

RECEPȚIONAT

Agencia Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2022

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

“Nanostructuri și nanomateriale funcționale pentru industrie și  
agricultură”

(FINNAGRO)

20.80009.5007.11

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

Directorul organizației

Ghimpu Lidia

Consiliul științific

Bujor Lilia

Conducătorul proiectului

Sidorenko Anatolie



Chișinău 2022

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

Cercetarea proprietăților magnetice ale nanostructurilor cu configurația valvă de spin. Fenomene magnetice și de transport cuantic la diferite nivele și stări electronice la interfețele bicristalelor Bi-Sb.

Caracterizarea materialelor termochromice nanostructurate.

Crearea nanocompozitelor pe baza nanozimelor pentru detoxifierea apei și selectarea traductoarelor pentru recunoașterea poluanților. Modelarea impactului asupra proceselor atmosferice.

2. Obiectivele etapei anuale (obligatoriu)

1. Studiul proprietăților magnetice ale nanostructurilor obținute utilizând metodele de SQUID-magnetometrie și difracție cu neutroni (bucle de histereză, forța coercitivă, valorile câmpului magnetic de comutare și de inversare a magnetizării);

Cercetarea fenomenelor magnetice și de transport cuantic la diferite nivele și stări electronice la interfețele bicristalelor de tipul 3D izolatori topologici și 3D semimetale topologice în baza Bi și Sb.

2. Investigarea performanței filmelor termochromice nanostructurate. Optimizarea parametrilor: macro și microstructură. Dezvoltarea unui set optic de testare rapidă.

Studiu detaliat al mecanismului de tranziție metal-izolator în suprafeța de  $(V,Ti)O_2$ .

3. Studiu spectrofotometric al activității peroxidazei a nanozimelor și crearea unui nanocompozit bazat pe acestea pentru detoxifierea apei. Studiu amperometric al nanocompozitelor pentru determinarea selectivității biosenzorului.

Investigarea efectului nanoparticulelor pe baza de iodură de argint asupra proceselor de formarea grindinei în condiții de laborator similare cu cele existente în norii cu pericol de grindină.

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

1. Se va obține informație despre valorile câmpului magnetic care schimbă vectorul magnetizării straturilor magnetice ale valvei de spin de la colinear la non-colinear; direcția magnetizării straturilor în nanostructură va fi determinată prin metoda de difracție cu neutroni - reflectometria neutronilor polarizați.

Se vor depista noi modificări topologice ale suprafețelor isoenergetice ale electronilor Dirac și se vor pune în evidență noi corelații între feromagnetismul slab, supraconductibilitate și disordinile structurale, diverselor interacțiuni spin-orbitale.

2. Vor fi identificați factorii care influențează asupra coeficientului de transmisie a luminii solare ( $T_{rsol}$ , 250-2500 nm) și asupra transmisiei optice ( $T_{rlum}$ , 350-750 nm) pentru filme termochromice nanostructurate pe bază de vanadiu.

3. Vor fi obținuți nanocompoziți pentru detoxifierea apei. Va fi creată baza pentru modelarea structurii biosenzorului.

Va fi executată modernizarea instalației cu posibilitatea executării măsurătorilor în condiții statice și cele dinamice și cu posibilitatea modelării în condiții similare cu cele existente în norii cu pericol de grindină.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)

1. Din setul de heterostructuri stratificate Nb/Co, obținute prin metoda de pulverizare magnetron a fost selectată structura optimă cu utilizarea unui strat-quadro F1/S/F2/S repetat periodic în care straturile magnetice F1 și F2 au câmpuri coercitive ușor diferite. Pentru a investiga experimental procesele de comutare între stările colineare la non-colineare s-a intercalat structura periodică [Co(1,5 nm)/Nb(8 nm)/Co(2,5 nm)/Nb(8 nm)] × 6/ Co(1,5 nm) între doi electrozi Nb(25 nm).

2. A fost perfecționată tehnologia de obținere a filmelor subțiri de VO<sub>2</sub> cu o monofază, care prezintă baza pentru ingineria materialelor termochromice nanostructurate. Au fost obținute materialele binare de V<sub>1-x</sub>A<sub>x</sub>O<sub>2</sub> (A ≡ Ti sau Sn) destinate studiului proceselor de descompunere spinodală.

3. Metoda de sinteză solvotermală pentru obținerea fotocatalizatorului nanocompozit Zn<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> a fost ajustată la regimul termic cu utilizarea componentelor inițiale pe baza feritei de zinc.

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

### I. Cercetarea proprietăților magnetice ale nanostructurilor cu configurația valvă de spin. Fenomene magnetice și de transport cuantic la diferite stări electronice și nivele de disordine la interfețe bicristalice.

Dispozitivele de calcul moderne se confruntă cu o serie de dificultăți în timpul producției, inclusiv cele legate de aranjarea în circuitele integrate a elementelor de calcul la scară nanometrică și răcirea ulterioară a acestora în timpul funcționării. Sarcinile disipării excesive a căldurii și îmbunătățirea performanței pot fi soluționate prin proiectarea dispozitivelor spintronice supraconductoare construite pe heterostructuri Supraconductor/Feromagnet (S/F). Implementarea izolatorilor topologici și a metamaterialelor magnetice stratificate artificiale S/F în contactele Josephson înaintază dispozitivele spintronice în candidații excelenți pentru aplicații în calculul cuantic, precum și în criptografia cuantică.

Etapă dată a proiectului este dedicată soluționării unei probleme importante de determinare a relației dintre proprietățile magnetice ale nanocompozitelor multistrat și structura lor folosind un nanocompozit format din straturi alternative de cobalt (straturi F) și niobiu (straturi S). Compozitul S/F propus are proprietăți funcționale potențial promițătoare și este utilizat pentru sisteme magnetice cu un schimb de energie eficient controlat și, care ulterior sunt propuse pentru implementare în dispozitive de memorie și stocare a informației.

Setul de heterostructuri stratificate Nb/Co ca compozit multistrat de niobiu și cobalt (prezentat în Fig.1) a fost obținut prin metoda de pulverizare magnetron, iar proprietățile lor magnetice au fost investigate prin metoda reflectometriei cu neutroni polarizați (PNR) și magnetometria SQUID.

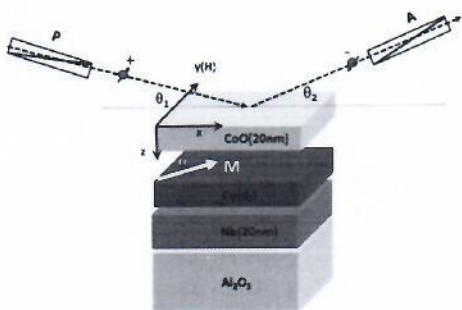


Fig. 1. Schița heterostructurilor Nb/Co și a experimentului PNR, cu polarizator de transmisie în supraoglină Fe/Si (P) și analizor de neutroni (A). Două "spin-flippers" în sus și în aval de eșantion sunt indicate simbolic prin semne +, -. Câmpul extern H este aplicat probei paralel cu axa y.  $\alpha$  este unghiul dintre magnetizarea medie M a stratului de Co și H.

Experimentul de reflectometrie neutronică a fost efectuat la reflectometrul monocromatic ( $\lambda = 4,3\text{\AA} \pm 2\%$ ) NREX cu alinierea orizontală a probei, după cum se prezintă în Fig. 1. Pentru experimentele de reflectometrie, probele au fost răcite la  $T = 13\text{ K}$  într-un criostat cu ciclu închis în atmosferă de He. Au fost utilizate două protocoale diferite pentru a pregăti stările coliniare (A) și necoliniare (B). (A) Eșantionul a fost răcit în câmpul maxim de  $H_{\text{max}} = 4,5\text{ kOe}$  și tratat de trei ori, ciclând prin bucla de histererezis. Deoarece în timpul experimentului cu PNR un câmp extern negativ ar depolariza fasciculul de neutroni asupra probei, a fost necesar de utilizat pentru PNR un câmp ( $H < 0$ ) efectiv, cu răcirea probei în câmp magnetic negativ. (B) Starea magnetică necolinară cu  $\alpha = 90^\circ$  a fost obținută prin răcirea probei în  $H_{\text{max}}$  la  $T = 13\text{ K}$  și apoi rotirea probei cu  $90^\circ$  în jurul axei z cu  $H = 0$ , astfel încât magnetizarea stratului de Co a fost aliniată paralel cu axa x. Apoi pentru experimentul cu PNR a fost aplicat  $H \parallel y$ .

