



*Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii
Laboratorul Criogenie și Laboratorul Structuri cu Corp Solid*



RAPORT ANUAL - 2020

privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat, cifrul 20.80009.5007.11.

“Nanostructuri și nanomateriale funcționale pentru industrie și agricultură”

Titlul (ru)*	<i>Функциональные наноструктуры и наноматериалы для промышленности и сельского хозяйства</i>
Titlul (en)*	Functional nanostructures and nanomaterials for industry and agriculture

Prioritatea Strategică **5. Competitivitate economică și tehnologii inovative**

Conducătorul proiectului

acad. Sidorenko Anatolie

25 Noiembrie 2020

Etape anuale-2020:

1. Modelarea computerizată a procesul de obținere a nanostructurilor multistrat formate din supraconductori și ferromagneți cu configurația valvei de spin pentru spintronică supraconductoare. Investigarea transportului cuantic în nanointerfețe supraconductibile la bicristale și microfibre de Bi-Sb și semimetale.
2. Elaborarea tehnologiei de depunere a compușilor metaloorganici din aerosol (MAD) pentru obținerea straturilor subțiri de VO_2 și soluții solide de VTiO_2 și VSnO_2 .
3. Elaborarea metodelor de sinteză a nanozimelor artificiale destinate decontaminării solului și a apei.



Facebook Data Center – Lulea, Sweden

Energy Consumption: 120 MW = 9% !!! of Sweden electricity (4,23 GW)

350 миллионов фото, 4,5 млрд. «лайков» и 10 млрд. сообщений в день.

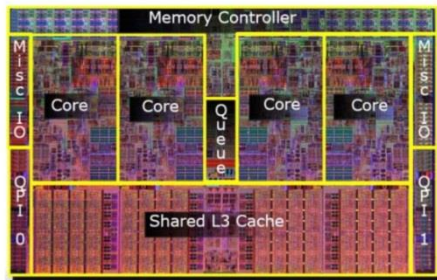


Fig. 3. Collaborators of the Institute carry out the experimental purification of the ground surfaces from the residual pesticide deposits by the elaborated technology.

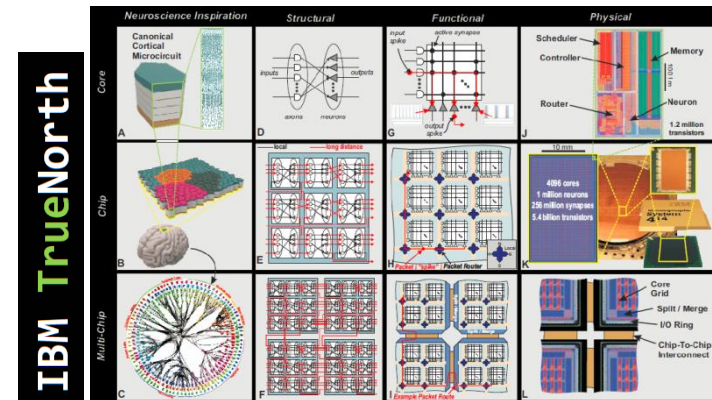
Acțiunile realizate și rezultatele obținute la obiectivul 1:

Au fost investigate procesele de formare a nanostructurilor funcționale - valva de spin supraconductoare și a metamaterialelor magnetice artificiale: structuri multistrat ”feromagnet (cobalt) - supraconductor(niobiu)”, destinate elaborărilor în spintronica supraconductoare. S-a studiat influența parametri tehnologici: temperatura, concentrația și distribuția spațială a atomilor depuși pe suprafețele nanosistemelor formate – asupra structurii atomice și morfologiei nanosistemelor modelate.

A fost evidențiate particularitățile manifestării transportului termomagnetic cuantic, obținute informații despre purtătorii de sarcină Dirac, detectat și interpretată combinarea entropiei cu transportul de sarcină în nanointerfețele bicristalelor de Bi-Sb.



Intel Core i7 Processor (Nehalem),
263 mm², 731 Million transistors



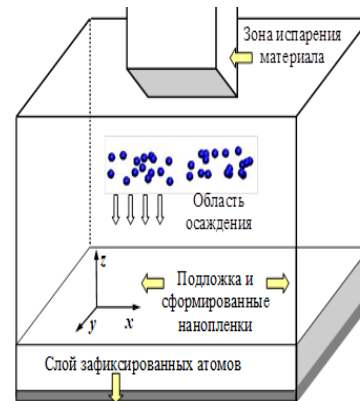
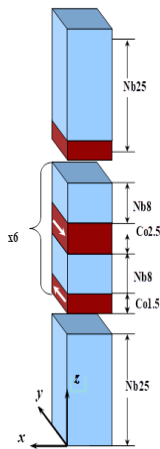
Современные подходы к созданию нейронных сетей
– не фон Неймановская архитектура

Архитектура Фон Нейманна – машина Тьюринга

Основой систем сверхпроводниковой спинтроники служат многослойные наноконпозиты - гетероструктуры, состоящие из ферромагнетиков и сверхпроводников

Моделирование методом молекулярной динамики процессов формирования спинового вентиля на основе наноструктуры “сверхпроводник/ ферромагнетик”

Выполнен ряд численных экспериментов **методами молекулярной динамики** по моделированию процессов формирования многослойных спиновых композитов на основе кобальта и ниобия.



Вариативными элементами являлись технологические параметры изготовления слоистого наноматериала:

- 1- температура подложки,
- 2- площадь потока осаждения
- 3 – интенсивность потока осаждения.

VAKHRUSHEV, A.; FEDOTOV, A.; BOIAN, V.; MORARI, R.; SIDORENKO, A. Molecular dynamics modeling of formation processes parameters influence on a superconducting spin valve structure and morphology. In: *Beilstein Arch.* 2020, 202067.

Моделирование процессов формирования сверхпроводящего спинового вентиля на основе многослойной наноструктуры “сверхпроводник/ ферромагнетик”.

