

**Contractor:** *Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare  
pentru Fizică Tehnică - IFT Iași*  
**Cod fiscal:** RO 5640892

**Raport anual de activitate  
privind desfășurarea programului nucleu  
*Magnetism și Materiale Magnetice / MAGMATMAG - PN 09-43*  
în anul 2015**

**Durata programului: 6 ani**  
**Data începerii: 13.03.2009**

**Data finalizării: 31.12.2015**

### 1. Scopul programului:

Scopul Programului nucleu - ***Magnetism și Materiale Magnetice (MAGMATMAG - cod PN 09-43)*** a constat în dezvoltarea în cadrul *Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică - IFT Iași* a unor activități de cercetare fundamentală și aplicativă de vârf în domeniul *magnetismului, materialelor magnetice și aplicațiilor acestora, precum și în domenii multidisciplinare*. În cadrul Programului nucleu MAGMATMAG au fost dezvoltate cercetări avansate în domeniul materialelor magnetice amorfе, nanocristaline, nanocompozite și nanodimensionate, cu caracteristici fizice superioare, în scopul utilizării ulterioare a acestora în aplicații din domeniile: spintronică, microelectronică, medicină, energie, biologie, etc. În cadrul proiectelor din componența Programului nucleu MAGMATMAG au fost, de asemenea, dezvoltate activități de cercetare axate pe identificarea și studierea de noi procese/fenomene fizice de bază în materiale magnetice avansate, în domeniul micro- și nanotehnologiilor utilizate pentru realizarea de micro- și nanomateriale pentru micro- și nanodispozitive, precum și în domeniul controlului nedistructiv/neinvaziv. În perioada 2009-2015, în cadrul Programului MAGMATMAG au fost dezvoltate un număr de **8 proiecte**, care au avut ca scop deschiderea de noi direcții de cercetare, de mare perspectivă, în domeniul *magnetismului și materialelor magnetice avansate* cu aplicații în realizarea de *senzori/sisteme de senzori și biosenzori magnetici/electromagnetici/ magnetorezistivi, precum și în realizarea de micro- și nanodispozitive speciale pentru aplicații în medicină, biologie, microelectronică, tehnică de calcul, spintronică, industria automotivă, industria aeronautică și controlul nedistructiv/ neinvaziv al materialelor*. Cercetările dezvoltate au condus la implementarea unor noi tehnici complexe de caracterizare fizică, structurală și compozițională și de structurare geometrică, la nivel micro și nano, a micro- și nanomaterialelor și materialelor nanostructurate, la dezvoltarea de noi tipuri de micro - și nanotehnologii aplicabile nu numai materialelor magnetice dar și altor tipuri de materiale, fapt care a permis deschiderea unor noi direcții de cercetare multi- și interdisciplinare, cu importante colaborări în diferite domenii ale științei și tehnicii. Rezultatele obținute ca urmare a derulării activităților de cercetare din cadrul Programului nucleu MAGMATMAG au permis identificarea și abordarea unor noi tematici de cercetare, cu precădere aplicativă, în vederea participării cu propuneri noi de proiecte în Programul Național de Cercetare-Dezvoltare și Inovare - PN II, în Programul Cadru 7 al Uniunii Europene, precum și în alte programe naționale și internaționale de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de inovare.

### 2. Modul de derulare al programului:

În anul 2015, în cadrul programului NUCLEU - MAGMATMAG au fost dezvoltate activități de cercetare în cadrul a 6 proiecte, distribuite în cadrul celor 2 obiective după cum urmează:

- ◆ **Obiectiv 1: Fizica fenomenelor și proceselor magnetice** - 3 proiecte
- ◆ **Obiectiv 2: Fizica materialelor magnetice** - 3 proiecte

Activitățile de cercetare desfășurate în anul 2015 au fost dezvoltate în cadrul a **17 faze de execuție**, după cum urmează:

- proiectul PN 09 43 01 01 - 4 faze

- proiectul PN 09 43 01 02 - 5 faze
- proiectul PN 09 43 01 04 - 2 faze
- proiectul PN 09 43 02 01 - 3 faze
- proiectul PN 09 43 02 02 - 1 fază
- proiectul PN 09 43 02 03 - 2 faze

