de obținere a monocristalelor de materiale semiconductoare SnS, SnS_2 , SnSe, SnSe_2 prin cristalizare direcționată.
6. Montarea și ajustarea sistemelor tehnice de obținere a microfiredelor din materialele termoelectrice Bi_2Te_3 și BiSb cu parametri electrofizici dirijați. Obținerea straturilor de izolator topologic BiSb:Sn cu anizotropia forței termoelectromotoare mai puternică decât în materialul volumetric.
7. Efectuarea sintezei și realizarea măsurărilor pentru materialul supraconductor din calcogenuri de fier cu temperatura de tranziție supraconductoare 8 – 14 K.
8. Stabilirea condițiilor tehnologice de fabricare a nanofirelor de SnO_2 și studierea caracteristicilor electrofizice ale lor.
9. Calcularea și studierea modelor fononice, a timpului de împrăștiere și a conductibilității termice de rețea în nanotuburile cristalin-amorfe Si/ SiO_2 și c-Si/a-Si, în dependență de temperatură și de parametrii geometrici ai nanotuburilor.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Au fost obținute în sistemul In-Ga-Sn-O pelicule submicronice, având compoziții și grosimi diferite, care au fost depuse pe substrat de Si ori sital prin metoda spray-pirolizei la diferite temperaturi, solvenți și molarități ale soluției.
2. Au fost efectuate cercetări roentgenostructurale și morfologice (utilizând microscopiile de scanare AFM și SEM) a peliculelor din sistemul In-Ga-Sn-O, obținute prin metoda spray-pirolizei la diverse regimuri tehnologice. A fost studiată dependența de temperatură a conductibilității electrice și a FEM termice ale acestor pelicule, care aveau diferite compoziții și grosimi. Au fost stabilite compozițiile optime și temperaturile optime de piroliză a acestor pelicule, care le asigură un factor de putere maximal al convertării termoelectrice.
3. În cadrul teoriei funcționalei de densitate a stărilor, au fost calculate și studiate teoretic structurile electronice și energiile de formare a defectelor în In_2O_3 cubic, având defecte punctiforme de Sn, Ga și O.
4. Au fost ajustate echipamentele tehnologice și de caracterizare a materialelor semiconductoare și oxidice la cerințele de realizare a proiectului. Au fost montate și ajustate sistemele tehnice de dirijare programată și menținere cu precizie înaltă a temperaturii la instalația de obținere a materialelor semiconductoare prin transport chimic.
5. Au fost efectuate procese tehnologice de obținere a monocristalelor din materialele semiconductoare SnS, SnS_2 , SnSe, SnSe_2 prin cristalizare direcționată.
6. Au fost montate și ajustate sistemele tehnice de obținere a microfîrelor din materialele termoelectrice Bi_2Te_3 și BiSb cu parametri electrofizici dirijați. Au fost obținute straturi de izolator topologic BiSb:Sn cu diferite concentrații de Sn, cu anizotropia forței termoelectromotoare mai puternică decât în materialul volumetric.
7. A fost efectuată sinteza aliajelor supraconductoare din $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ cu temperatura tranziției supraconductoare de 8 – 14 K.
8. Au fost stabilite condițiile tehnologice de fabricare a nanofîrelor de SnO_2 și au fost efectuate măsurările caracteristicilor electrofizice ale lor.
9. Au fost calculate și studiate teoretic modele fononice, timpul de împrăștiere și conductibilitatea termică de rețea pentru nanotuburile cristalin-amorfe Si/SiO₂ și c-Si/a-Si, în funcție de temperatură și de parametrii geometrici ai nanotuburilor.