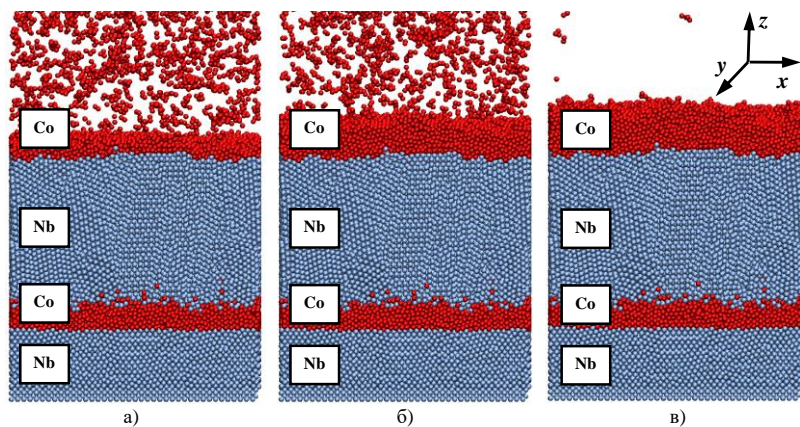
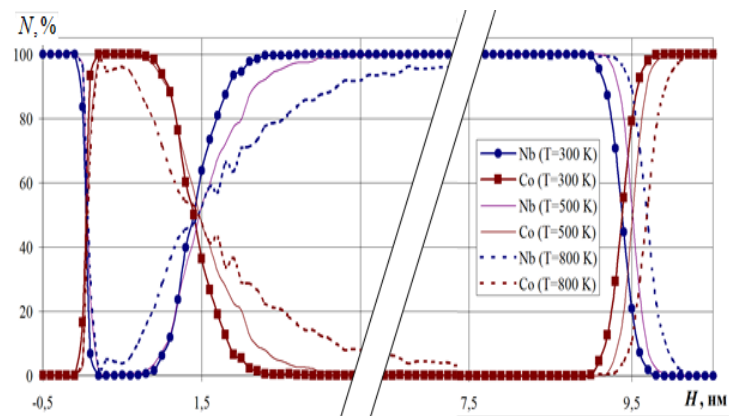
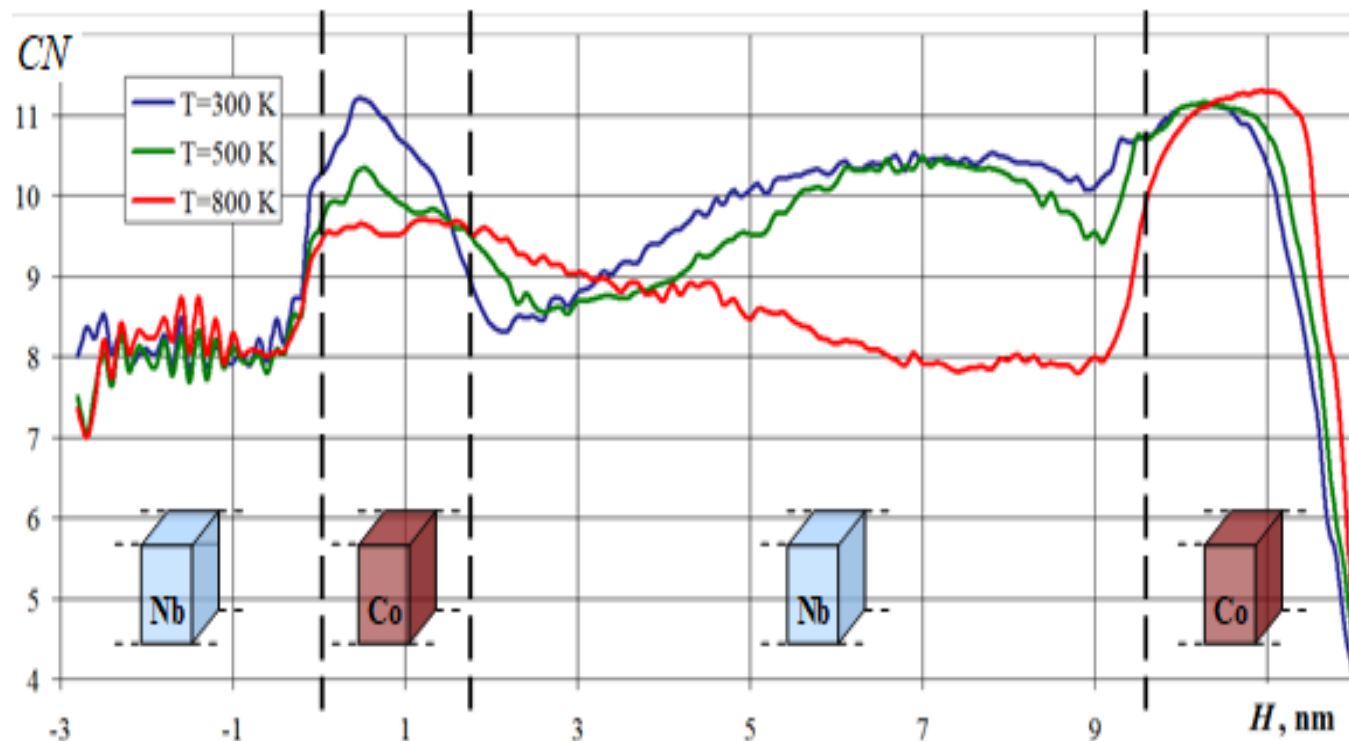


Рис. 5. Осаждение нанопленки в гетероструктуре ниоби/кобальт при температуре 300 К, время напыления а) 0,1 нс, б) 0,2 нс и в) 0,4 нс



Относительный послыйный состав наноконпозита Nb-Co в зависимости от температуры подложки

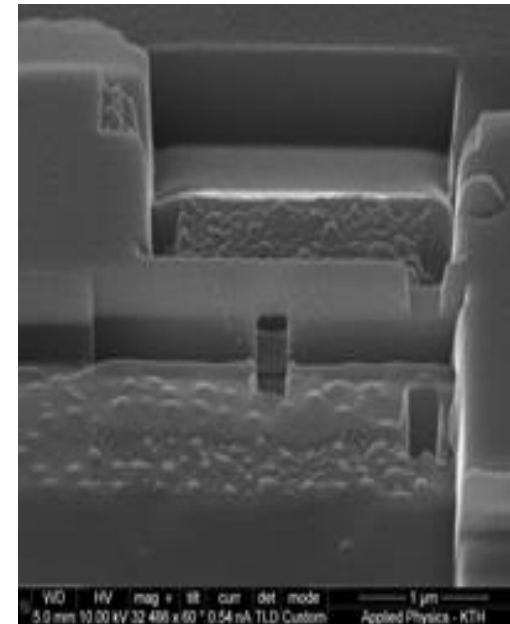
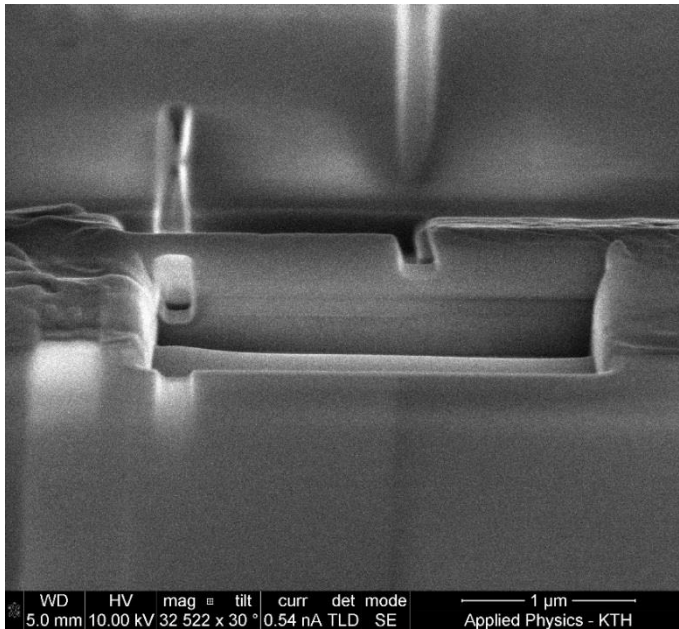
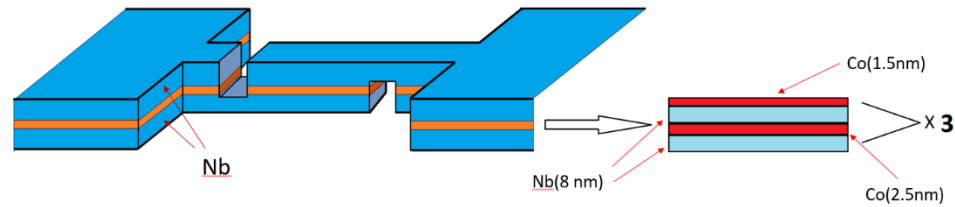
Изменение координационного числа в слоях нанокompозита Nb-Co в зависимости от температуры осаждаемых атомов



Beilstein Journal of Nanotechnology, Arch. 2020, 202067.