În cursul anului 2015, în cadrul Programului nucleu - MAGMATMAG au fost dezvoltate activități complexe de cercetare fundamentală și/sau aplicativă, în funcție de specificul fiecărui proiect. În cadrul celor 6 proiecte derulate în anul 2015 s-au dezvoltat activități de preparare materiale avansate (microfire acoperite cu sticlă obținute prin electrodepunere; structuri tip „pilar” obținute prin tehnici de microstructurare de ultimă generație, aliaje speciale, membrane nanoporoase cu densități diferite de pori în cadrul aceleiași membrane), activități de caracterizare complexă, compozițională, morfologică și structurală și activități de caracterizare magnetică și magnetorezistivă a diferitelor tipuri de materiale cu dimensiuni micrometrice (benzi, fire convenționale, fire acoperite cu sticlă, materiale magnetice compozite sub formă de fire multistrat), materiale cu dimensiuni nanometrice (pulberi, straturi subțiri simple și multistrat, nanofire și/sau nanostructuri planare), cu rezultate teoretice și tehnologice/aplicative complexe, pentru posibile aplicații în medicină, biotehnologie, microelectronică, energie, electrotehnică, spintronică, tehnică de calcul, în activități de evaluare nedistructivă/neinvazivă a materialelor, etc.

Rezultatele estimate a fi obținute în anul 2015 și prevăzute în Schema de realizare a Programului nucleu – MAGMATMAG -2015, au fost următoarele:

- **12 lucrări științifice publicate și/sau trimise spre publicare** în reviste cotate ISI;
- **11 lucrări științifice comunicate și/sau acceptate pentru comunicare** la manifestări științifice internaționale;
- **12 studii** experimentale;
- **6 tipuri de materiale/produse**, din care **2 modele experimentale**.

În cadrul celor 6 proiecte de cercetare dezvoltate și finanțate în anul 2015, în cadrul Programului nucleu - MAGMATMAG, s-au obținut următoarele rezultate:

- **16 articole publicate / acceptate pentru publicare / trimise spre publicare / aflate în stadiul final de redactare** care vor fi trimise spre publicare în reviste de specialitate, din care: **5 articole publicate (4 articole în reviste cotate ISI, 1 articol într-o revistă necotată ISI), 1 articol acceptat pentru publicare într-o revistă cotate ISI și 3 articole trimise spre publicare în reviste cotate ISI; 6 articole aflate în stadiul final de redactare** care vor fi trimise spre publicare în reviste cotate ISI.
- **41 de lucrări comunicate** la manifestări științifice, din care **40 la 15 manifestări științifice internaționale și una la o manifestare științifică națională**.
- **2 capitole de cărți** publicate în cărți editate în străinătate;
- **15 studii / metode** experimentale;
- **1 tehnologie nouă** privind realizarea unei structuri complexe de tip „pilar”;
- **1 instalație nouă** realizată prin autodotare;
- **12 tipuri de produse / materiale / structuri noi**, din care **2 modele experimentale**;
- **1 tip de material magnetic** (microfire cu diferite compoziții și diametre) livrat în străinătate.

În anul 2015, la INCDEF-IFT Iași și-au desfășurat activitatea de cercetare un număr de **6 doctoranzi (1 doctorand și-a susținut public teza în 2015)** și **3 masteranzi**, asistenți de cercetare / cercetători cuprinși în programul de perfecționare prin doctorate - în sistemul cu frecvență, respectiv în programul de perfecționare prin masterate. Tinerii cercetători au fost implicați în activități de cercetare axate pe tematici dezvoltate în cadrul Programului nucleu - MAGMATMAG, iar rezultatele obținute au constituit subiectul tezelor/referatelor de doctorat și/sau masterat.

Activitățile de cercetare complexă dezvoltate în cadrul proiectelor din componența Programului nucleu - MAGMATMAG au condus la deschiderea de noi direcții de cercetare, constituind teme de cercetare științifică și tehnologică pentru proiecte care au intrat la finanțare în urma competițiilor organizate în anul 2015 în cadrul PN II și programului internațional de colaborare bilaterală, după cum urmează:

- **2 proiecte de cercetare pentru stimularea constituirii de tinere echipe de cercetare independente - tip TE ;**
- **1 proiect de colaborare internațională** cu Dubna.