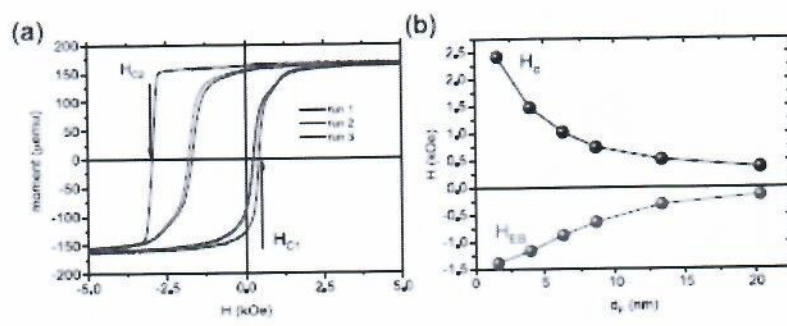


Figura 2. (a) Buclele de histeresis ale probei s05 ( $dF = 5.0$  nm) la  $T = 13$  K după răcire în  $H = 4,5$  kOe. Săgețile arată coercitivitatea pozitivă și negativă. (b) Dependența  $dF$  a coercitivității  $H_c = (|H_{C1}|+|H_{C2}|)/2$  și câmpul devierii de schimb  $H_{eb}$ .

Figura 2(a) prezintă trei bucle succesive de histeresis măsurate după răcirea probei Nb/Co la  $H_{C2} = -3$  kOe cu un câmp de polarizare de schimb de  $H_{eb} = (H_{C1} + H_{C2})/2 = -1,25$  kOe. Variațiile ulterioare ale câmpului duc la o scădere treptată a  $H_{eb}$  cu o stabilizare a  $H_{eb}$  la  $-0,7$  kOe după ciclarea prin trei bucle, așa-numitul efect de tratament (training effect). Figura 2(b) indică câmpurile de polarizare coercitivă și câmpul devierii de schimb de  $dF$  în starea de tratament. Scăderea  $H_{eb} \propto 1/dF$  este o indicație semnificativă a naturii interfaciale a **efectului câmp devierii de schimb** (exchange bias field), denumit EB.

Câmpul cu valoarea  $H_{eb} = -1,4$  kOe măsurat la proba cu cel mai mic strat de cobalt cu  $dF = 1,6$  nm este menționat ca unul dintre cele mai puternice efecte EB observate până acum.

Posibilitatea de a asigura magnetizarea necolinară a straturilor de Co, descrisă mai sus, este un element important pentru aplicarea heterostructurilor Nb/Co la proiectarea și funcționarea supapei de spin.

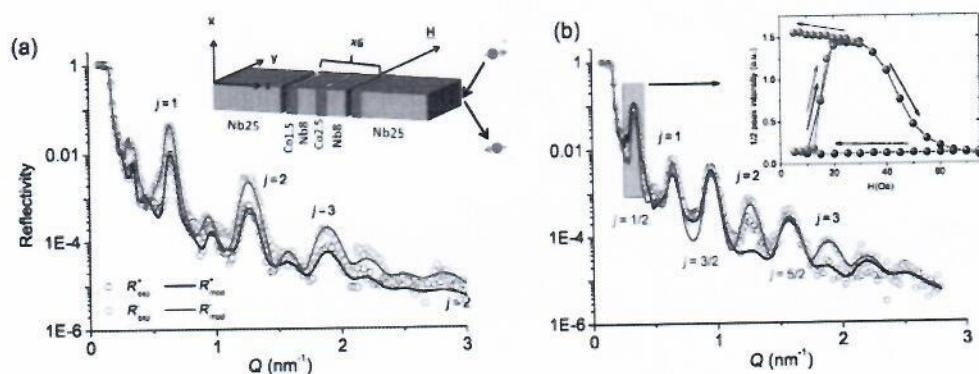


Figura 3: Reflectivitatea neutronilor cu reflexie tip oglindă (puncte), curba măsurată experimental la  $T = 13$  K în câmpuri magnetice  $H = 300$  Oe (a) și  $H = 30$  Oe (b). Liniile continue prezintă curbele modelului pentru profilele de adâncime de magnetizare prezentate în Figura 4a. Inset: (a) schița eșantionului Nb/Co și configurația experimentală. Numerele indică ordinea corespunzătoare a reflexiei Bragg din structura periodică efectivă  $[Co(2 \text{ nm})/Nb(8 \text{ nm})] \times 6$ . Inset: (b) dependența de câmp a vârfului  $j = 1/2$  indicat de dreptunghiul albastru (b). Insetul din (b) demonstrează procesul de comutare a supapei de spin de la alinierea paralelă de magnetizare (puncte roșii) la cea antiparalelă (puncte negre) în câmpuri magnetice mici între 10 și 30 Oe.

Pentru a caracteriza ordonarea structurală și magnetică a heterostructurilor Co/Nb s-au efectuat măsurători prin metoda PNR. Măsurătorile au fost efectuate la reflectometrul de neutroni NREX la reactorul de cercetare FRM-2 (München-Garching, Germania). Reflectivitățile neutronilor au fost măsurate în câmpul magnetic aplicat în plan structurii și normal cu planul de împrăștiere (insertul în Fig. 3a). Figura 3a și Figura 3b prezintă reflectivitățile măsurate la  $H = 300$  Oe și în câmp magnetic  $H = 30$  Oe după magnetizarea probei în direcția negativă. Diferența mică a vârfurilor R+ și R- indică compensarea momentelor magnetice ale straturilor de Co în vecinate, de exemplu, alinierea antiparalelă AP. Insertul din Figura 3b arată evoluția câmpului a vârfului  $j = 1/2$ . Se observă că alinierea AP există în domeniul câmpurilor magnetice  $H = 10-30$  Oe dacă proba este mai întâi magnetizată în direcția negativă. În plus, odată ce starea AP este creată, câmpul poate reveni la zero și alinierea va fi păstrată. Alinierea P poate fi provocată, de asemenea, și în câmp zero, dacă proba este saturată anterior într-un câmp pozitiv.

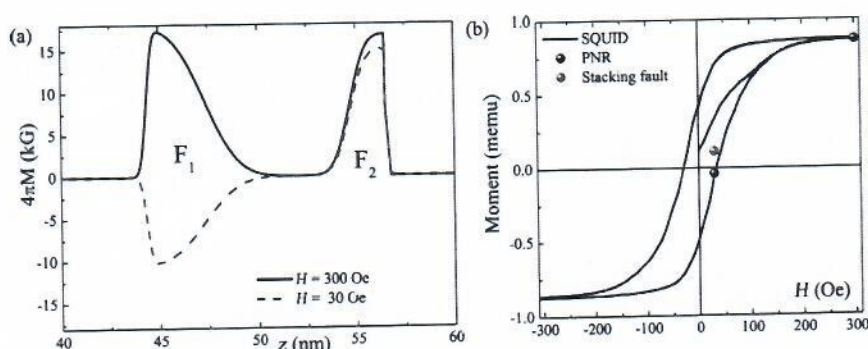


Figura 4: (a) Profilul de adâncime magnetică a unei celule unitare pentru alinierea P (negru) și AP (roșu). Curbele de neutroni corespunzătoare sunt prezentate prin linii continue în Figura 3a. (b) Bucla de histeresis măsurată prin magnetometrie SQUID (linie continuă). Punctul negru indică momentul magnetic al probei care se obține prin integrarea profilelor de adâncime descrise în (a). Punctul roșu prezintă momentul magnetic la  $H = 30$  Oe preconizat dacă un segment P ar fi fost prezent în structura aliniată AP.