<https://doi.org/10.3762/bxiv.2020.67.v1> (IF: 2.622).

Изготовление и исследование смоделированной наноструктуры - - Джозефсоновского спинового вентиля, S-F-S контакта (ионным травлением в торец структуры)

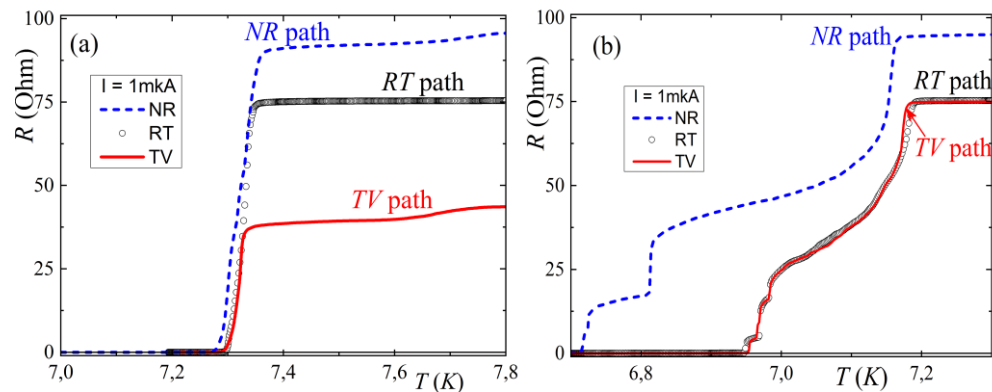


(BAKURSKIY, S.; KUPRIYANOV, M.; KLENOV, N. V.; SOLOVIEV, I.; SCHEGOLEV, A.; MORARI, R.; KHAYDUKOV, Yu.; SIDORENKO, A. S. Controlling the proximity effect in a Co/Nb multilayer: the properties of electronic transport. In: *Beilstein J. Nanotechnol.* 2020, 11, 1336–1345. ISSN: 21904286 <https://doi.org/10.3762/bjnano.11.118> (IF: 2.612).)

Исследование сверхпроводящих свойств изготовленных после моделирования спин-вентильных наноструктур.



1) Держатель для низкотемпературных измерений с помещенным в нем спиновым вентиляем S/F/S

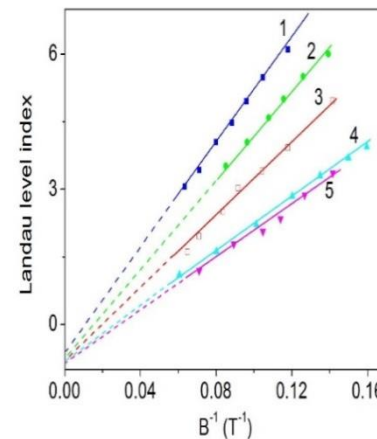
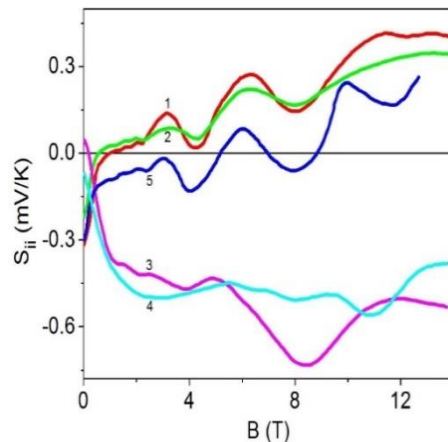


2) Сверхпроводящие переходы изготовленного спинового вентиля в разных отведениях (левая панель – в нулевом магнитном поле; правая панель – после перемагничивания образца в продольном магнитном поле).

KAPRAN, O.; MORARI, R.; GOLOD, T.; BORODIANSKYI, E.; PREPELITSA, A.; BOIAN, V.; KLENOV, N.; SIDORENKO, A.; KRASNOV, V. Transport characterization of magnetic states in Superconductor/Ferromagnet Nb/Co multilayers. In: *ArXiv:2010.03454v1*

Studiul transportului termomagnetic la nanointerfețele bicristalului Bi-Sb

a evidențiat două stări cuantice ale materiei: 3D semimetal topologic și 3D izolator topologic. Prezența a două stări ale materiei depinde de concentrația de Sb care determină formarea punctului 3D Dirac în spectrul energetic al bicristalelor Bi-Sb.



–Fig.1. Dependența coeficientului Seebeck $S_{ii}(B)$ în câmp magnetic la diferite concentrații de Sb.

–(schimbarea semnului de la negativ la pozitiv este specifică semimetalului topologic 3D).

–Fig.2. Indicele nivelului Landau se extrapolează la -0,5 dacă $1/B_n \rightarrow 0$ - caz tipic izolatoarelor topologice 3D.

MUNTYANU, F.; GILEWSKI, A.; NENKOV, K.; ZALESKI, A.; 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 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($0.07 \leq x \leq 0.2$) alloys. In: *Physica B: Condensed Matter*, 2020, **252**, 412262. (IF: 1.87) <https://doi.org/10.1016/j.physb.2020.412262>.



Acțiunile realizate și rezultatele obținute la obiectivul 2:

2. A fost perfecționată tehnologia de obținere a filmelor subțiri de VO₂ cu o monofază, care prezintă o baza pentru ingineria materialelor termochromice nanostructurate. A fost obținute materialele binare de V_{1-x}A_xO₂ (A ≡ Ti sau Sn) destinate studiului proceselor de descompunere spinodală.

Elaborarea tehnologiei de depunerea compușilor metalorganici din aerosol (MAD) pentru obținerea straturilor subțiri de VO₂ și soluții solide de VTiO₂ și VSnO₂

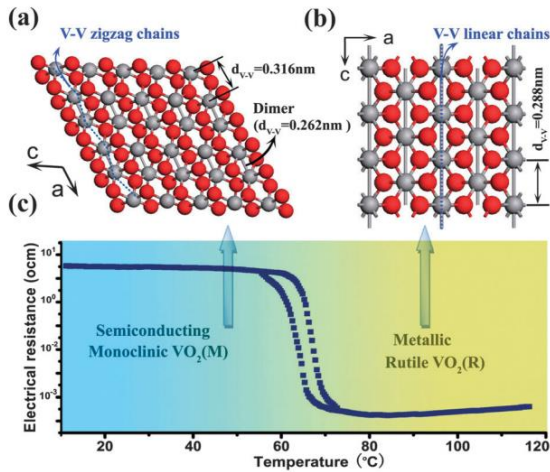
Необходимость снижения энергопотребления в мире, а в Молдове в частности, стимулирует разработку различных энергосберегающих технологий, строительных конструкций и систем типа «умных» окон, которые изменяют свой коэффициент пропускания инфракрасного излучения в зависимости от температуры окружающей среды.