## 2.1. Descrierea activităților

Activitățile de cercetare științifică desfășurate în anul 2015 în cadrul Programului nucleu - MAGMATMAG - cod PN 09-43 sunt prezentate în cele ce urmează pentru fiecare proiect în parte.

### **Proiect PN 09-43 01 01 - Studiul dinamicii comutării ultrarapide a magnetizării în microfibre feromagnetice amorphe pentru aplicații în spintronică**

Activitățile de cercetare din cadrul proiectului PN 09-43 01 01 s-au derulat în anul 2015 în cadrul a 4 faze:

- **Faza 1/2015: Studiul privind posibilitățile de obținere de micro/nanofibre acoperite cu sticlă prin depuneri electrolitice**

În cadrul Fazei 1/2015 au fost preparate prin depunere electrochimică micro- și nanofibre de cobalt acoperite cu sticlă având diferite diametre ale miezului metalic (1  $\mu\text{m}$ , 850 nm și 650 nm) și diferite structuri cristalografice (ex. cubică sau hexagonală). Calitatea depunerii electrochimice a fost studiată prin microscopie HR-SEM. Studiul secțiunii nanofibrelor preparate prin depunere electrolitică în tub de sticlă a arătat că morfologia fibrelor depuse în interiorul tubului de sticlă este omogenă, indiferent de condițiile de preparare. Proprietățile magnetice ale micro- și nanofibrelor preparate prin depunere electrochimică au fost studiate cu ajutorul Nano-Moke II. S-a demonstrat că valoarea câmpului coercitiv a firului depinde atât de diametrul firului cât și de parametrii depunerii electrolitice. S-a constatat că valoarea câmpului coercitiv crește cu scăderea diametrului nanofibrelor și că firele de Co cu structură cubică au câmpul coercitiv mai mic decât firele cu structură hexagonală.

- **Faza 2/2015: Studiu experimental și prin metode micromagnetice a procesului de comutare a magnetizării în fibre amorphe nanometrice cu magnetostricțiune nulă**

În cadrul Fazei 2/2015 au fost studiate proprietățile magnetice și procesele de comutare a magnetizației nanofibrelor amorphe preparate prin răcire rapidă din topitură, având compoziția  $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$  (magnetostricțiune aproape nulă) și diferite diametre și lungimi, în condițiile aplicării unor câmpuri magnetice externe cu diferite orientări. Comportarea magnetică a nanofibrelor amorphe studiate a fost simulată cu ajutorul unei metode micromagnetice bazată pe utilizarea metodei elementului finit. Ciclurile de histerezis calculate pentru nanofibrele la care s-a variat lungimea și/sau diametrul au permis evidențierea rolului jucat de anizotropia de formă și de câmpul demagnetizant în procesele de comutare a magnetizației. Un alt aspect relevant al studiului efectuat îl reprezintă efectul proceselor de nucleere și propagare la inițierea inversării magnetizării, acest efect fiind analizat prin intermediul distribuțiilor momentelor magnetice în nanofibre. S-a constatat că procesul de comutare pornește din ambele capete ale nanofirului cu un mic defazaj, pereții de domenii magnetice propagându-se către mijlocul nanofirului, acolo unde se inversează ultimele momente magnetice și unde cei doi pereți se ciocnesc și se anihilează reciproc.