5. Rezultatele obținute

- A fost elaborată tehnologia de depunere a peliculelor semiconductoare în sistemul In-Ga-Sn-O cu diferite concentrații de Ga. Au fost stabilite temperaturile optime ale spray-pirolizei și molaritățile optime ale soluției, care permit obținerea peliculelor cu valori înalte ale factorului termoelectric al puterii PF și a eficacității termoelectrice ZT. La studierea proprietăților structurale ale peliculelor prin metodele XRD, SEM și AFM au fost stabilite următoarele particularități principale ale peliculelor nanocristaline obținute: (1) formarea cristalitelor doar cu o singură simetrie a rețelei, de tipul bixbiit; (2) formarea defectelor de substituție Ga(In) în această rețea; (3) limita înaltă a solubilității Ga în faza solidă (până la 15 % at.) și (4) tranziția de fază a materialului în starea amorfă la concentrații ale Ga mai mari decât limita de solubilitate. Se arată, că un factor termoelectric maximal al puterii $\hat{I}$ -l posedă peliculele care conțin 6 % Sn și 15 % Ga, în diapazonul temperaturilor de lucru 220 – 250 °C. Unele din particularitățile stabilite au fost confirmate prin modelarea proprietăților energetice ale defectelor punctiforme complexe pe baza Sn, Ga și O în rețeaua cristalină a In_2O_3 , care a fost efectuată în cadrul teoriei funcționalei densității stărilor. În cadrul acestei teorii a fost calculată energia formării defectelor în intervalul energetic de la - 0.7 eV până la 4 eV, în funcție de numărul de atomi în defect și de poziția lor. A fost demonstrată o suprapunere între orbitalele electronice ale In și O cu amestec suplimentar al orbitalelor de Ga (4p) și Ga (4s) în cazul defectelor de Ga.
- Au fost obținute monocristale de SnS, SnS₂, SnSe, SnSe₂ și FeSe_{0.5}Te_{0.5} prin metoda cristalizării direcționate Bridjman și prin transport din faza de vapori în volum închis. Au fost studiate caracteristicile optice ale monocristalelor stratificate de SnSe. În intervalul de temperaturi 10 – 300 K a fost stabilită dependența spectrelor de absorbție (tranziții indirecte) de temperatură și a fost demonstrat faptul, că energia tranzițiilor indirecte se modifică în diapazonul 1.13 – 1.09 eV.
- Au fost elaborat și fabricat un răcitor termoelectric miniaturizat, format din 6 segmente de *n*- și *p*-straturi de Bi₂Te₃. Valoarea maximă de scădere a temperaturii a fost $\Delta T = 6$ K la temperatura camerei.
- Au fost obținute aliaje supraconductoare din FeSe_{0.5}Te_{0.5} sub formă de lingouri monocristaline ($T_c = 13.8$ K), din care au fost fabricate fire în înveliș de sticlă prin metoda Taylor cu trasare manuală ($D = 160$ μm, $d = 138$ μm, $T_c = 12.8$ K).
- S-a demonstrat, că în straturile monocristaline din aliaje semiconductoare Bi_{0.88}Sb_{0.12+0.001} Sn, fabricate prin exfoliere mecanică, forța termoelectromotoare într-un câmp magnetic slab cu $B = 0.4$ T, în intervalul de temperatură 90 – 100 K crește cu 80 %, în timp ce anizotropia forței termoelectromotoare este de 65 μV/K, lucru care poate fi utilizat pentru a crea convertoare de energie termoelectrică anizotropă.
- A fost arătat teoretic, că nanotuburile cristalin-amorfe Si/SiO₂ demonstrează valori ultra-joase ale conductibilității termice, de ~ 0.2 W/mK la temperatura camerei.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

Monografii – 1

monografii monoautor – 1

- KOROTCENKOV, G. *Handbook of Humidity Measurement: Methods, Materials and Technologies*. Vol. 3: Sensing Materials and Technologies. Boca Raton, USA: CRC Press, 2020, 502 p. ISBN-10: 1138482870.