Our approach

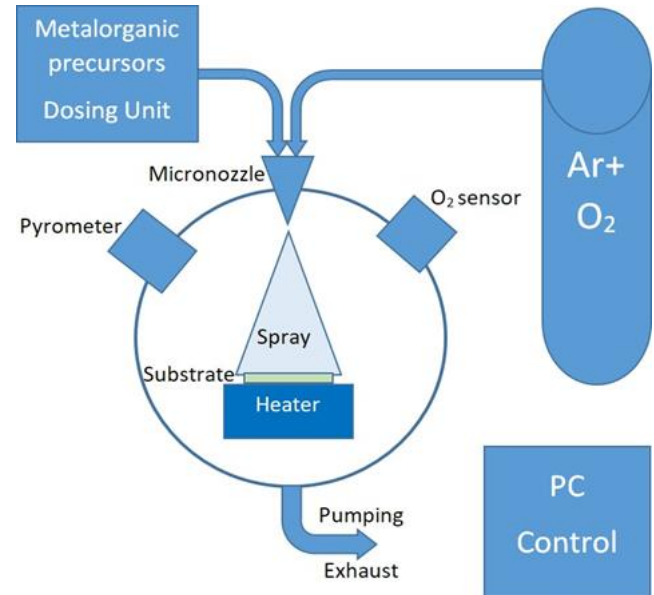
inexpensive materials, widespread raw



VO₂

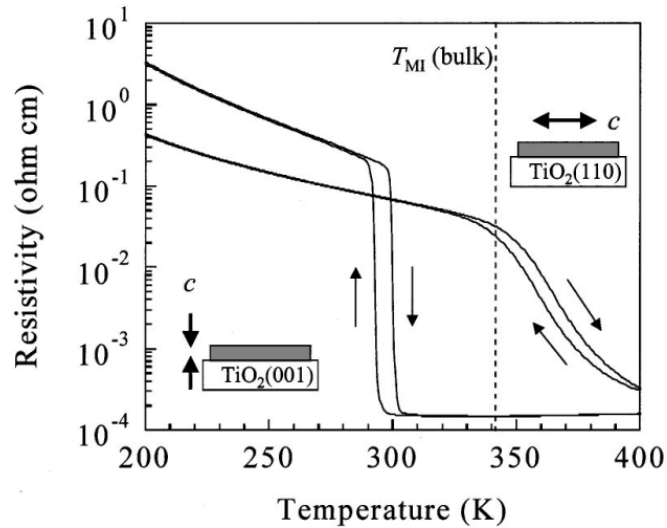


Typical changes of transmittance (ΔT) and resistance (ΔR) of thermochromic VO₂ films [Chem. Soc. Rev., 2013, 42, 5157]

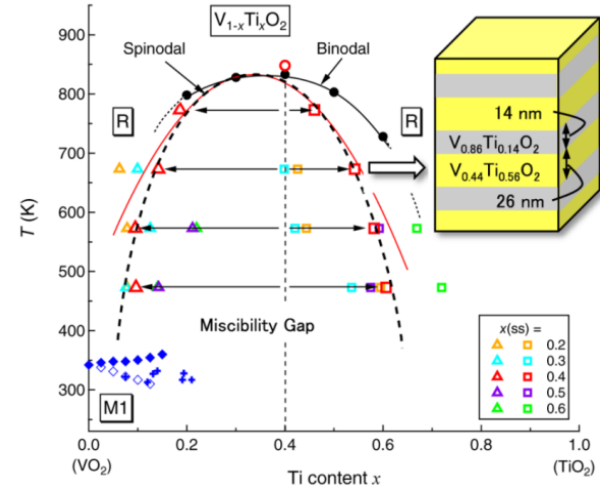


- MAD as spray assisted technique can be scaled from laboratory samples to applicable in industry sizes.
- The compatibility of technology with glass production process.

Basic ideas



Lattice mismatch strain between film and substrate is an effective way to modify properties of VO₂ [APL 2002, 80, 583]

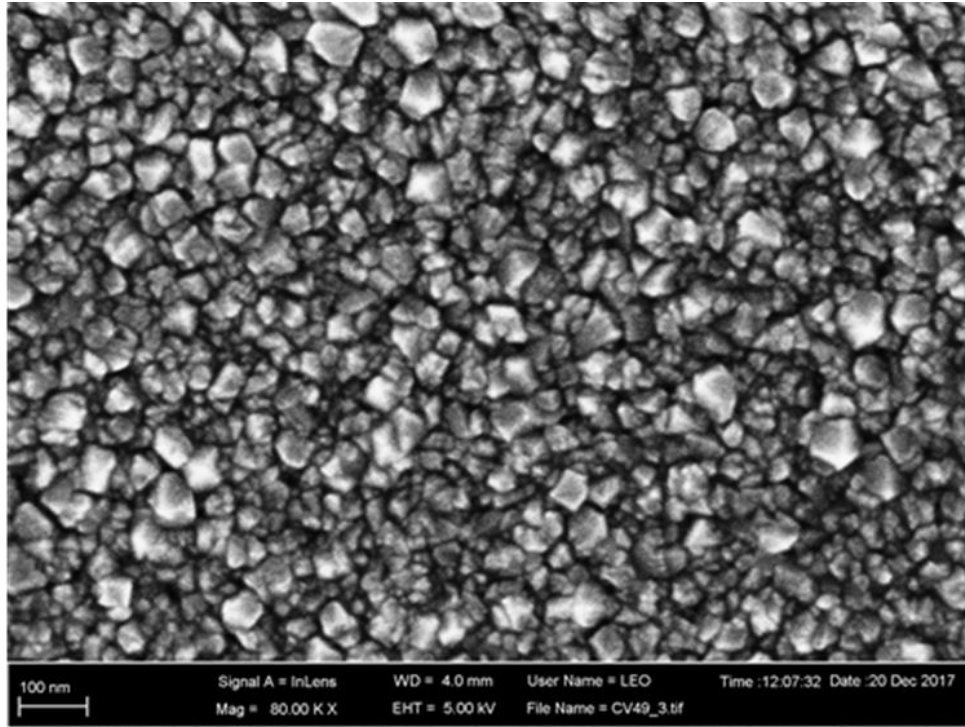


[Chem. Mater. 25, 11, 2202-2210]

Deposition of nanocomposites on the basis of strained VO₂ nanocrystals epitaxially linked with another oxide phase for ensuring luminous transmittance and near-IR solar spectrum modulation.

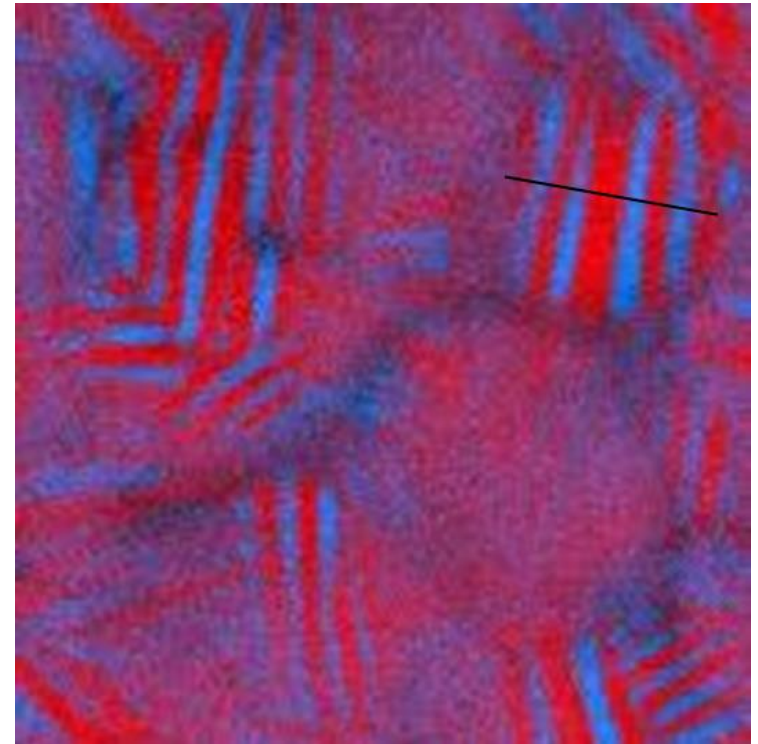
KRESSDORF, B.; MEYER, T.; BELENCHUK, A.; SHAPOVAL, O.; TEN BRINK, M.; MELLES, M.; ROSS, U.; HOFFMANN, J.; MOSHNYAGA, V.; SEIBT, M.; BLÖCHL, P.; JOOSS, C. Room-temperature hot-polaron photovoltaics in the charge-ordered state of a layered perovskite oxide heterostructure. In: *Phys. Rev. Applied*. 2020, 14(5), pp. 054006. ISSN: 2331-7019 (online). <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.14.054001> (IF: 4.194).