- **Faza 3/2015: Studiul controlului deplasării pereților de domenii în nanofibre feromagnetice amorphe acoperite cu sticlă prin modificarea locală a geometriei eșantioanelor**

În cadrul Fazei nr. 3/2015 s-a realizat un studiu experimental al posibilităților de control a deplasării pereților de domenii magnetice din nanofibre amorphe acoperite cu sticlă prin modificarea la nivel local a geometriei eșantioanelor. S-a studiat nucleerea unor domenii noi cu magnetizare inversă și deplasarea controlată a pereților de domenii nou formați în nanofibre amorphe, pentru aplicații în dispozitive pe bază de logică de pereți de domenii. Dinamica pereților de domenii magnetice este puternic influențată de prezența unor eventuale *defecte naturale* în structura materialului feromagnetic sau *defecte realizate artificial* sub formă de creștături cu ajutorul FIB-ului, care acționează ca adevărate bariere pentru pereții de domenii, în funcție de tipul sau geometria defectului. Rezultatul studiului realizat îl constituie punerea la punct a unei tehnici de control a propagării pereților de domenii magnetice în nanofibre feromagnetice amorphe obținute prin metoda răcirii rapide din topitură, cu efecte importante în ceea ce privește aplicațiile practice care au la bază deplasările de domenii în astfel de materiale, și anume: elemente de logică pe bază de pereți de domenii magnetice, dispozitive spintronice, etc.

- **Faza 4/2015: Studiu privind realizarea de condensatori electrici cu capacitate ridicată, pe bază de structuri micro și nanometrice**

În cadrul Fazei nr. 4/2015 s-au dezvoltat o serie de experimente axate pe realizarea de condensatori electrici cu capacitate ridicată, pe bază de structuri micro- și nanometrice. Activitățile de cercetare au fost focalizate pe două direcții: (i) obținerea de nanostructuri de oxid de cupru ( $\text{CuO}$ ) pe suport de cupru ( $\text{Cu}$ ) prin tratament termic; (ii) obținerea de straturi subțiri izolatoare prin depunere pe microfibre metalice amorphe. Dimensiunea nanofibrelor de  $\text{CuO}$  pe suport de  $\text{Cu}$  prin tratament termic la temperaturi cuprinse în domeniul 400-500°C poate fi controlată prin controlul parametrilor de lucru: timpul, temperatura și viteza de încălzire. Straturile subțiri de  $\text{CuO}$  și de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  au fost depuse pe fibre magnetice amorphe, în curent continuu, prin metoda pulverizării în sistem magnetron, în atmosferă reactivă, prin utilizarea unui echipament proiectat și realizat în institut, în cadrul acestei teme. Depunerea de  $\text{CuO}$  pe un fir amorf având compoziția nominală  $\text{Co}_{68,18}\text{Fe}_{4,32}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$ , la viteza de deplasare a firului,  $v = 0,2 \text{ cm/min.}$ , determină formarea unei structuri similare unui condensator, cu  $C_{\text{condensator}} = 279 \text{ pF/cm}$ , în timp ce depunerea de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pe un fir cu aceeași compoziție și la o viteză de deplasare a firului,  $v = 0,1 \text{ cm/min.}$ , determină o capacitate  $C_{\text{condensator}} = 80 \text{ pF/cm}$ . Datorită dimensiunilor geometrice ale acestor condensatori (se pot realiza condensatori foarte subțiri - de ordinul micrometrilor - și foarte lungi - de ordinul metrilor), aceștia se pot conecta în paralel, realizându-se astfel conductoare electrice capabile să stocheze energie electrică pe lungimea acestora. Astfel de conductoare,

având rol de condensatori electrice, se pot comporta ca filtre împotriva șocurilor electrice de tensiune, realizându-se astfel o protecție pentru aparatele electrice.

### **Proiect PN 09-43 01 02 - Noi tehnici de caracterizare structurală, topologică, morfologică și compozițională a sistemelor de nanomateriale și nanostructuri**

Activitățile de cercetare din cadrul proiectului PN 09-43 01 02 s-au derulat în anul 2015 în cadrul a 5 faze:

- **Faza 1/2015: Evidențierea evoluției microstructurii și a caracteristicilor magnetice în fire magnetostrictive de Fe-Ga-B în funcție de conținutul de Ga și B, prin EBSD și MOKE**  
În cadrul Fazei 1/2015 au fost realizate studii privind evoluția microstructurii (distribuția și orientarea grăunților cristalini relativ la axa de simetrie a firului) în fire magnetostrictive de Fe-Ga-B în funcție de conținutul de Ga și B, precum și evoluția caracteristicilor magnetice de volum, utilizând tehnica VSM și de suprafață utilizând tehnica MOKE. Analizele EBSD confirmă prezența grăunților de dimensiuni mari, cu textură mai pronunțată de-a lungul direcției {100}, în cazul microfiredelor Fe-Ga-B, comparativ cu microfiredele de Fe-Ga ce prezintă o orientare aleatorie a grăunților. Imaginile de microscopie MOKE relevă o structură magnetică formată dintr-un domeniu magnetic central și domenii de închidere pe suprafață în cazul microfiredelor de Fe-Ga, în timp ce microfiredele cu conținut de B prezintă un domeniu magnetic central care ocupă 98% din volumul total al microfiredului, în perfectă corelație cu imaginile EBSD. Măsurătorile de magnetostricțiune realizate prin tehnica SAMR au indicat valori de 110-112 ppm pentru microfiredele de Fe-Ga-B și de 160-162 ppm pentru cele de Fe-Ga. Valorile mai scăzute ale magnetostricțiunii în cazul primelor sunt cauzate de creșterea grăunților cristalini, fapt confirmat de analizele EBSD.
- **Faza 2/2015: Influența elementelor de adaos (Ti, Mn, Ta) asupra evoluției microstructurii, proprietăților magnetice și a temperaturii de tranziție feromagnetic-paramagnetic în aliaje pe bază de Fe-Nb-B**  
În cadrul Fazei 2/2015 a fost realizat un studiu complex asupra distribuției atomilor de Fe și a atomilor elementelor de adaos (Ti, Mn sau Ta) și a influenței acestora asupra interacțiunilor magnetice locale și a temperaturii Curie în aliaje de tip „glassy” pe bază de Fe-Nb-B, obținute prin răcire rapidă din topitură. Proprietățile magnetice diferite ale aliajelor cu Ti (temperatură Curie în domeniul 20-70°C și inducție magnetică de 0,2-0,45 T pentru conținut de Ti de 18...16 at.%) și Mn (inducție magnetică de 1-1,1 T, permeabilitate magnetică cuprinsă între 3.500 și 4.000 și temperatură Curie în intervalul (-70°C)-(+70°C), în funcție de conținutul de Mn) sunt determinate de structura cristalină diferită a acestora, și anume: aliajele cu Ti prezintă la conținut scăzut de Ti regiuni cu structuri celulare unde Fe și Ti sunt separate, acestea devenind precipitate nanocristaline de  $TiB_2$  care pe măsură ce conținutul de Ti crește capătă formă hexagonală alungită; aliajele cu Mn prezintă structură nanocristalină la un conținut redus de Mn, când conținutul de Mn crește nanocristalitele cresc și precipită faza  $MnB_2$ .
- **Faza 3/2015: Evidențierea prin studii de microscopie electronică a particularităților structurale, morfologice și compoziționale care apar la interfața metal-sticlă în cazul firelor amorfe și nanocristaline acoperite cu sticlă**  
În cadrul Fazei 3/2015 s-a urmărit evoluția compoziției și a microstructurii la interfața metal-sticlă în cazul firelor amorfe și nanocristaline acoperite cu sticlă utilizând tehnica de microscopie electronică de înaltă rezoluție combinată cu tehnica de difracție de electroni pe arie selectată (SAED), precum și tehnici de analiză compozițională EDX și EELS. Probele pentru TEM au fost realizate prin tăierea cu fascicul de ioni a microfiredelor acoperite cu sticlă având compoziția  $Co_{68,15}Fe_{4,35}Si_{12,5}B_{15}$ , as-cast și tratate în vid la 550°C timp de 1 oră. Studiile SAED indică structură amorfă pentru probele as-cast și structură nanocristalină, formată din grăunți cu dimensiuni de 30 nm înglobați în matrice amorfă, pentru probele tratate termic. Rezultatele obținute la zona de interfață metal-sticlă pentru probele as-cast indică o difuzie a oxigenului din sticlă în miezul metalic și o difuzie a Co din metal în sticlă pe o distanță de maximum 20 nm. Pentru probele tratate termic această zonă de interdifuzie la interfață este de cca. 50 nm. Rezultatele obținute sunt confirmate și de studiile EELS, care, suplimentar, indică difuzia oxigenului în metal pe o adâncime de cca. 110 nm, în timp ce difuzia atomilor de Co și Fe se face până la o adâncime de cca. 20 nm.
- **Faza 4/2015: Influența compoziției și a parametrilor de electrodepunere asupra caracteristicilor morfologice și magnetice ale straturilor subțiri și nanofiredelor de Fe-Co cu moment magnetic mare**  
În cadrul fazei 4/2015 s-a realizat un studiu complex privind evoluția caracteristicilor magnetice în funcție de compoziția și parametrii de electrodepunere ai nanofiredelor și straturilor subțiri de  $Fe_{100-x}Co_x$ . Nanofirele au fost obținute în membrane nanoporoase de  $Al_2O_3$  cu diametrul nanoporilor de 35 nm și 200 nm. În condiții experimentale prestabilite s-au obținut nanofire având compoziția  $Fe_{65}Co_{35}$  și lungimea de până la 20  $\mu m$ . Caracteristicile magnetice ale nanofiredelor de FeCo au fost analizate în detaliu și s-a stabilit că inversarea magnetizării se face printr-o rotație coerentă a momentelor magnetice. Din măsurătorile magnetice s-au constatat variații ale câmpului coercitiv și ale raportului de rectangularitate, în funcție de unghiul făcut de axa nanofiredelor de FeCo cu direcția câmpului magnetic aplicat. Scăderea bruscă a valorii câmpului coercitiv și a raportului de rectangularitate la un unghi de 90° pentru nanofirele cu diametrul de 35 nm este o dovadă clară a faptului că magnetizarea se inversează prin rotația coerentă a momentelor magnetice. Această scădere bruscă a valorii celor două mărimi magnetice este prezentă, dar nu la fel de pronunțată, și în cazul nanofiredelor cu diametrul de 200 nm.
- **Faza 5/2015: Studiul interacțiunii micro/nanoparticulelor magnetice cu celulele mesenchimale adulte și stem prin tehnici combinate de caracterizare**