Articole în reviste științifice – 9

în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS – 6

- COCEMASOV, A., BRINZARI, V., NIKA, D. Energetic, structural and electronic features of Sn-, Ga-, O-based defect complexes in cubic In_2O_3 . *Journal of Physics: Condensed Matter*. 2020, vol. 32, p. 225703. doi: 10.1088/1361-648X/ab720d. ISSN 1361-648X (FI = 2.7).
- KONOPKO, L., NIKOLAEVA, A., HUBER, T.E., SLOBODENIUC, C. Quantum oscillations in nanowires of topological insulator $\text{Bi}_{0.83}\text{Sb}_{0.17}$. *Applied Surface Science*. 2020, vol. 526, 146750. ISSN 0169-4332 (FI = 6.182).
- KOROTCENKOV, G. Current trends in nanomaterials for metal oxide-based conductometric gas sensors: advantages and limitations. Part 1: 1D and 2D Nanostructures. *Nanomaterials*. 2020, vol. 10, 1392 (62 p.). DOI:10.3390/nano10071392. ISSN: 1687-4110. (FI = 4.324).
- LASHKOV, A.V., FEDOROV, F.S., VASILKOV, M.Yu., KOCHETKOV, A.V., BELYAEV, I.V., PLUGIN, I.A., VAREZHNIKOV, A.S., FILLIPENKO, A.N., NASIBULIN, A.G., KOROTCENKOV, G., and SYSOEV, V.V. The Ti wire functionalized with inherent TiO_2 nanotubes by anodization as one-electrode gas sensor: a proof-of-concept study. *Sensors and Actuators B Chemical*. 2020, vol. 306, 127615. DOI:10.1016/j.snb.2019.127615. ISSN: 0925-4005 (FI = 7,1).
- PRONIN, I.A., YAKUSHOVA, N.D., SYCHEV, M.M., KOMOLOV, A.S., MJAKIN, S.V., KARMANOV, A.A., AVERIN, I.A., MOSHNIKOV, V.A., and KOROTCENKOV, G. Acid-base properties of the surface of zinc oxide powders subjected to milling in the attritor. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020, vol. 1658, 012042. DOI:10.1088/1742-6596/1658/1/012042. ISSN: 1742-6596 (FI = 0.540).
- НИКОЛАЕВА, А.А., КОНОПКО, Л.А., ХУБЕР, Т.Е., ПОПОВ, И.А., ПАРА, Г.И., БОТНАРЬ, О.В. Особенности продольного магнитосопротивления и осцилляции Шубникова де Гааза в полупроводниковых нитях $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$. *Электронная обработка материалов*. 2020, vol. 56, nr. 6, pp. 15-24. ISSN 0013-5739 (FI = 0.289).

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (Categorie B) – 2

- ISAC-GUȚUL, T., TUTOVAN, E. Studiul cineticii oxidării unor antibiotice din clasa fluorchinolonelor în sistemul $\text{FQ-H}_2\text{O}_2\text{-UV}$. *Studia Universitatis Moldaviae*. 2020, vol. 1 (131), p. 53-59. ISSN 1814-3237.
- КЛЮКАНОВ, А., НИКА, Д. Продольная диэлектрическая функция Ферми-жидкости. *Studia Universitatis Moldaviae*. 2020, vol. 2, p. 3-7. ISSN 1857-2073.

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (Categorie C) – 1

- MEGLEI, D., ALEKSEEVA, S. Experimental and theoretical temperature dependences of the kinetic coefficients of Bi_2Te_3 . *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. 2020,

Articole în culegeri științifice – 1

în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) – 1

- COJOCARU, V., GALUS, R., FEDORISIN, T. Smart devices for therapeutic hypothermia. *IFMBF Proceedings*. 2020, vol. 77, p. 749-753. ISBN: 978-3-030-31865-9.