A fost efectuată o analiză complexă a datelor de magnetometrie, obținute la dispozitivul supraconductor de interferență cuantică (SQUID) (Figura 4). Pentru ajustarea cu datele experimentale, s-a luat în considerare un model simplu al unui strat-quadro Co(1,5 nm)/Nb(8 nm)/Co(2,5 nm)/Nb(8 nm) repetat de șase ori.

Rezultatele de la  $H = 30$  Oe au fost ajustate variind profilul de adâncime magnetică. În figura 4a sunt prezentate profilele de adâncime a magnetizării obținute pentru curbele-model, care au fost reprezentate prin linii continue în Figura 3a. Este evident că profilele de adâncime magnetică atât pentru stările P, cât și pentru AP determinate din experimentul cu PNR sunt în bună concordanță cu datele magnetometriei SQUID (Figura 4b).

În rezultat se propune un element de memorie pe baza unei structuri periodice S/F care poate fi comutată între stările AP și P. Pentru a comuta între stările AP și P, se propune utilizarea unui strat-quadro F1/S/F2/S repetat periodic în care straturile magnetice F1 și F2 au câmpuri coercitive ușor diferite. Pentru a investiga experimental procesele de comutare între stările P și AP s-a intercalat structura periodică  $[\text{Co}(1,5 \text{ nm})/\text{Nb}(8 \text{ nm})/\text{Co}(2,5 \text{ nm})/\text{Nb}(8 \text{ nm})] \times 6 / \text{Co}(1,5 \text{ nm})$  între doi electrozi Nb(25 nm). Folosind reflectometria cu neutroni s-a demonstrat că o stare AP poate fi creată și înlăturată prin aplicarea unui câmp mic de 30 Oe.

A fost studiat transportul cuantic în bicristalele izolatorilor topologici 3D Bi - Sb cu scopul determinării rolului electronilor Dirac de interfețe (IF). S-au evidențiat caracteristici topologice neobișnuite condiționate de electronii Dirac la IF: cuasi-platoul Hall longitudinal concomitent cu minime în magnetorezistență; manifestarea efectului Umkehr, care nu este posibil datorită simetriei cristalului; două frecvențe noi în transportul cuantic în straturile de IF, care sunt pertinente pentru zonele mai mari decât zonele transversale ale suprafeței Fermi în cristalite. Particularitățile în magnetorezistență indică atât la apariția unui grup mic de electroni într-o mișcare infinită, cât și la tranziția de fază electronică de tipul semiconductor - semimetal în camp magnetic. Acceptat [*Low Temperature Physics/Fizyka Nizkykh Temperatur*, 2023, **49**, № 1, pp.1-7]

### Etapa VII. Caracterizarea materialelor termochromice nanostructurate

Cu scopul optimizării parametrilor filmelor termochromice pe bază de vanadiu a fost investigat coeficientul de transmisie a luminii la filmele de VO<sub>2</sub> și nanocompozite VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> crescute pe substrat de cuarț topit prin metoda depunerii metalo-organice (MAD). Spectrele de transmisie la lungimi de undă de la 250 la 2500 nm au fost investigate în intervalul de temperatură între 25 și 100°C folosind spectrometre (OceanOptics): Maya2000Pro (pentru domeniul UV-vis, ~165 – 1100 nm, NIRQuest512-2.5 (pentru domeniul NIR, 900 nm – 2,5 μm). Măsurătorile într-o gamă largă de lungimi de undă (UV-vis-NIR) sunt posibile doar folosind două spectrofotometre diferite, respectiv, apare problema ajustării exacte a curbelor obținute la 2 spectrofotometre (fig. 1). După procedura de ajustare, s-au obținut curbe de transmisie netede pentru întregul interval de 400–2500 nm (fig. 2).

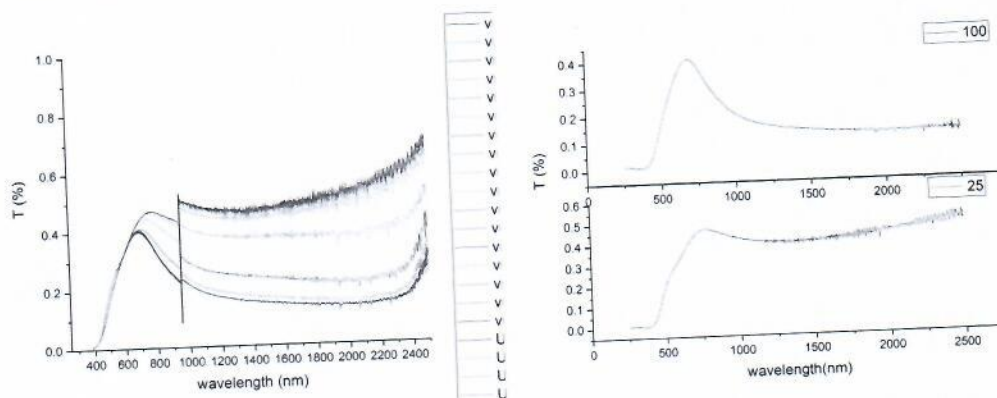


Figura 5. Setul de spectre de transmisie înregistrate de două spectrofotometre la temperaturi diferite.  
Figura 6. Spectrele filmului termocromic VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> la 25 și 100°C după procesare.

În continuare, transitanța solară integrată ( $T_{sol}$ , 250–2500 nm) iar valorile  $\Delta T_{sol}$  au fost obținute din următoarele ecuații:

$$T_{sol} = \int_{250}^{2500} \varphi_{sol}(\lambda) T(\lambda) d\lambda / \int_{250}^{2500} \varphi_{sol}(\lambda) d\lambda$$

$$\Delta T_{sol}(\%) = T_{sol}(25^\circ\text{C}) - T_{sol}(100^\circ\text{C})$$

unde  $T(\lambda)$  denotă transmisia la lungimea de undă  $\lambda$ ,  $\varphi_{sol}$  este spectrul de iradiere solară pentru masa de aer 1,5 (corespunzător soarelui care se află la 37° deasupra orizontului) [ASTM G173-03. Tabele standard de referință a iradianței spectrale solare: Normala directă și emisferică pe o suprafață înclinată la 37°, Cartea anuală a standardelor ASTM, voi. 14.04, Societatea Americană pentru Testare și Materiale, Philadelphia, PA, SUA, <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5>.]:

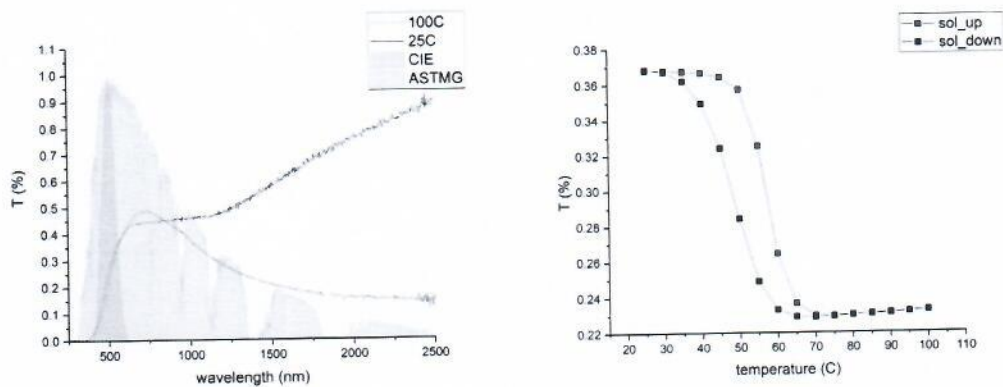


Figura 7. Spectrele filmului termocromic VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> la 25 și 100°C și standardul de spectru de iradiere solară normalizat (aria bej) și standardul de iluminare al Comisiei Internaționale (aria verde). Figura 8. Comportamentul histerzei transmisiei solare integrale a filmului termocromic VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>. Rezultatul calculului transmisiei solare integrale a filmului termocrom VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> prezentat în fig.8.