În cadrul Fazei 5/2015 s-a demonstrat, în premieră, că particulele magnetice de Fe-Cr-Nb-B acoperite sau nu cu chitosan sunt integrate și bine tolerate de către celule mezenchimale umane, adulte și stem, în concentrații utile pentru eventuale aplicații terapeutice. Particulele sunt înglobate intracelular și uniform repartizate în toată citoplasma, iar prezența intracelulară, în special a celor neacoperite, se menține pe termen lung, aspecte utile pentru eventualele aplicații privind marcajul celular. În cadrul fazei s-au realizat studii privind gradul de citotoxicitate a micro/nanoparticulelor magnetice de Fe-Cr-Nb-B acoperite sau nu cu chitosan asupra celulelor din măduva osoasă și a celor umane adulte fibroblastice din piele și s-au efectuat teste privind influența particulelor asupra ratei de proliferare a celulelor normale umane și a celulelor tumorale osoase umane. Particulele magnetice de Fe-Cr-Nb-B acoperite sau nu cu chitosan nu prezintă efecte toxice asupra celulelor mezenchimale umane primare (celule stromale din măduva osoasă) și asupra liniei de celule fibroblastice adulte umane, la concentrații de max. 1,5 mg/ml. Există diferențe în repartiția intracelulară, fibroblaștii acumulând particule cu precădere în jurul nucleului, pe când celulele stromale din măduvă prezintă o distribuție relativ uniformă a acestora în citoplasma celulară. Prezența particulelor magnetice nu pare a influența proliferarea celulară pe tipurile celulare testate. Spre deosebire de particulele acoperite cu chitosan, cele neacoperite par să persiste timp mai îndelungat în interiorul celulelor.

