

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023 (obligatoriu)

____ „Nanostructuri și nanomateriale funcționale pentru industrie și agricultură”

Cifrul proiectului 20.80009.5007.11

REZUMATUL

1. a) În rezultatul cercetărilor nanostructurilor funcționale supraconductor/feromagnet s-au determinat condițiile necesare pentru a realiza o creștere până la 10 ori a curentului critic prin contactele SFS Josephson, care ar asigura elaborarea unor supape de spin supraconductoare eficiente pentru spintronică. S-a detectat un crossover al efectului de proximitate în joncțiuni SFS cu 2 plăci de Nb ca contacte și diferite straturi intermediare pe bază de Ni ca verigă slabă a joncțiunilor SFS Josephson respective. Supra-curenții (J_c), detectați prin stratul de Ni pur, sunt mult mai mari decât prin aliajele diluate cu energia de schimb E_{ex} mult mai mică. Analiza dependențelor $J_c(T)$ demonstrează că acest rezultat este cauzat de gradul insuficient de puritate al aliajelor de Ni dezordonate, fapt ce duce la o lungime de coerență mică. În contrariu, parcursa liberă medie în straturile intermediare de Ni pur poate ușor depăși cu câteva zeci de nm grosimea peliculei, facilitând transportul balistic al perechilor Cooper cu lungimea decăderii la fel de lungă ca în metalele normale nemagnetice. S-a evidențiat faptul că efectul de proximitate în feromagneți depinde în mod esențial de structura internă a straturilor componente. Pe baza joncțiunilor SFS Josephson respective a fost construit un prototip de neuron supraconductor ca element de bază al unei rețele neuronale artificiale. Au fost determinați parametrii designului optim al unei nanostructuri multistrat ca valva de spin. Au fost dezvoltate procesele tehnologice optime de pulverizare magnetron a nanostructurilor supraconductoare-feromagnetice și litografie cu ioni cu focalizare fină (FIB-cuts) pentru a crea un neuron supraconductor, ținând cont de rezultatele măsurărilor parametrilor magnetici și supraconductoare ale probelor studiate.

b) În procesul studiului fenomenelor de transport cuantic la interfețe cristaline (IC) în bicristalele Bi - Sb, care prezintă simultan supraconductivitate și feromagnetism slab au fost detectate manifestări ale unor faze topologice 3D ale materiei datorită modificărilor topologice ale suprafeței Fermi în straturile IC. La concentrații de Sb de $x \sim 0,04$, fenomenele termomagnetice în câmp magnetic puternic prezintă un comportament tipic semimetalelor topologice 3D, în timp ce la bicristale cu $0,07 \leq x \leq 0,2$ se manifesta fenomene tipice izolatoarelor topologice 3D.

c) În rezultatul investigației magnetoresistenței și forței termomagnetice a microfîrelor de Bi în câmp magnetic transversal la reversul câmpului magnetic s-a observat apariția asimetriei, definită ca efectul Umkher. Studiul complex al forței termomagnetice sub acțiunea deformației uniaxiale a relevat o reorganizare a structurii energetice urmată de Tranziția Topologică Electronică a suprafeței Fermi.

2. Prin metoda depunerii metalo-organice (MAD) au fost obținute filme de oxizi de vanadiu, filme de soluție solidă de $V_{1-x}Ti_xO_2$, filme complexe de sare gemă – sistem perovskit de $Pr_{0,5}Ca_{1,5}MnO_4$ cu destinația utilizării lor ca acoperiri termocromice. A fost elaborată metoda pentru determinarea compoziției soluțiilor solide de $V_{1-x}Ti_xO_2$ folosind analiza XRD. A fost investigat procesul de oxidare a componentei funcționale de bază a învelișului termocromic - vanadiul în pelicule crescute sub formarea dinamică a amestecului gazos oxigen-argon (0-21% oxigen) în camera de creștere folosind reglatoare de flux de gaz. Un exces suplimentar al conținutului de oxigen duce la formarea de filme mixte de V_6O_{13} și V_2O_5 . Producerea de filme monofazate cu cea mai înaltă stare de oxidare V_2O_5 este controlată de rata de creștere și temperatura substratului. Am demonstrat posibilitatea depunerii acoperirilor nanocompozite prin utilizarea unei tehnici rentabile de condensare a aerosolilor metalorganici. Am început cercetarea sistemului SnO_2-VO_2 pentru a fi utilizat ca acoperire inteligentă a ferestrelor.