Our preliminary results



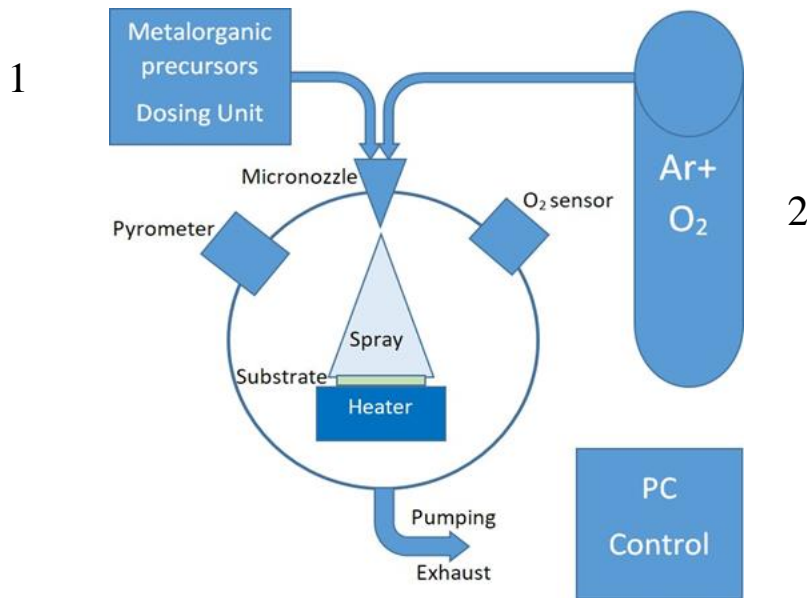
SEM image of polycrystalline VTiO₂ film

TEM image of phase separated nanocrystals: blue – Ti-rich and red – V-rich layers



MAD technology

Project stage 2020: Perfection of Metalorganic Aerosol Deposition (MAD) technology: focus on thin films technology of VO₂ and solid solution VTiO₂ and VSnO₂.



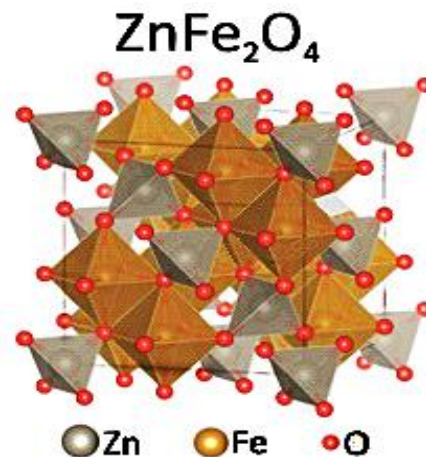
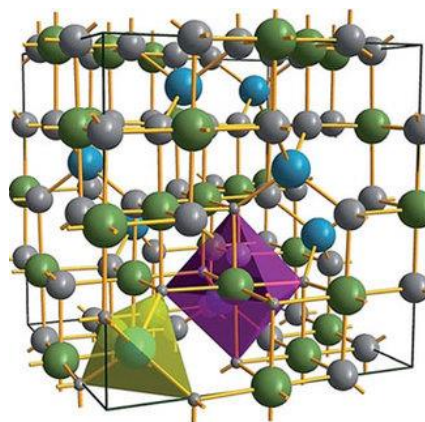
1. Improved control and reliability of the solution delivery process of complex solution to the sprayer: elaboration of new dosing units based on precision mechanics and low cost controllers and motors drivers.

Development of application based on LabView software engineering system for control on stepper motor and monitoring of state syringe dosing unit.

2. Definition of range of content oxygen in argon-oxygen mixture for deposition of VO₂ pure phase.

Acțiunile realizate și rezultatele obținute la obiectivul 3:

3. S-au sintetizat nanostructuri multifuncționale – nanozimi pe baza nanoparticulelor magnetice Fe_3O_4 , dopat cu Zn și Ti, cu o activitate înaltă a proceselor de peroxidază, catalază și oxidază; au fost determinați și caracterizați parametri fizico-chimici ai procesului de sinteză.



Нанозимы - один из видов функциональных наноматериалов с ферментативными каталитическими свойствами