#### **Proiect PN 09-43 01 04 - Fenomene și procese fizice în metamateriale 1D și 2D cu aplicații în radiofrecvență; dezvoltarea de senzori și tehnici neinvazive bazate pe acestea**

Activitățile de cercetare din cadrul PN 09-43 01 04 s-au desfășurat în anul 2015 în cadrul a **2 faze**, după cum urmează:

- **Faza 1/2015: Model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune în configurație 1D**  
În cadrul activităților desfășurate în Faza 1/2015 s-a elaborat și analizat un senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 1D, având o formă care diferită de cele clasice. Metamaterialele de tipul SRR (Split Ring Resonator) având forma specială NSRR (Nested Split Ring Resonator) pot deveni senzori de deformare/tensiune cu proprietăți remarcabile, cum ar fi realizarea în varianta wireless, asigurând o bună sensibilitate, lipsa histerezisului și a fenomenelor de îmbătrânire. Senzorul 1D este compus din două elemente de circuit, deplasabile, cu o conexiune electrică între ele. Fiecare parte conține două jumătăți de metamaterial rezonator, dezvoltate pentru detecția la distanță. Construcția metamaterialului pentru senzor este compusă din NSRR având muchii adiacente suprapuse, care se atașează pe structura de test în vederea măsurării deplasării. Senzorul poate fi utilizat atât în deformări elastice cât și pentru cele plastice, deplasările detectate fiind cuprinse în gama microni-milimetri. Măsurătorile experimentale efectuate pentru validarea acestor tipuri de senzori sunt în foarte bună concordanță cu simulările numerice efectuate și cu cele obținute de la mărci tensometrice și extensometre care au înregistrat simultan datele cu senzorul dezvoltat, ceea ce arată că acești senzori pot fi proiectați pentru aplicația dorită și pot servi la „structural health monitoring” pentru structurile mari, cu grad înalt de risc.
- **Faza 2/2015: Model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune în configurație 2D**  
În cadrul Fazei 2/2015 au fost proiectați și realizați senzori electromagnetici cu metamateriale pentru deformare/tensiune mecanică în configurație 2D de tip NSRR (Nested Split Ring Resonator) pentru care s-au determinat caracteristicile tehnice de funcționare. Metamaterialele au servit ca element fundamental în construcția de senzori pentru determinarea deformării/tensiunii mecanice, aceasta fiind realizată în varianta wireless, extrem de avantajoasă pentru aplicații practice. Senzorii pentru deformare/tensiune mecanică de tip NSRR sunt senzori cu sensibilitate ridicată, nu prezintă histerezis și nu prezintă fenomene de îmbătrânire specifice altor tipuri de deformare/forță rezistivi și/sau capacitivi, iar pentru valori mici ale intervalului de deformare/deplasare, răspunsul rămâne liniar. Măsurătorile experimentale efectuate pentru validarea acestor tipuri de senzori sunt în foarte bună concordanță cu simulările numerice efectuate, ceea ce arată că, astfel de tipuri de senzori pot fi proiectați pentru aplicații de tip strain/stress utilizate în operațiuni de monitorizare prin evaluare neinvazivă a integrității structurilor folosite în construcții civile și industriale.

#### **Proiect PN 09-43 02 01 - Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneti permanenți nanocompوزiti izotropi și anizotropi**

Activitățile de cercetare din cadrul proiectului PN 09-43 02 01 au fost dezvoltate în cadrul a **3 faze**, și anume:

- **Faza 1/2015: Studiul influenței compoziției asupra formării fazelor magnetic moi și dure și a modului de cuplaj magnetic în aliaje pe bază de Mn-Bi**  
În cadrul Fazei 1/2015 a fost studiată influența compoziției asupra formării fazelor magnetic moi și dure și a modului de cuplaj magnetic în aliaje magnetice dure fără pământuri rare de tip  $Mn_{100-x}Bi_x$  ( $x = 40 \div 60$  at.%) sub formă de benzi obținute prin răcire rapidă din topitură. Prin modificarea raportului compozițional Mn/Bi, a temperaturii și timpului de tratament termic a fost controlată riguros microstructura și, implicit, proprietățile magnetice dure ale benzilor  $Mn_{100-x}Bi_x$ . În urma studiilor efectuate au fost evidențiate următoarele aspecte experimentale: (i) benzile magnetice  $Mn_{50}Bi_{50}$ , tratate termic la 300°C timp de 20 h, au coercivitatea de aproximativ 7,5 kOe la temperatura camerei, magnetizația de saturație de 61 emu/g și microstructura uniformă formată din grăunți fini cu diametrul de aprox. 40 nm; (ii) prezența unei cantități minore de Mn și Bi, pe lângă faza de temperatură joasă (LPT), scade valoarea remanenței magnetice și a coercivității. Raportul Mn/Bi are un impact major asupra formării fazei LPT și, implicit, asupra caracteristicilor magnetice dure ale benzilor Mn-Bi.