Teze în culegeri științifice – 11

în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) – 9

- ISACOVA, C., COCEMASOV, A., NIKA, D., FOMIN, V. Thermal transport in Si/SiO₂ nanoshell nanotubes. In: *CMD2020GEFES, Condensed Matter General Conference of the European Physical Society and of the Spanish Royal Physical Society*, 31 August – 4 September 2020 (online). [citat 08.11.2020]. Disponibil: https://eventos.uam.es/files/event/28512/papers/49053/Isacova_CMD2020GEFES.docx.
- KONOPKO, L., NIKOLAEVA, A., HUBER, T., SLOBODENIUC, C. Tunnel junctions in Bi and Bi_{0.97}Sb_{0.03} nanoconstrictions. In: *10th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies", ATOM-N 2020*, 20 - 23 August 2020, Constanta, Romania (online). Poster OMN100-77. Disponibil: https://www.atom-n.ro/posters_uploads/OMN100-77.pdf.
- MORARI, V., MONAICO, E., LEISTNER, K., TIGHINEANU, I., NIELSCH, K. Porous GaAs layers and nanostructures decorated with magnetic materials. In: *Energy Efficient Magnetoelectric Materials by Ionic Approaches: Fundamentals, Challenges and Perspectives*. 712. *WE-Heraeus-Seminar. Physikzentrum Bad Honnef, Germany*, 26 Jan – 29 January 2020. Book of abstracts. Disponibil: https://www.weheraeusstiftung.de/fileadmin/Redaktion/PDF/Seminare/2020/712_booklet_with_abstracts.pdf
- MORARI, V. Heterostructurile p-NiO/n-Si și p-NiO/n-ZnO/n-Si obținute prin metoda spin coating. In: *Conferința Internațională - Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători, ediția a IX-a, USDC*, 10 iunie 2020. Chișinău, vol. I, p. 74-81, (2020), ISBN 978-9975-3389-5-0.
- MORARI, V., RUSU, E., URSAKI, V., TIGINYANU, I. Zn_{1-x}Mg_xO thin films prepared by aerosol deposition on p-Si substrates for applications in photodetectors. In: *BCFN Annual Conference and NanoMedTwin Conference*, September 17-18, Bristol, UK, 2020. Poster session. Disponibil: http://www.bristol.ac.uk/physics/functional-nanomaterials/ep_conf_2020/poster_session_2020/
- MORARI, V., POSTOLACHE, V., RUSU, E., LEISTNER, K., NIELSCH, K., URSAKI, V., TIGHINEANU, I. Photosensitivity of heterostructures produced by aerosol deposition of ZnMgO thin films on Si substrates. In: *10th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies", ATOM-N 2020*, 20 – 23 August 2020, Constanta, Romania (online). Poster OMN100-55 Disponibil: https://www.atom-n.ro/posters_uploads/OMN100-55.pdf.
- NIKA, D.L. Phonon-engineered thermal conductivity in graphene. In: *CMD2020GEFES, Condensed Matter General Conference of the European Physical Society and of the Spanish Royal Physical Society*, 31 August – 4 September, 2020 (online). [citat 02.11.2020]. Disponibil: https://eventos.uam.es/files/event/28512/papers/49007/Nika_Phonon_Engineering_CMD2020GEFES_1.d

[OCX](#).

- PRONIN, I.A., YAKUSHOVA, N.D., SYCHEV, M.M., KOMOLOV, A.S., MJAKIN, S.V., KARMANOV, A.A., AVERIN, I.A., MOSHNIKOV, V.A., KOROTCENKOV, G. Acid-base properties of the surface of zinc oxide powders subjected to milling in the attritor. In: *The 2nd International Scientific and Practical Conference “Mathematical Modeling, Programming and Applied Mathematics, Velikiy Novgorod, Russia*, 5-6 November 2020 (online). Disponibil: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1658/1/012042/pdf>
- ZALAMAI, V.V., TIRON, A.V., RUSU, E.V., MONAICO, E.V., SYRBU, N.N. Near-edge optical anisotropy in SnSe single crystals. In: IX *Международная научная конференция «МАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ» МССЭ-2020*, 14 – 16 октября 2020, Минск, Беларусь. Program of Conference. Disponibil: https://vk.com/doc308743576_570401264?hash=355090f00670720b31.

în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare națională – 2

- GUȚANU, V., TUTOVAN, E., ISAC-GUȚU, T. Cinetica sorbției albastrului de metilen pe cărbune active. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare*. 10-11 noiembrie, 2020. Chișinău, USM, 2020. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte. p. 239-241. ISBN 948-9975-152-48.8
 - КЛЮКАНОВ, А., НИКА, Д. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare*. 10-11 noiembrie 2020. Chișinău, USM, 2020. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte. p. 267-271. ISBN 948-9975-152-48.8
7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezumate/abstracte) la foruri științifice:
1. **Denis Nica**, comunicare „Phonon-engineered thermal conductivity in graphene”, *Condensed Matter General Conference of the European Physical Society and of the Spanish Royal Physical Society*, 31 August – 4 September, 2020. Disponibil: https://eventos.uam.es/_files/_event/_28512/papers/49053/Isacova_CMD2020GEFES.docx.
 2. **Calina Isacova**, comunicare: „Thermal transport in Si/SiO₂ nanoshell nanotubes”, *Condensed Matter General Conference of the European Physical Society and of the Spanish Royal Physical Society*, 31 August – 4 September, 2020. Disponibil: https://eventos.uam.es/_files/_event/_28512/papers/49053/Isacova_CMD2020GEFES.docx.
 3. **Tatiana Isac-Guțu**, comunicare: “Cinetica sorbției albastrului de metilen pe cărbune active”, *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare*. 10-11 noiembrie, 2020. Chișinău, USM, 2020. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte. pp. 239-241. ISBN 948-9975-152-48.8
 4. **Cliucanov Alexandr**, comunicare: “Квазичастицы в физике конденсированного состояния”, *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare*. 10-11 noiembrie, 2020. Chișinău, USM, 2020. Rezumate ale comunicărilor, Științe ale naturii și exacte. pp. 267-271. ISBN 948-9975-152-48.8.