Concluzie. Abordarea noastră pentru obținerea unui nou material termocromic se bazează, în primul rând, pe ideea utilizării unor elemente larg distribuite pe Pământ. Dioxidul de vanadiu termocromic îndeplinește această cerință. Cu toate acestea, pentru aplicațiile reale, performanța termocromă a acoperirilor pe bază de VO<sub>2</sub>, este necesar să fie optimizată prin scăderea temperaturii de tranziție, creșterea transmitanței luminoase și îmbunătățirea parametrilor de comutare. Soluționarea problemelor mai sus menționate se realizează prin aplicarea unei strategii alternative care diversifică metodele de dopaj în filmele policristaline. S-a realizat un progres în soluționarea tuturor problemelor prin combinarea unei abordări nanotermocromice cu scopul îmbunătățirii transmitanței luminoase cu una determinată de tensiunile induse în pelicile nanocompozite cu scopul reducerii atât a temperaturii de tranziție, cât și a lățimii buclei histerzei. Filmele nanocompozite laminare VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> au fost fabricate printr-o descompunere spinodală condiționată de temperatura soluției solide V<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub>. S-a remarcat faptul că dioxidul de titan la fel corespunde bine cerințelor unei disponibilități largi ca materie primă. Filmele nanocompozite laminare VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> au fost obținute pe substraturi de cuarț topit folosind o tehnică rentabilă - metoda depunerii metalo-organice (MAD). Proprietățile optice ale nanocompozitelor au fost comparate cu cele ale VO<sub>2</sub> monofazat prin măsurarea transmitanței în domeniul de lungimi de undă de 400÷2500 nm la temperaturi de 25÷100°C. Filmul nanocompozit relevă o temperatură de tranziție redusă cu 15 grade și o lățime a buclei de histerzei redusă cu 7 grade, indicând o stare tensionată, care apare ca urmare a cuplării elastice dintre straturile bogate în V și Ti. Filmele nanocompozite manifestă o îmbunătățire integrală a transmisiei luminoase cu 5%, demonstrând principiul abordării nanotermocromice în acțiune. În cazul dat, această abordare a fost realizată prin integrarea straturilor funcționale bogate în VO<sub>2</sub> într-o matrice mai transparentă a celor bogate în TiO<sub>2</sub>. Ca rezultat, performanța termocromă, care a fost calculată ca diferență între transmisiile solare integrale la 25°C și 100°C, crește până la 14% pentru nanocompozit față de 8,5% pentru VO<sub>2</sub>.

#### **Etapa. Modelarea impactului asupra proceselor atmosferice**

S-au efectuat testări a eficacității nanoparticulelor de iodură de argint conform metodei standard elaborate în Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologie D.Gitsu. Arderea probelor din compoziția pirotehnică pe bază de iodură de argint, supuse testelor pentru obținerea unui aerosol-generator de gheață, a fost efectuată în regim staționar într-un cub aerosolic cu un volum de 1 m<sup>3</sup>. Determinarea activității aerosolilor prin formarea centrelor de nucleare a gheții a fost efectuată la temperaturi de ceață suprarăcită într-o cameră cu nori în intervalul de temperatură de la -3°C la -



12°C. Cristalele de gheață formate în ceață suprarăcită au fost depuse pe suprafața oglinzilor microtermostate, ulterior fotografiate. Caracteristicile cantitative și calitative ale cristalelor de gheață au fost studiate la microscop apoi întocmite protocoalele de testare. Rezultatele testului sunt prezentate în tabel:

Температура тумана T, °C	Выход частиц, средний N, g <sup>-1</sup>	Выход частиц, средний N <sub>med</sub> , g <sup>-1</sup>	Выход частиц, интегральный (660g) N <sub>med</sub>
-10	9,3×10 <sup>12</sup>	9,4×10 <sup>12</sup>	6,2×10 <sup>15</sup>
	9,5×10 <sup>12</sup>		
-6	5,7×10 <sup>12</sup>	5,5×10 <sup>12</sup>	3,6×10 <sup>15</sup>
	5,3×10 <sup>12</sup>		
-3	5,1×10 <sup>12</sup>	4,9×10 <sup>11</sup>	3,2×10 <sup>14</sup>
	4,7×10 <sup>12</sup>		

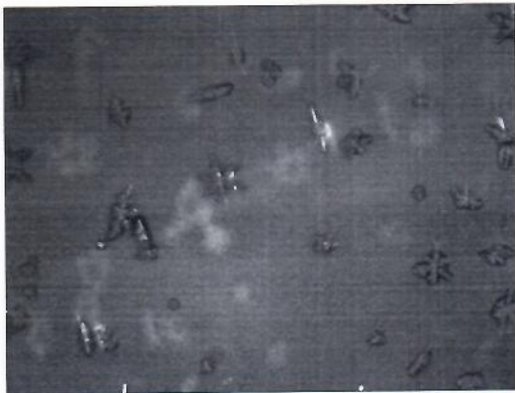


Figura 8. Fotografia prezintă rezultatul depunerii centrelor de condensare pe oglinzile de testare ale microtermostatelor (stîngă) și procesul testării compoziției pirotehnice în cameră (dreaptă).

Concluzii: În rezultatul testărilor s-a constatat că materialele testate posedă o eficiență înaltă atingând  $6,2 \times 10^{15}$  la o încărcătură de rachetă pirotehnică și pot fi recomandate pentru utilizare pentru protejarea sectorului agricol al Moldovei de grindină.

**Etapa. Crearea nanocompozitelor pe baza nanozimelor pentru detoxifierea apei (solului) și selectarea traductoarelor pentru recunoașterea poluanților.**

S-a efectuat sinteza prin metoda solvotermală a unui fotocatalizator nanocompozit pe bază de ferită de zinc dopată cu cobalt -  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$ . Proprietățile structurale și optice ale nanocompozitelor au fost caracterizate prin difracția de raze X (XRD), microscopie electronică cu scanare (SEM), UV-VIS.

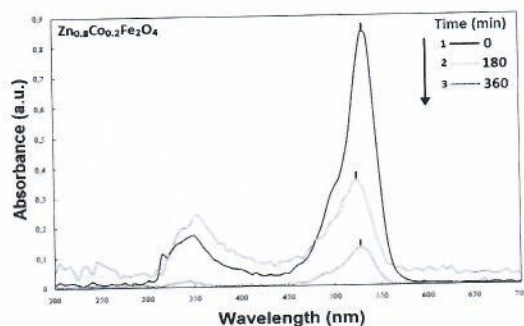


Figura 9. Influența timpului asupra degradării fotocatalitice a Rodaminei B sub acțiunea nanocompozitului  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$  /polimer (condiții: Rodamină B = 0,05 g/L, nanocompozit = 0,150 g/L, pH) = 3,5)

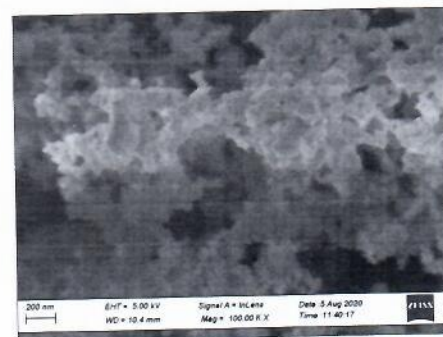


Figura 10. Imaginea SEM a nanocompozitului  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$ /polimer.