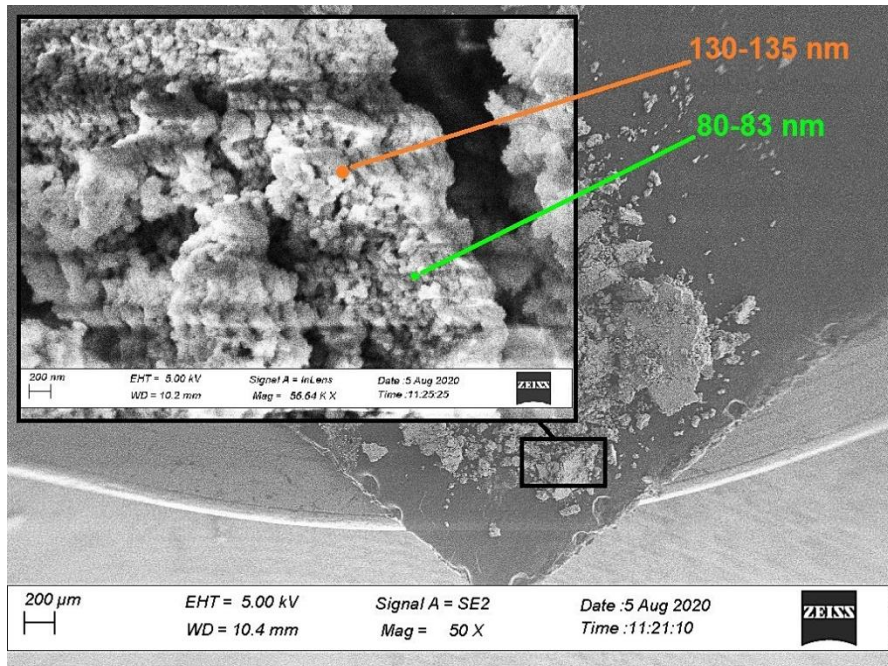


Fig.1. SEM NPs ZnFe2O4

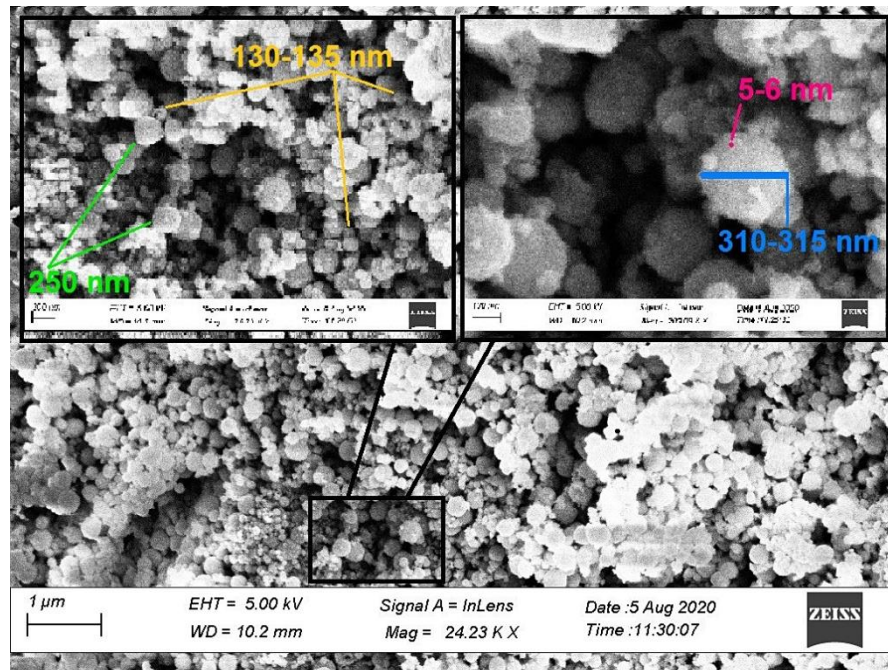


Fig.2. NPs CoFe2O4



Fig.3. Autoclav pentru sinteză solvatermică a nanoparticulelor Fe3O4 dopat

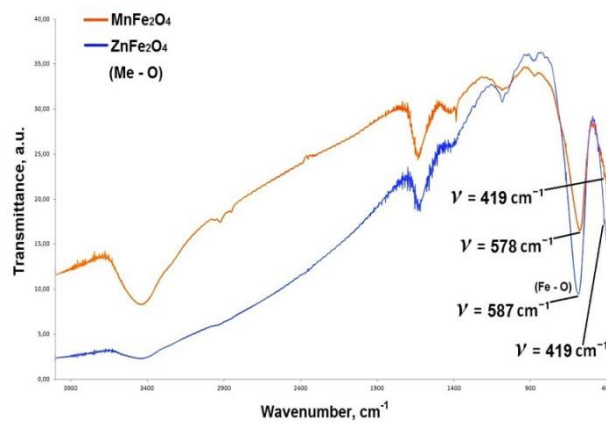


Fig.4. Spectrele FT-IR ale NPs MnFe2O4, NPs ZnFe2O4.

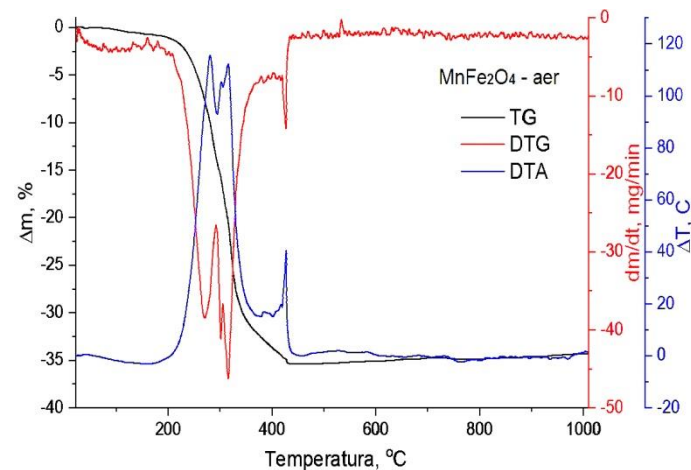


Fig.5. Analiza termogravimetric NPs MnFe2O4

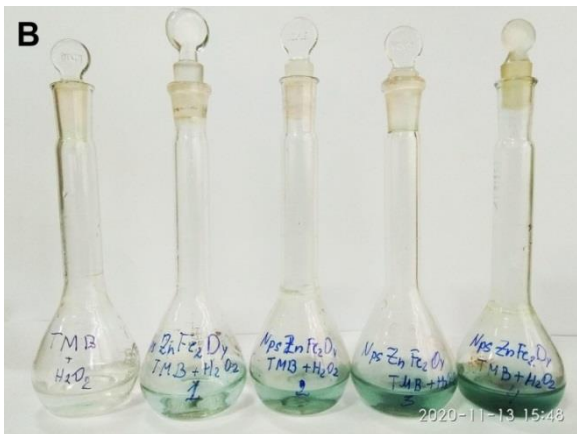


Fig.6. Imaginile foto a soluțiilor preparate : fig. 6 (A) – NPs MnFe₂O₄, (B) – NPs ZnFe₂O₄.

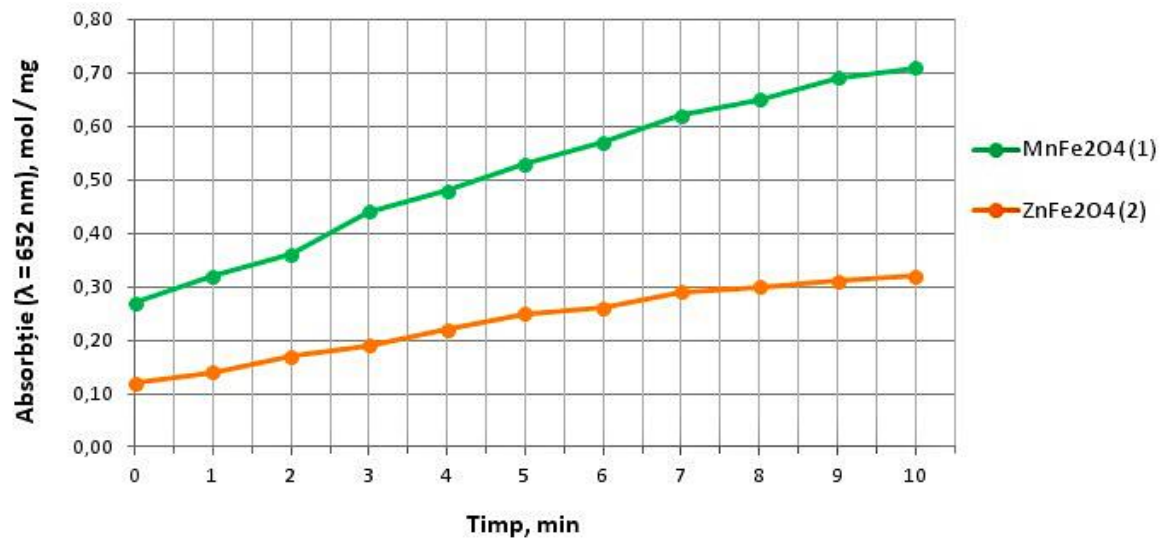


Fig.7. Dependența temporară a absorbției în soluțiile NPs MnFe₂O₄(1) și ZnFe₂O₄(2).