5. **Leonid Konopko**, *comunicare*: “Quantum oscillations in Bi and Bi-Sb nanowires in transverse magnetic fields”, *XI Международная научная конференция «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах» (ФНКС-2020) 24 – 26.11.2020, Минск, Беларусь* (online). Disponibil: <http://www.itmo.by/conf/fns-2020/>.
6. **Albina Nikolaeva**, *comunicare*: “Thermoelectric properties of the nanotextured semiconductor $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ foils and wires”, *XI Международная научная конференция «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах» (ФНКС-2020) 24 – 26.11.2020, Минск, Беларусь* (online). Disponibil: <http://www.itmo.by/conf/fns-2020/>.
7. **Albina Nikolaeva**, *comunicare*: “Influence elastic deformation, effect size quantization, magnetic field on energy spectrum and thermoelectric properties semimeta $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ nanowires”, *XI Международная научная конференция «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах» (ФНКС-2020) 24 – 26.11.2020, Минск, Беларусь* (online). Disponibil: <http://www.itmo.by/conf/fns-2020/>.
8. **Leonid Konopko**: poster: “Tunnel junctions in Bi and $\text{Bi}_{0.97}\text{Sb}_{0.03}$ nanoconstrictions”, *10th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies", ATOM-N 2020, 20 - 23 August 2020, Constanta, Romania* (online). Poster OMN100-77 (https://www.atom-n.ro/posters_uploads/OMN100-77.pdf). **Certificat de atribuire: Excellent paper award. poster session.**
9. **Vadim Morari**, poster: “Porous GaAs layers and nanostructures decorated with magnetic materials”, *Energy Efficient Magnetoelectric Materials by Ionic Approaches: Fundamentals, Challenges and Perspectives. 712. WE-Heraeus-Seminar. Physikzentrum Bad Honnef, Germany, 26 Jan - 29 January 2020. Book of abstracts* (https://www.we-heraeus-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/PDF/Seminare/2020/712_booklet_with_abstracts.pdf).
10. **Vadimi Morari**, poster: „Heterostructurile p-NiO/n-Si și p-NiO/n-ZnO/n-Si obținute prin metoda spin coating”, *Conferința Internațională - Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători, ediția a IX-a, USDC, 10 iunie, Chișinău, Vol.I, p. 74-81, (2020), ISBN 978-9975-3389-5-0.*
11. **Emil Rusu**, poster: “Near-edge optical anisotropy in SnSe single crystals”, *IX Международная научная конференция «МАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ» МССЭ-2020, 14 - 16 октября 2020 г. Минск.* Program of Conference (https://vk.com/doc308743576_570401264?hash=355090f00670720b31).
12. **Leonid Konopko**, poster: „The method of oriented growth of single crystals in anisotropic glass-insulated microwires (for example, Bi and Bi-Sn alloys) in a strong electric field”, „EUROINVENT”, *The 12th European Exhibition of Creativity and Innovation, 21-23 May 2020, Iasi, Romania. Silver Medal and Diploma.*
13. **Emil Rusu**, poster: “Procedures for obtaining of semiconductors based on GaN:Mg”, „EUROINVENT”, *The 12th European Exhibition of Creativity and Innovation, 21-23 May 2020, Iasi, Romania. Silver Medal and Diploma.*
14. **Lidia Ghimpu**, poster: „Gas and Pressure Sensors”, „EUROINVENT”, *The 12th European Exhibition of Creativity and Innovation, 21-23 May 2020, Iasi, Romania. Silver Medal and Diploma.*
15. **Victor Cojocaru**, poster: “Fuzzy controlled system for hypothermic brain therapy”,

„EUROINVENT”, The 12th European Exhibition of Creativity and Innovation, 21-23 May 2020, Iasi, Romania. **Bronze Medal and Diploma.**

16. **Leonid Konopko**, poster: “Method of oriented growth of single crystals in glass-coated microwire of anisotropic material (Bi and Bi-Sb alloys) in a strong electric field”, „INVENTICA”, The 24th international exhibition of inventions, 29-31 July 2020, Iasi, Romania. **Diploma of Excellence and Medal Inventica 2020.**

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

Brevet de invenție:

- NIKOLAEVA, A., KONOPKO, L., BODIUL, P., GHERGHISAN, I., COROMISLICENCO, T., PARA, Gh. Metoda de obtinere a peliculelor monocristaline subtiri. Brevet MD 1366 Z 2020.03.31.