În figura 9 este prezentată dependența de timp a spectrelor de descompunere fotocatalitică a unei soluții apoase cu colorant de rodamină B (RhB) utilizând nanocompozitul  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$ /polimer. Curba 1 descrie dependența spectrală a activității fotocatalitice a  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$  la momentul initial. Principalele maxime de absorbție sunt observate la 523, 525 și 530 nm. Concomitent cu creșterea timpului de expunere la lumină, fotodescompunerea rodaminei crește, soluția își schimbă treptat culoarea de la roz la galben-verde în 180 de minute (curba 2), iar după alte 180 de minute devine aproape incoloră (curba 3), acest lucru se datorează unei scăderi a ratei de recombinare a perechilor electron-găuri fotogenerate ale nanocompozitului. Degradarea colorantului la o concentrație de 0,05 g/l este 85% în 360 min. Nanocompozitul de ferită sintetizat posedă proprietăți magnetice și stabilitate chimică, cea ce prezintă un potențial la utilizarea în domeniul fotodegradării industriale a poluanților organici ca un fotocatalizator eficient detașabil magnetic. Studiu spectrofotometric al activității peroxidazei a nanozimelor demonstrează că heterostructura nanocompozită  $ZnO/ZnFe_2O_4$ /polimer, magnetita  $Fe_3O_4$ /PVP și nanocompozitele pe bază de ferită mixtă  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$  posedă proprietățile nanosimelor mimetice enzimelor și, respectiv pot fi utilizate ca sisteme fotocatalitice peroxidaze atât pentru descompunerea poluanților organici, cât și pentru detectarea acestora. Efectul synergetic al peroxidazei și al proprietăților fotocatalitice ale nanocompozitului  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$ /polimer a demonstrat o descompunere de 85% în 360 de minute a colorantului de rodamină B în sistemul model. Heterostructura nanocompozită din  $ZnO/ZnFe_2O_4$ /polimer și nanocompozitul pe bază de magnetit  $Fe_3O_4$ /PVP asigură detectarea colorimetrică a peroxidului de hidrogen în apa de ploaie cu o limită de detecție de 0.15  $\mu M$  și 0.02  $\mu M$  respectiv. În rezultatul cercetărilor proprietăților a trei nanocomposite sintetizate s-a constatat că: :

1) Nanocompozitul  $Zn_{0.8}Co_{0.2}Fe_2O_4$  obținut prin metoda solvotermală se recomandă la aplicarea pentru degradarea fotocatalitică a Rodaminei B.

2) Nanocompozitul  $Fe_3O_4$ /PVP se recomandă în calitate de sistem fotocatalitic cu proprietăți de peroxidază a fost utilizat pentru descompunerea poluanților organici și pentru detectarea moleculelor de peroxid de hidrogen.

3) Datorită proprietăților sensorice îmbunătățite heterostructura nanocompozită  $ZnFe_2O_4/ZnO$  se recomandă la utilizarea în calitate de biosenzor eficient atât pentru detectarea poluanților de mediu, cât și pentru detectarea antioxidantilor.

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

Anexa 1A

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2022 în cadrul proiectului din Programul de Stat  
“Nanostructuri și nanomateriale funcționale pentru industrie și agricultură”**

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

1.1. monografii internaționale

**1.2. monografii naționale**

1. SIDORENKO, A. Project “SPINTECH” – the key to boosting of excellence of D.GHITU IEEN in spintronics Chișinău : 2022, (Tipografia „Continental Grup” SRL). – 124 p. – 100 ex. ISBN 978-9975-3131-2-4. 016:[54+929]

**2. Capitole în monografii naționale/internaționale**

VAKHRUSHEV, A., FEDOTOV, A., BOIAN, V., SIDORENKO, A. Simulation of multilayer atom nanostructures for spinmechatronics In: Mechatronic systems design and solid materials. Methods and Practices. Palm Bay, USA, December, 2021. pp. 187-203. eBook ISBN 9781003045748 <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003045748-8/simulation-multilayer-atom-nanostructures-spinmechatronics-vakhrushev-yu-fedotov-boian-sidorenko>

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

Anatolie Sidorenko – Editor of special issue of Beilstein Journal of Nanotechnology “**Intrinsic Josephson effect and prospects of superconducting spintronics**” <https://www.beilstein-journals.org/bjnano/series/89>

**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. SCHEGOLEV, A., KLENOV, N., BAKURSKIY, S., SOLOVIEV, I., KUPRIYANOV, M., TERESHONOK, M., and SIDORENKO, A. Tunable superconducting neurons for networks based on radial basis functions. Open Access *Beilstein J. Nanotechnol.* 2022, **13**, 444–454. <https://doi.org/10.3762/bjnano.13.37> IF: 3.65

2. VAKHRUSHEV, A., FEDOTOV, A., SEVERYUKHINA, O. and SIDORENKO A. Structure and local structural defects influence on the magnetic properties of cobalt nanofilms. Accepted for *Beilstein Journal of Nanotechnology* 2022, **13**, pp. IF: 3.65

3. MUNTYANU, F., CHISTOL, V., CONDREA, E., SIDORENKO A. Topological features of quantum transport in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  ( $0 \leq x \leq 0.2$ ) bicrystals. *Low Temperature Physics/Fizyka Nyzkykh Temperatur*, 2023, **49**, No. 1, pp.1-7. ISSN 0132-6414(Print) ISSN 1816-0328(Online) IF: 0.838

#### 4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

1. ПЕНИН, А. Применение нейронной сети для расчета сопротивления нагрузок с учетом инвариантных свойств соотношения вход–выход многополюсников. В: *Электричество*. 2022, № 4, с. 47-58. DOI: <https://doi.org/10.24160/0013-5380-2022-4-47-58> IF: 0.456 (РИНЦ)

2. ВАХРУШЕВ, А., ФЕДОТОВ, А., СЕВЕРЮХИНА, О., СИДОРЕНКО, А. Исследование влияния структуры кобальта на магнитные свойства нанопленок. *Химическая физика и мезоскопия*. 2022, т. 24. № 4. с. 436-453. <https://doi.org/10.15350/17270529.2022.4.36>

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

4.4. în alte reviste naționale

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

1. NICA, Iu., POGORELISCHI, L., ZAVRAJNY, S., DIMITRIU, V., PEEV, L. and SIDORENKO, A. The effect of UVC radiation on regions of the SARS –CoV – 2 genome encoding the synthesis of structural proteins. In: I. Tiginyanu et. al. (Eds):ICNBME 2021, IFMBE Proceedings 87, pp.537–543, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_69)

2. FEDOTOV, A., VAKHRUSHEV, A., and SIDORENKO A. Modeling the Deposition of an Additional Layer to Improve the Interface of Spin Valve Nanolayers. AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2627.

3. СИДОРЕНКО, А., БОЯН, В., САВВА, Ю., ФЕДОТОВ, А., ВАХРУШЕВ, Функциональные наноструктуры сверхпроводник-ферромагнетик для спинтроники. Том 1 Материалы XXIV Международного симпозиума «Нанозлектроника и Нанозлектроника» Суздаль, 6-9 Марта 2022, стр. 114 -115. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2208/2208.08364.pdf>

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)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. ВАХРУШЕВ, А., ФЕДОТОВ, А., СЕВЕРЮХИНА, О., СИДОРЕНКО, А. Оценка влияния дефектов структуры на магнитные свойства нанопленок спинтроники. Тезисы IX Международной конференции “Кристаллизация: компьютерные модели, эксперимент, технологии”, Ижевск, 6–9 апреля, 2022, Стр. 205-208

2. Sidorenko, A. Functional base elements for artificial neural network The VIII International Euro-Asian Symposium „Trends in MAGnetism”, Kazan, Russia, August 22–26, 2022. p.133
3. BELENCIUK, A., STROH, K., SHAPOVAL, O., VATAVU, S. Optical properties of laminar VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> nanocomposites: implication for thermochromic coatings. În Programul „EMRS Spring Meeting” Virtual Conference. May 30th – June 3rd 2022, Symposium L, L.P1.7.