3. În baza nanozimelor obținute pe bază de oxid de fier modificat cu un polimer hidrofîl au fost create nanocompozite pentru detoxificarea solului - NPs Fe_3O_4 /PVP și $CoFe_2O_4$. Conform datelor experimentale, se observă că ambele nanocompozite preparate sunt materiale magnetice și posedă o activitate înaltă de peroxidază. Prin compararea spectrelor optice de absorbție a magnetitei cu feritului de cobalt în dependență de timp, se observă că Fe_3O_4 acționează cu o viteză mai mare ceea ce demonstrează o activitate peroxidazică pronunțată în timp. Aceste proprietăți asigură utilizarea lor nu doar la detectarea poluanților, dar și la crearea materialelor eficiente pentru detoxifierea solului de poluanții organici persistenți. Heterostructura $ZnFe_2O_4$ / ZnO :Ga/glass acționează ca un senzor colorimetric pentru detectarea peroxidului de hidrogen în obiecte biologice.

SUMMARY

1 a) As the result of the research of the functional nanostructures superconductor / ferromagnet, the spin valves, the optimal conditions were determined to achieve an increase of up to 10 times the critical current through the SFS Josephson contacts, which would ensure the development of efficient superconducting spin valves for spintronics. Crossover of the proximity effect was detected in SFS junctions with 2 Nb plates as contacts and different Ni-based intermediate layers as a magnetic weak link of the that Josephson SFS junctions. The supercurrents (J_c), detected in the pure Ni layer, are much higher than through diluted alloys with much smaller exchange energy E_{ex} . The analysis of the J_c (T) dependencies demonstrates that this result is caused by the dirtiness of the disordered Ni alloys, leading to a short coherence length. To the contrary, the mean-free path in pure Ni interlayers can easily exceed the film thickness up to several tens of nm, facilitating ballistic Cooper pair transport with the decay length as long as in nonmagnetic normal metals. It has been shown that the proximity effect in ferromagnets depends essentially on the internal structure of the component layers. That SFS Josephson junctions were used for creating superconducting neurons taking into account the results of measurements of the magnetic and superconducting parameters of the corresponding spin-valve samples,

b) In the process of studying the quantum transposition phenomena at crystalline interfaces (IC) in the Bi - Sb bicrystals, which simultaneously show superconductivity and weak ferromagnetism, manifestations of 3D topological phases of matter were detected due to topological changes of the Fermi surface in the IC layers. At Sb concentrations of $x \sim 0.04$, the thermomagnetic phenomena in strong magnetic field present a behavior typical of 3D topological semimetals, while at bicrystals with $0.07 \leq x \leq 0.2$ there are typical phenomena of 3D topological insulators.

c) As a result of the investigation of the magnetoresistance and magnetothermopower of Bi microwires in the transverse magnetic field at the reverse of the magnetic field the appearance of asymmetry in the magnetothermopower was observed, defined as the Umkher effect. The complex study of the magnetothermopower under the uniaxial deformation revealed a reorganization of the energetic structure followed by the Electronic Topological Transition of the Fermi surface.

2. By the method of metal-organic deposition (MAD) were obtained films of vanadium oxides, films of solid solution of $V_{1-x}Ti_xO_2$, complex films of gem salt - perovskite system of $Pr_{0.5}Ca_{1.5}MnO_4$ for their use as thermochromic coatings. The method for determining the composition of solid $V_{1-x}Ti_xO_2$ solutions using XRD analysis was developed. The oxidation process of the basic functional component of the thermochromic coating - vanadium in films grown under the dynamic formation of the oxygen-argon gas mixture (0-21% oxygen) in the growth chamber using gas flow regulators was investigated. An additional excess of oxygen content leads to the formation of mixed films of V_6O_{13} and V_2O_5 . The production of single-phase films with the highest oxidation state V_2O_5 is controlled by the growth rate and temperature of the substrate. We demonstrate the feasibility of creating nanocomposite coatings using cost-effective metal-organic aerosol deposition technologies and found that the SnO_2 - VO_2 system to be used as a smart window covering.

3. Based on nanosymes obtained from iron oxide modified with a hydrophilic polymer, nanocomposites - nanozimes were created for soil detoxification: NPs Fe_3O_4 / PVP and $CoFe_2O_4$. According to the experimental data, it is determined that both prepared nanocomposites are magnetic materials and possess a high peroxidase activity. By comparing the optical absorption spectra of magnetite with cobalt ferrite over time, it is observed that Fe_3O_4 acts at a higher speed which demonstrates a pronounced peroxidase activity over time. These properties ensure their use not only in the detection of pollutants, but also in the creation of effective materials for detoxifying the soil from persistent organic pollutants. The $ZnFe_2O_4/ZnO:Ga$ /glass heterostructure acts also as a colorimetric sensor for the detection of hydrogen peroxide in biological objects.