9. Materializarea rezultatelor obținute

Nu sunt.

10. Dificultățile în realizarea proiectului

Nu sunt.

11. Concluzii

În prima etapă a proiectului au fost dezvoltate tehnologiile necesare obținerii materialelor nanostructurate în baza calcogenurilor de Sn, Fe, Bi și a oxizilor In-Ga-Sn-O, cât și metodele teoretice, care permit modelarea proprietăților energetice ale defectelor punctiforme complexe pe baza Sn, Ga și O în rețeaua cristalină a In_2O_3 și a proprietăților termice a nanotuburilor cristalin/amorfe Si/SiO₂ și c-Si/a-Si. A fost stabilit experimental faptul, că peliculele de In_2O_3 cu Sn(6%) și Ga(15%) posedă factor maximal al puterii termoelectrice în diapazonul temperaturilor de lucru $T = 490\text{--}520\text{K}$. A fost demonstrată creșterea puternică (până la 80%) a forței termoelectromotoare în straturile monocristaline $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12} + 0,001\text{Sn}$ la aplicarea câmpului magnetic slab cu $B = 0.4\text{T}$ în intervalul de temperaturi $90 - 100\text{K}$. A fost fabricat un răcitor termoelectric miniaturizat, format din șase segmente de *n*- și *p*-straturi de Bi_2Te_3 cu valoarea maximală de scădere a temperaturii $\Delta T \sim 6\text{K}$ la $T = 300\text{K}$. A fost arătat teoretic, că nanotuburile cristalin-amorfe Si/SiO₂ demonstrează valori ultra-joase ale conductibilității termice $\sim 0.2\text{ W/mK}$ la temperatura camerei. Rezultatele obținute în proiect permit atât identificarea materialelor nanostructurate cu perspective pentru aplicațiile termoelectrice, termoizolante și supraconductoare, cât și aprofundarea cunoștințelor noastre fundamentale despre procesele fizice care se petrec în ele.

During the first stage of the project the experimental techniques for preparation of nanostructured materials based on Sn, Fe and Bi chalcogenides and In-Ga-Sn-O oxides were developed. The theoretical models of energetic properties of Sn-, Ga- and O-based defect complexes in In_2O_3 as well as of thermal properties of crystalline/amorphous Si/SiO₂ and c-Si/a-Si nanotubes were also elaborated. It has been established experimentally that In_2O_3 films doped with Sn (6%) and Ga (15%) possess a maximum thermoelectric power at the temperature range $T = 490 - 520\text{ K}$. The strong increase (up to 80%) of thermoemf in the monocrystalline layers $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12} + 0,001\text{Sn}$ in weak magnetic field $B = 0.4\text{ T}$ was revealed for temperatures $T = 90 - 100\text{K}$. A miniature thermoelectric cooler, consisting of six segments

the temperature range $T = 490 - 520$ K. The strong increase (up to 80%) of thermoelectricity in the monocrystalline layers $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12} + 0.001\text{Sn}$ in weak magnetic field $B = 0.4$ T was revealed for temperatures $T = 90 - 100$ K. A miniature thermoelectric cooler, consisting of six segments of n - and p - Bi_2Te_3 layers was fabricated. The maximal temperature drop provided by this cooler was $\Delta T \sim 6$ K at $T = 300$ K. It has been theoretically shown that crystalline/amorphous Si/SiO_2 nanotubes demonstrate ultra-low values of thermal conductivity ~ 0.2 W/mK at room temperature. The obtained results allow one to identify promising nanostructured materials for thermoelectric, thermal insulation and superconducting applications and contribute to our fundamental knowledge about processes that take place in them.

Conducătorul de proiect  / NICA Denis, dr. hab. prof. univ.

Data: 24.11.2020

LS