#### 7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

1. SIDORENKO, A. New opportunities in the detection of environmental pollutants. In: Proceedings of The 7th International Conference ECOLOGICAL & ENVIRONMENTAL CHEMISTRY 2022 (EEC-2022, <http://eec-2022.mrda.md> / ) March 3-4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova P. 45 ISBN 978-9975-159-06-7..
2. GUTSUL, T., VINOCUROV, A., RASTIMESINA, I., POSTOLACHI, O., SIDORENKO, A. The interaction of *rhodococcus* rhodochrous CNMN- AC-05 with CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PEG nanoparticles analysed by method of confocal laser scanning microscopy. In: Proceedings of The 7th International Conference ECOLOGICAL & ENVIRONMENTAL CHEMISTRY 2022 (EEC-2022, <http://eec-2022.mrda.md> / ) March 3-4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova P. 175. ISBN 978-9975-159-06-7.

#### 7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1. SHAPOVAL, O., BELENCIUK, A., VATAVU, S. Metalorganic aerosol deposition technique (Tehnologia depunerii din aerosolii compușilor metalorganici). Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Universitatea de Stat din Moldova, Chisinau, 10-11 noiembrie 2022.
2. SHAPOVAL, O., BELENCIUK, A., VATAVU, S. Metalorganic aerosol deposition: the building of oxide films (Depunerea din aerosolii compușilor metalorganici: design-ul filmelor de oxid). Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Universitatea de Stat din Moldova, Chisinau, 10-11 noiembrie 2022.

#### 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

#### Cereri de brevete:

1. CONDREA, Elena, SIDORENKO, Anatolie, BELOȚERCOVSCHII, Igori. *Procedeu de măsurare a rezistenței microfîrelor deformate în câmp magnetic transversal*. Nr.2373, 10.11.2022
2. SIDORENKO, A., Roman Morari, Yury Khaydukov, Thomas Keller, Bernhard Keimer

*Method for tuning the non-collinearity of remanent magnetic structures. Patent of Germany, application MI-No. 1201-5998-8C-JK From 01.03.2021.*

#### **Brevete:**

1. BELOTERCOVSCII, I.; SIDORENKO, A.; CONDREA, E.; MORARI, R. *Vacuummetru termoelectric*. Brevet de invenție MD 1587 Z 2022.07.31
2. ФЕДОТОВ, А., ВАХРУШЕВ, А., СИДОРЕНКО, А. Программный комплекс для моделирования и анализа свойств наноструктур спинтроники. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022662508, 05.07.2022.
3. ВАХРУШЕВ, А., СИДОРЕНКО, А., ШЕСТАКОВ, И. Способ получения высококачественных пленок методом механической вибрации подложки // Патент на изобретение 2763357 C1, 28.12.2021.
4. SIBAEV, A.; SIBAEV, I. *Metoda de stimulare a cresterii ciupercilor pleurotus*. Brevet de invenție MD 1522 Z2021.12.31

#### 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)
- 10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice: **Lucrari de laborator:**
  - Depunerea magnetron a peliculelor supraconductoare.
  - Calibrarea rezistențelor Allen-Bradley.

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

Pe parcursul implementării etapelor anului 2022, s-au obținut noi rezultate științifice fundamentale importante, care constituie o bază în elaborarea unor elemente supraconductoare pentru construcția sistemelor de inteligență artificială, care concomitent cu valoarea științifică generală, vor avea o rezonanță socială importantă, vor contribui la prestigiul științei academice din Republica Moldova pe plan internațional, fiind publicate în reviste cu IF înalt și prezentate la foruri internaționale.

Au apărut noi oportunități la elaborarea proiectelor internaționale. Cunoașterea proceselor fizice de formare a nanoparticulelor este importantă la soluționarea problemelor legate de mediul ambiant, inclusiv de atmosferă, de dezvoltarea unor tehnologii energetice neconvenționale. Explorarea caracteristicilor materialelor elaborate deschide posibilități pentru detoxifierea eficientă a solurilor de pesticide reziduale folosind enzimele artificiale „nanozime”.

#### 8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (obligatoriu)

Instalația de depunere magnetron ajustată conform modelării computerizate.

Cercetările în domeniul studiului fenomenelor de transport și al supraconductibilității s-au efectuat la echipamentul de refrigerare cu ciclu închis în intervalul 4.2-300 K, disponibil în Institutul de Inginerie Electronica și Nanotehnologii „D. Ghitu”. Instalații de depunere în vid (MBE, MOCVD,

evaporare termică), instalația de depunerea compușilor metalorganici pe sticlă prin metoda aerosol (MAD). Echipament pentru obținerea nanoparticulelor pe baza de fier și alte metale; instalația de testarea compozițiilor pirotehnice folosite pentru combaterea grindinei și provocarea precipitațiilor artificiale; rețea de calculatoare conectată la internet.

Caracterizarea morfologică și structurală detaliată s-a efectuat prin metodele SEM, TEM, HRTEM, RHEED, RBS, difracție cu raze X și SQUID, beneficiind de asistența centrelor din străinătate (Germania, Suedia, Olanda) în cadrul programului HORIZON-2020. Utilajul pentru prepararea peliculelor subțiri cu plasmă „Oxford Plasmalab 100” și ”Focusing Ion Beam lithography” (FIB), (Universitatea din Stockholm, Suedia).

#### **9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

1. Acord de colaborare: IEN „D.GHIȚU” și Universitatea de Stat din Moldova.
2. Laboratorul de Fizică a Semiconductoarelor și Dispozitivelor și Centrul de Cercetare CaRISMA, de la Universitatea de Stat din Moldova.
3. Universitatea Tehnică din Moldova, Departamentul MIB.
4. Serviciul de Stat ”ANTIGRINDINĂ” (Serviciul Special pentru Influențe Active asupra Proceselor Hidrometeorologice, Chișinău).
5. Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Laboratorul Microbiologia Solului.

#### **10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

1. Institutul de Fizică a Materialelor din Uni-Goettingen, Germania. (Caracterizarea morfologică și structurală a probelor obținute).
2. Universitatea TWENTE, Olanda. (Caracterizarea morfologică și structurală a probelor obținute).
3. Universitatea Stockholm, Suedia. (Prepararea probelor la utilajul de gravare a peliculelor subțiri cu plasmă „Oxford Plasmalab 100” și ”Focusing Ion Beam lithography” (FIB)).
4. Institutul de Materiale Nanostructurate al CNR. Bologna, Italia.
5. Institutul Max Planck, Stuttgart, Germania

#### **11. Dificultățile în realizarea proiectului**

Financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc. (obligatoriu)

Bugetul financiar limitat, care nu permite achiziționarea utilajului de bază, necesar cercetărilor.  
Bugetul financiar alocat cu întârziere, necesar la procurarea materialelor de consum curent.  
Din cauza plecării din proiect a unor participanți au fost necesare modificări în lista executanților și redistribuirea sarcinilor între participanții la proiect (Anexa 1C).

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

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

➤ Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

1. SIDORENKO, A. Superconducting Base Elements for Artificial Neural Network, Invited talk at International Conference “Advanced Materials Science and Engineering and High-Tech Device Applications” October 27-29, 2022, Ankara, Turkey.

2. SIDORENKO, A. Superconducting Base Elements for Artificial Neural Network. Invited talk at 4th Virtual Congress “MATERIALS-2022”, 28-31 March 2022.

3. BELENCIUK, A., STROH, K., SHAPOVAL, O., VATAVU, S. Optical properties of laminar VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> nanocomposites: implication for thermochromic coatings. EMRS Spring Meeting Virtual Conference May 30th – June 3rd 2022, Symposium L, L.P1.7.

➤ Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)

1. SIDORENKO, A. Spintronic Functional Nanostructures for Artificial Neural Network. Invited Speaker that 12th edition of the International Conference on Electronics, Communications and Computer Sciences (IC|ECCO – 2022) October 20-21, 2022, in Chisinau, Moldova.

➤ Manifestări științifice cu participare internațională

1. SHAPOVAL, O., BELENCIUK, A., VATAVU, S. Metalorganic aerosol deposition technique (Tehnologia depunerii din aerosolii compușilor metalorganici). Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Universitatea de Stat din Moldova, Chisinau, 10-11 noiembrie 2022.