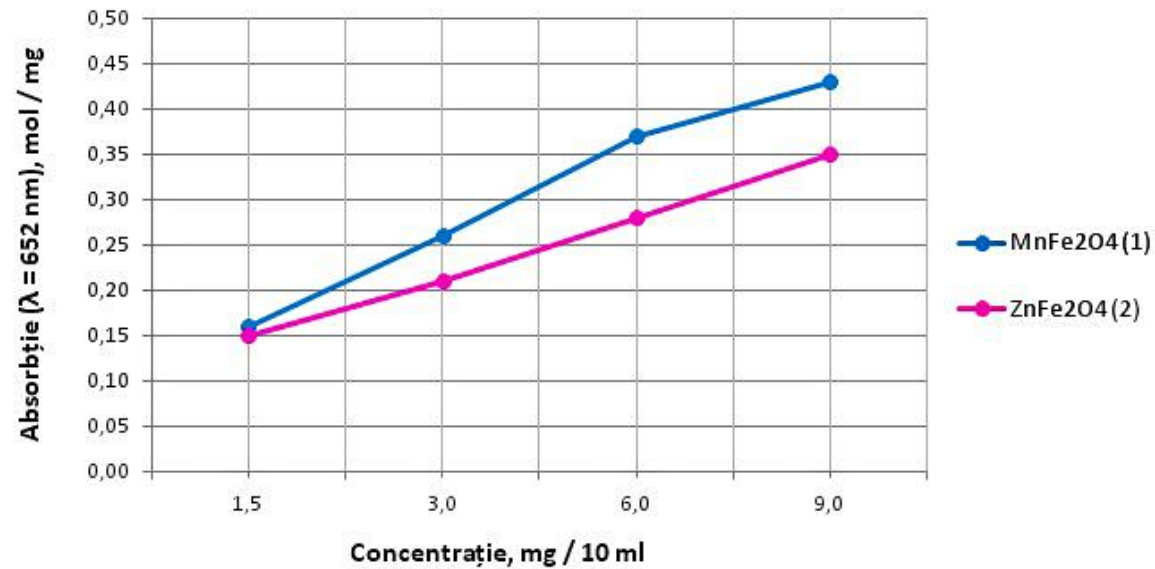
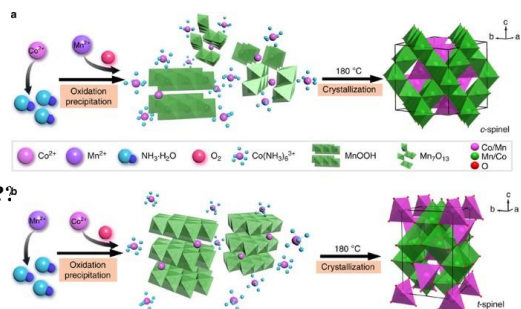


Fig.8. Dependența de concentrație a absorbției în soluțiile NPs MnFe₂O₄(1) și ZnFe₂O₄(2).



Colaborarea internațională în cadrul proiectului:

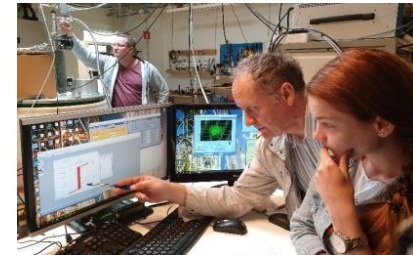


UNIVERSITY
OF TWENTE.



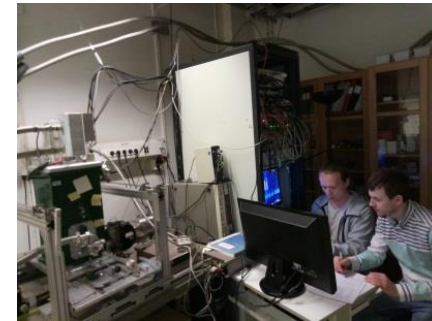
- Обучение новым методам формирования наноструктур (работа в чистой комнате, электронная фотолитография, ионное фрезерование наноструктур) и методам их исследования - конфокальная, электронная трансмиссионная и сканирующая микроскопии, сквид-магнитометрия,

и исследование наноструктур - при поддержке EU project “ SPINTECH “ grant agreement Nr. 810144: «**Boosting the scientific excellence and innovation capacity in spintronics of the D. GHITU Institute of Electronic Engineering and Nanotechnologies of Moldova**» - в университетах-партнерах, - ТВЕНТа, Нидерланды и Стокгольма, Швеция.



- Моделирование наноструктур – с Удмуртским научным центром, и Орловским Госуниверситетом, Россия.

- Выполнение работ по исследованию термохромных покрытий – с Университетом Геттингена, Германия.



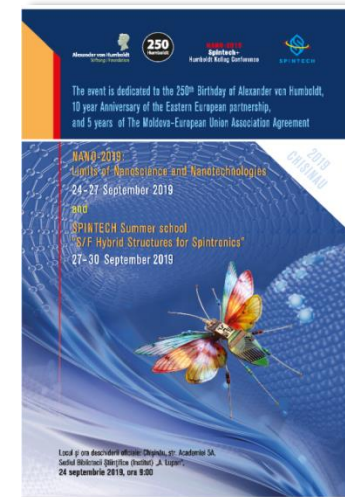
- Работы по тестированию нанокомпозитов для управления атмосферными процессами - при поддержке компании СТРОЙПРОЕКТ, Болгария.



Colaborarea internațională în cadrul proiectului:

В рамках проекта госпрограммы были подготовлены два европейских проекта и поданы на конкурс в январе – марте 2020:

- 1) проект “**MetaSpin- RUS_ST2019-267**”- конкурса ERA-NET-RUS+ программы «HORIZON-2020», с 2 партнерами : Институтом Нанотехнологий Карлсруэ, Германия и Удмуртским Научным Центром, Ижевск, Россия.
- 2) проект программы «ERAZMUS» (**ERAZMUS E+ KA107**) с Университетом ТВЕНТа – прошел по конкурсу, утвержден в сентябре 2020 на 2020-2023 годы, позволит направлять в ТВЕНТ аспирантов и лиценциатов для стажировки на 1-2 месяца.
- 3) Проведена летняя школа в Университете ТВЕНТА «Hybrid Structures for Spintronics and Qubits», с участием 15 сотрудников Института



Hybrid Structures for Spintronics and Qubits

SPINTECH summer school-2020

University of Twente, the Netherlands, 01-03 October 2020

This event is supported by the European Union HORIZON-WIDESPREAD-05-2017 Training project "SPINTECH" under grant agreement No. 833044

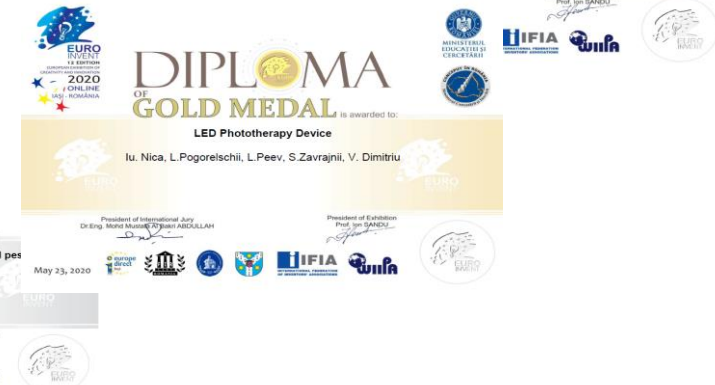
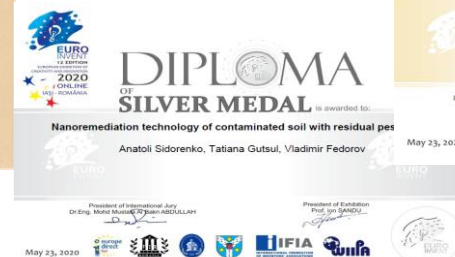
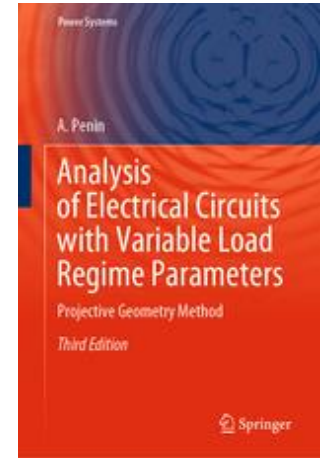
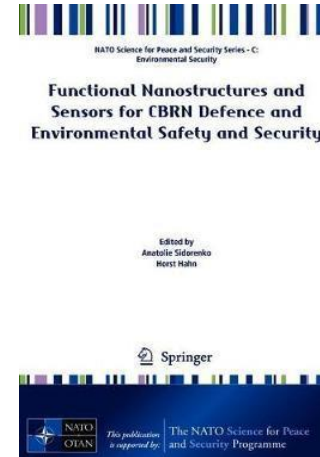


The central goal of the SPINTECH summer school - 2020 is to bring together leading experts to share their expertise and experience in developing new ideas and principles in superconducting electronics and spintronics, focusing on their novel implementations.



Diseminarea rezultatelor în cadrul proiectului:

1. Monografii – 3
2. Articole în reviste științifice – 8
3. Articole în culegeri științifice – 7
4. Teze în culegeri științifice – 16
6. Brevete: (cerere)-9, (hotărîre+)- 2, (brevet) – 2
7. Expoziții de Invenții (diplome și medalii) - 15



8. Lucrări științifico-metodice și didactice – pregătirea cadrelor

COȘCODAN, E. Teza de licență: Influența câmpului magnetic asupra semințelor de grâu în prezența nanoparticulelor de Fe₃O₄ acoperite cu stabilizator poli-n-vinil piralidonă. *Conducător științific: CHIȘCA DIANA, Doctor în științe chimice, conferențiar universitar; GUȚUL TATIANA, Cercetător științific la IEN”D.Ghițu”.*

ȚOPA, V. Practica de licență: Utilizarea nanoparticulelor magnetice de Fe₃O₄ în dezvoltarea sistemelor noi. *Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE, Acad., prof.*

ȚOPA, V. Teza de licență: Utilizarea nanoparticulelor magnetice Fe₃O₄ în dezvoltarea de noi sisteme de detecție moleculară. *Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE, Acad., prof.*

GLODEANU, C. Practica de licență: Obținerea unui electrod conductiv și transparent de ZnO necesar producerii biosensorului ITO/ZnO/AuNps/GOX. *Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE, Acad., prof.*

GLODEANU, C. Teza de licență: Studiul biosenzorilor pe baza de oxid de zinc. *Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE, Acad., prof.*

9. Dificultățile în realizarea proiectului

- - Bugetul financiar limitat și alocat cu întârziere, necesar la procurarea materialelor de consum curent;
- - Lipsa mijloacelor financiare necesare prezentărilor la conferințe internaționale;
- - Din cauza plecării din proiect a unor participanți au fost necesare schimbări în componența listei executanților și redistribuirea sarcinilor între participanții la proiect (Anexa 1B).

10. Echipa proiectului (Anexa 1B)

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	Sidorenko Anatolie	1953	dr.hab.	1	03.01.2020	
2	Muntean Feodor	1942	dr.hab.	0,5	03.01.2020	
3	Penin Alexandru	1952	dr.hab.	1	03.01.2020	
4	Condrea Elena	1950	dr.	1	03.01.2020	
5	Zdravcov Vladimir	1967	dr.	0,5		
6	Morari Roman	1986	dr.	1	03.01.2020	suspendat 25.05.2020
7	Prepelita Andrei	1979	dr.	0,5	03.01.2020	
8	Antropov Evghenii	1986	dr.	0,5	03.01.2020	
9	Belotercovschii Igori	1960		1	03.01.2020	
10	Smislov Vladimir	1950		0,5	03.01.2020	
11	Boian Vladimir	1985		1	03.01.2020	
12	Iacuin Anton	1989		0,5	03.01.2020	suspendat 04.05.2020
13	Caraghenov Daniil	1951		0,5	03.01.2020	
14	Zasavitchi Efim	1958		1	03.01.2020	
15	Sapoval Oleg	1963	dr.	1	03.01.2020	
16	Belenciuc Alexandru	1960	dr.	1	03.01.2020	
17	Fedorov Vladimir	1952	dr.	0,75	03.01.2020	
18	Dvornikov Dmitri	1947	dr.	0,5	03.01.2020	
19	Gutul Tatiana	1952		1	03.01.2020	
20	Dimitriu Valeriu	1955		0,5	03.01.2020	
21	Lupu Maria	1988		0,5	03.01.2020	
22	Stati Dumitru	1995		0,5	03.01.2020	31.05.2020
23	Slavov Igori	1957		0,5		01.01.020
24	Tovpeco Liuba	1998		0,25		01.01.2020
25	Todosiciuc Alexandr	1984		0,5	03.01.2020	
26	Malcoci Cezar-Casian	1998		0,25	01.11.2020	
27	Coșcodan Elena	1996		0,5		
28	Chiruta Adrian	1987		0,25	03.01.2020	
Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare						36%

•Echipa proiectului (Anexa 1B)

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1	Nica Iurie	1951	dr.	0,5	03.01.2020
2	Daniliuc Victor	1957	dr.	0,5	03.01.2020
3	Sibaev Alexandr	1957		0,5	03.01.2020
4	Morari Roman	1986	dr.	transferat 0,75	01.11.2020
5	Ceban Igor	1997		0,25	02.11.2020
6	Sibaeva Irina	1956		0,5	01.06.2020
7	Caraghenov Daniil	1951		0,5	01.06.2020
8	Coșcodan Elena	1996		0,25	01.06.2020
9	Morari Vadim	1992		0,5	01.06.2020
10	Homeacova Tatiana	1957		0,25	04.05.2020 - 31.10.2020
Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării					36%

11. Concluzii

- A fost efectuată o modelare matematică cu multe niveluri a nanostructurilor funcționale destinate spintronicii supraconductoare - valva de spin supraconductoare și metamateriale magnetice multistrat pe baza peliculelor de cobalt și niobiu. Rezultatele modelărilor calculate au fost aplicate la procesul de fabricare a nanostructurilor prin depunerea magnetron; au fost investigate proprietățile structurale și supraconductoare ale nanostructurilor obținute.
- Studiul transportului termomagnetic la nanointerfețele bicristalului Bi-Sb a evidențiat două stări cuantice ale materiei: 3D semimetal topologic și 3D izolator topologic. Prezența a două stări ale materiei depinde de concentrația de Sb care determină formarea punctului 3D Dirac în spectrul energetic al bicristalelor Bi-Sb.
- S-a soluționat problema optimizării tehnologiei de preparare a acoperirilor termochromice nanostructurate din oxizi VO₂ și TiO₂ prin utilizarea a două sisteme de dozare cu controlul și monitorizarea stării unităților de dozare. S-a efectuat investigarea procesului transferului de energie dirijat de fotoni prin interfețele corelate ale acoperirilor termochromice nanostructurate.
- A fost dezvoltată metodologia solvato-termică de preparare a nanoparticulelor din ferite de cobalt și zinc - nanozimi cu o activitate înaltă a proceselor de peroxidază, catalază și oxidază. În procesul de elaborare a procedurii de sinteză a nanozimelor s-au determinat parametrii fizici optimi necesari metodei solvato-termice.