2. SHAPOVAL, O., BELENCIUK, A., VATAVU, S. Metalorganic aerosol deposition: the building of oxide films (Depunerea din aerosolii compușilor metalorganici: design-ul filmelor de oxid). Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Universitatea de Stat din Moldova, Chisinau, 10-11 noiembrie 2022.

➤ Manifestări științifice naționale

**Model:**

Numele, prenumele, titlul științific al participantului; Titlul manifestării (cu indicarea tipului de manifestare – internațională, națională etc.); Organizatori, țara, perioada desfășurării evenimentului; Titlul comunicării/raportului susținut (cu indicarea tipului de prezentare – oral, poster etc.)



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

**Expozitii:**

1. BELOTSERKOVSKII, I.; SIDORENKO, A.; CONDREA, E.; MORARI, R. *Thermostated vacuum gauge*. European Exhibition of Creativity and Innovation "EUROINVENT-2022" (28 mai, IASI, Romania). **Medalie de argint.**
2. BELOTSERKOVSKII, I.; SIDORENKO, A.; CONDREA, E.; MORARI, R. *Thermostated vacuum gauge*. The 26<sup>th</sup> International Exhibition of Inventics "INVENTICA-2022", (22-24 iunie, IASI, Romania). **Medalie de aur.**
3. SIDORENKO, A., Roman Morari\*, Yury Khaydukov\*\*, Thomas Keller\*\*, Bernhard Keimer *Metodă de reglare a necolinarității structurilor magnetice remanente ale unui dispozitiv cu supapă de rotație magnetică*. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT, ediția a XX, (26-28 octombrie 2022, , CLUJ-NAPOCA, Romania) **Medalie de aur.**
4. BELOTSERKOVSKII, I.; SIDORENKO, A.; CONDREA, E.; MORARI, R. *Vacuummetru termostatic*. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT, ediția a XX, (26-28 octombrie 2022, , CLUJ-NAPOCA, Romania) **Medalie de aur.**
5. DAȚKO Tatiana, ZELENȚOV Veaceslav, DVORNIKOV Dmitri, SAINSUS Iurii . European Exhibition of Creativity and Innovation "EUROINVENT-2022" (28 mai, IASI, Romania). **Medalie de aur.**
6. DAȚKO Tatiana, ZELENȚOV Veaceslav, DVORNIKOV Dmitri, SAINSUS Iurii The 26th International Exhibition of Inventics "INVENTICA-2022", (22-24 iunie, IASI, Romania). **Medalie de aur.**
7. ZASAVIȚHII E. KARAGENOV D. SIDORENKO, A.; *Stand for testing rockets*. European Exhibition of Creativity and Innovation "EUROINVENT-2022" (28 mai, IASI, Romania). **Medalie de bronz.**

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

➤ Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

Model: Nume, prenume / Emisiunea / Subiectul abordat

➤ Articole de popularizare a științei

Model: Nume, prenume / Publicația / Titlul articolului

15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2022 de membrii echipei proiectului (Opțional)

Pregătirea cadrelor tinere:

**Doctorand BoianVladimir.** Teza de doctorat: Supraconductibilitatea tripletă ca bază a spintronicii

supraconductoare. Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE.

**Doctorand Lupu Maria.** Teza de doctorat: Математическое моделирование динамических процессов в сверхпроводниковых нейронных сетях. Conducător științific: SIDORENKO ANATOLIE.

**Masterand Sirbu Andrei.** Teza de masterat: Colorimetric biosensors for artificial neural network.

**Masterand Malcoci Cezar-Casian.** Teza de masterat: Investigarea inductanței cinetice în nanostructurile supraconductoare stratificate Niobiu-Cobalt.

**Licentiat Sirbu Dinu.** Teza de licență: Depunerea magnetron a nanostructurilor pentru spintronica supraconductoare.

**Licentiat Stinga Serghei.** Teza de licență: Spintronica supraconductoare.

Model: numele și prenumele pretendentului, Titlul tezei / Teză de doctorat, postdoctorat, nume și prenume conducător.

**16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (Opțional)**

Forme de materializare a rezultatelor cercetării în cadrul proiectului pot fi produse, utilaje și servicii noi, documente ale autorităților publice aprobate etc.

**17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022**

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

Condrea Elena – Consiliul științific de susținere al tezei de doctor în șt. f-m. Melnic Elena, 20.07.2022 (secretar științific).

- Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)  
Sidorenko A. S.- Beilstein Journal of Nanotechnology - recenzent oficial. [www.bjnano.org](http://www.bjnano.org)  
ISSN 2190-4286.

Sidorenko A.S.- Crystals - recenzent oficial. <https://doi.org/10.3390/cryst11060707>

Sidorenko A.S.- membru al consiliului de redacție «Электроника», Москва, Россия (ISSN 1561 – 5405 DOI: 10.24151/1561-5405

Condrea Elena - recenzent oficial al J. Phys.: Condens.Matter.

**18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect (obligatoriu).**

Cu scopul determinării relației dintre proprietățile magnetice ale nanocompozitelor multistrat obținute și structura lor s-a folosit un nanocompozit format din straturi alternative de cobalt și niobiu. Stările magnetice ale straturilor duble de CoO(20 nm)/Co(dF ) schimbate (dF = 5–20 nm) au fost studiate prin metoda reflectometriei cu neutroni polarizați (PNR) și magnetometriei SQUID. Prin introducerea unui strat distanțier Nb între stratul dublu CoO/Co și substratul Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, s-a proiectat o structură rezonator cu o intensitate îmbunătățită a împrăștierii spin-flipp (SF) la poziția rezonanțelor optice. Pentru eșantionul deja tratat și cu cel mai subțire strat de Co (dF = 5nm), s-a detectat o împrăștiere SF puternică la poziția de rezonanță până aproape de 30% din intensitatea de intrare, indicând

un grad înalt de non-colinearitate a magnetizării. Concomitent cu creșterea  $dF$ , intensitatea împrăștierii SF scade liniar. În continuare, a fost observată o asimetrie neconvențională a canalelor de împrăștiere sus-jos și jos-sus la pozițiile de rezonanță, condiționată de apariția în afara planului a unui câmp magnetic parazitar generat de pereții domeniului Bloch chiral. Acest câmp duce la apariția divizării Zeeman a energiilor neutronilor în funcție de polarizarea spinului neutronilor inițiali. Aceste rezultate sunt utilizate pentru proiectarea dispozitivelor spintronice pe baza **efectului câmpului devierii de schimb** (exchange bias field). S-a propus un element de memorie pe baza heterostructurii S/F cu supapă de spin care poate fi comutată între stările anti-paralel și paralel prin aplicarea unui câmp magnetic extern mic de 10-30 Oe. Pe baza fenomenelor detectate în heterostructurile S/F investigate a fost depus Brevet UE în Germania și s-a obținut medalia de aur pentru dispozitivul inovativ - valvă de spin, la expoziția PRO INVENT (Cluj, România).

În rezultatul cercetărilor s-a obținut îmbunătățirea caracteristicilor optice ale acoperirilor termocromice pentru ferestre inteligente realizate din elemente larg distribuite pe Pământ (Ti, V, O). Efectul a fost obținut datorită tensiunilor în termocroma VO<sub>2</sub>, apărute într-o structură nanocompozită laminară legată epitaxial VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>, preparată prin descompunerea spinodală a soluției solide V<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub>.

Studiu spectrofotometric al activității peroxidazei a nanozimelor cu scopul elaborării unui nanocompozit pe baza lor a demonstrat că heterostructura nanocompozită ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polimer, magnetita Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PVP și nanocompozitele pe bază de ferită mixtă Zn<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> posedă proprietățile nanosimelor mimetice enzimelor și, respectiv pot fi utilizate ca sisteme fotocatalitice peroxidaze atât pentru descompunerea poluanților organici, cât și pentru detectarea acestora. Efectul synergetic al peroxidazei și al proprietăților fotocatalitice ale nanocompozitului Zn<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polimer a demonstrat o descompunere de 85% în 360 de minute a poluantului (colorantul de rodamină B) în sistemul model. Heterostructura nanocompozită din ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polimer și nanocompozitul pe bază de magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PVP asigură detectarea colorimetrică a peroxidului de hidrogen în apa de ploaie cu o limită de detecție de 0.15 μM și 0.02 μM respectiv.

În rezultatul testării eficacității nanoparticulelor de iodură de argint, s-a constatat că materialele testate demonstrează o eficiență înaltă atingând  $6,2 \times 10^{15}$  la o încărcătură de rachetă pirotehnică și pot fi recomandate pentru utilizare pentru protejarea sectorului agricol al RM de grindină.

To determine the relationship between the magnetic properties of the fabricated layered nanocomposites and their structure, we used a nanocomposite consisting of alternating layers of cobalt and niobium. The magnetic states of the CoO(20 nm)/Co( $dF$ ) ( $dF = 5-20$  nm) exchange bilayers were studied by polarized neutron reflectometry (PNR) and SQUID magnetometry. By introducing an intermediate Nb layer between the CoO/Co bilayer and the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate, a resonator structure was designed with enhanced spin-flip scattering (SF) intensity at the position of optical resonances.

For the already processed sample with the thinnest Co layer ( $dF = 5$  nm), strong SF scattering at the resonance position was found up to almost 30% of the input intensity, indicating a high degree of magnetization noncollinearity. Simultaneously with an increase in  $dF$ , the scattering intensity SF decreases linearly. Further, in resonant positions, an unconventional asymmetry of the up-down and down-up scattering channels was observed, due to the out-of-plane appearance of a parasitic magnetic field generated by chiral Bloch domain walls. This field gives rise to the Zeeman splitting of the neutron energies

depending on the spin polarization of the initial neutrons.

These results can be used to create spintronic devices based on the effect of the exchange bias field. A memory element based on a spin-valve S/F heterostructure is proposed, which can switch between antiparallel and parallel states when a small external magnetic field of 10-30 Oe is applied. Based on the phenomena found in the studied S/F heterostructures it was elaborated an innovative device - a spin valve, received a gold medal at the PRO INVENT exhibition (Cluj, Romania), and the EU patent was submitted in Germany.

As a result of the research, an improvement in the optical characteristics of thermochromic coatings for "smart windows" made from elements widely presented on Earth (Ti, V, O) has been achieved. The effect was obtained due to stresses in the VO<sub>2</sub> thermochrome arising in a layered epitaxially bonded VO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> nanocomposite structure obtained by spinodal decomposition of the V<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> solid solution.

A spectrophotometric study of the peroxidase activity of nanozymes showed that the heterostructure of the ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polymer nanocomposite, the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PVP magnetite nanocomposites, and the Zn<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> mixed ferrite have the properties of enzyme mimetic nanozymes and, accordingly, can be used as photocatalytic peroxidase systems both for the decomposition of organic pollutants and for their detection. The synergistic effect of the peroxidase and photocatalytic properties of the Zn<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polymer nanocomposite demonstrated 85% decomposition of the pollutant (rhodamine B) during 360 minutes in a model system.

The ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/polymer nanocomposite and the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PVP-magnetite nanocomposite provide colorimetric detection of hydrogen peroxide in rainwater with detection limits of 0.15 μM and 0.02 μM, respectively.

As a result of testing the effectiveness of silver iodide nanoparticles, it was found that the tested materials demonstrate high efficiency, reaching  $6.2 \times 10^{15}$  on a pyrotechnic rocket charge, and can be recommended for use to protect the agricultural sector of the Republic of Moldova from hail.

*1 pagină în engleză și 1 pagină în română ce rezumă rezultatele obținute în anul 2022.*

*Notă: Rezumatul va fi publicat în acces deschis pe pagina web oficială a ANCD și a AȘM, însoțite de avizul Biroului Secției de Științe a AȘM.*

#### 19. Recomandări, propuneri

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ (Sidorenko Anatolie)

Data: \_\_\_\_\_



**Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare**  
(la data raportării)

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.11

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	1866,2	137,7	2003,9
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	541,2	39,9	581,1
Prime de asigurare obligatorie de asistenta medicală achitate de angajator și angajați pe teritoriul țării	212210			
Deplasări în interes de serviciu în interiorul țării	222710	6,8	1,4	8,2
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	50,0	-1,4	48,6
Servicii de cercetări științifice	222930	7,6		7,6
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	31,1		31,1
Indem. p/u incapacitatea temporară de muncă	273500	2,5		2,5
Alte prestații sociale ale angajatorilor	273900		27,4	27,4
Procurarea mașinilor și utilajului	314110	3,6		3,6
Procurarea activelor nemateriale	317110	0,4		0,4
Procurarea pieselor de schimb	332110	2,7		2,7
Procurarea materialelor p/uscopuri didactice, ltiințifice și alte scopuri	335110	2,9		2,9
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	6,1		6,1
Procurarea accesoriilor de pat, îmbrăcăminte, încălțăminte	338110	1,0		1,0
<b>Total</b>		<b>2522,1</b>	<b>205,0</b>	<b>2727,1</b>

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

Conducătorul organizației. [Signature] / (dr. Ghimpu L.)Contabil șef [Signature] / (Colos N.)Conducătorul de proiect [Signature] (Sidorenko A.)Data: 20.08.2020

## Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.5007.11

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	Acad.	1/0,5	03.01.2020	
2.	Muntean Feodor	1942	Dr.hab	1	03.01.2020	22.05.2022
3.	Penin Alexandru	1952	Dr.hab.	1	03.01.2020	
4.	Condrea Elena	1950	Dr.	1/0,25	03.01.2020	
5.	Nica Iurii	1951	Dr.	0,5	03.01.2020	
6.	Prepelita Andrei	1979	Dr.	0,5	03.01.2020	
7.	Antropov Evghenii	1986	Dr.	0,5	03.01.2020	
8.	Belotercovschi Igori	1960		1/0,25	03.01.2020	
9.	Smislov Vladimir	1950		0,25	03.01.2020	
10.	Boian Vladimir	1985	Doctorant	1	03.01.2020	
11.	Iacuin Anton	1987		0,5	03.01.2020	
12.	Caragheno Daniil	1951		1	03.01.2020	
13.	Zasavitchi Efim	1958	Dr.	1	03.01.2020	14.04.2022
14.	Șapoval Oleg	1963	Dr.	0,5	03.01.2020	
15.	Belenciuc Alexandru	1960	Dr.	0,5	03.01.2020	
16.	Fedorov Vladimir	1952	Dr.	0,75	03.01.2020	
17.	Dvornikov Dmitrii	1947	Dr.	0,5	03.01.2020	
18.	Guțul Tatiana	1952		1	03.01.2020	
19.	Morari Roman	1987	Dr.	0,25	03.01.2020	
20.	Lupu Maria	1988		0,75	03.01.2020	
21.	Malcoci Cezar - Casian	1998		0,5	03.01.2020	
22.	Morari Vadim	1992		0,5	03.01.2020	
23.	Șibaev Alexandr	1957		0,5	03.01.2020	
24.	Coșcodan Elena	1996		0,5	03.01.2020	
25.	Sîrbu Andrei	1998		0,75	03.01.2020	

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	<b>28%</b> <b>(7 tineri)</b>
---	---------------------------------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2022					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Ababii Nicolai	1991		0,25	01.06.2022
2.	Mirzac Alexandra	1995	Dr.	0,25	01.09.2022
3.	Penin Alexandru			0,5 cumul	01.09.2022
4.	Codrea Elena		Transferata	0,5 cumul	01.06.2022
5.	Boian Vladimir			0,5 cumul	01.06.2022

6.	Morari Roman		Transferat	0,5	01.09.2022
7.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	36% (9 tineri)
---	----------------

Conducătorul organizației. L. Ghimpu (dr. Ghimpu L)

Contabil șef [Signature] / (Colos N.)

Conducătorul de proiect [Signature] / (Sidorenko A)

Data: 18.11.22