- **Faza 2/2015: Procesarea la temperaturi reduse de magneți permanenți pe bază de straturi groase, cu posibile aplicații pentru creșterea performanțelor tehnice ale senzorilor magnetorezistivi. Elemente de design și modelare fenomenologică**

În cadrul Fazei 2/2015 au fost studiate condițiile de procesare la temperaturi reduse a magneților permanenți sub formă de straturi subțiri, cu posibile aplicații privind creșterea performanțelor tehnice ale senzorilor magnetorezistivi (MR) prin diminuarea histerezisului semnalului MR. Au fost preparate și caracterizate două tipuri de straturi subțiri pe bază de Nd-Fe-B cu adaos de Mo, și anume: (i) Ta/NdFeBMo(1 at. %)/Ta, cu anizotropie magnetică în planul stratului; (ii) Mo/NdFeB/Mo 'single layer' și Mo/[NdFeB/Mo]<sub>xn</sub>/Mo 'multilayer', cu anizotropie magnetică perpendiculară. Studiile privind influența câmpului magnetic de polarizare ( $H_p$ ) asupra histerezisului MR al valvei de spin suport Si/SiO<sub>2</sub>/Ta(3nm)/NiFe(5nm)/CoFe(2nm)/Cu(3nm)/CoFe(3nm)/IrMn(20nm)/Ta(2nm) au pus în evidență următoarele aspecte experimentale: (i) câmpul magnetic de polarizare de +35 Oe, aplicat în planul stratului, paralel cu direcția de măsurare a răspunsului MR, reduce histerezisul MR cu până la 50%, cu menținerea constantă a principalelor caracteristici magnetorezistive; pentru valori pozitive mai mici sau valori negative ( $\leq -35$  Oe), reducerea histerezisului MR este de cca. 30%; (ii) câmpul magnetic de polarizare de 10 Oe aplicat în planul stratului, perpendicular pe direcția de măsurare a răspunsului MR, anulează histerezisul MR al curbei de transfer, cu menținerea constantă a valorii  $H_s$  și o ușoară reducere a valorii maxime a răspunsului MR; pentru valori mai mari de 10 Oe pentru  $H_p$ , reducerea valorii maxime a răspunsului MR este semnificativă, iar  $H_s$  crește; (iii) câmpul magnetic de polarizare de 5 Oe aplicat perpendicular pe planul stratului și în același timp pe direcția de măsurare a răspunsului MR reduce aproape în totalitate histerezisul curbei de transfer, reduce ușor valoarea răspunsului maxim MR (cu cca. 2%) și conduce la o deplasare pe verticală a curbei de transfer față de axa Ox cu până în 10%.

- **Faza 3/2015: Magneți permanenți fără pământuri rare de tip Mn-Bi/α-Fe și/sau Mn-Bi/FeCo obținuți prin metoda SPS: optimizarea compozițională, modelarea structurală prin intermediul parametrilor de tratament, corelarea compoziției și microstructurii cu proprietățile magnetice macroscopice**

În cadrul Fazei 3/2015 au fost obținute pulberi prin măcinarea benzilor cu proprietăți magnetice optime obținute în cadrul Fazei 1/2015. S-a observat că parametrii de histerezis magnetic ai pulberilor obținute se modifică cu timpul de măcinare. S-a stabilit că timpul de măcinare pentru care proprietățile magnetice ale pulberilor obținute sunt optime este de 4 ore, dimensiunea pulberii rezultate fiind de 2 μm. Pulberile de Mn<sub>50</sub>Bi<sub>50</sub> având proprietăți magnetice optime au fost amestecate cu pulberi de Fe și s-au realizat magneți sub formă de discuri prin tehnica SPS (Spark Plasma Sintering). S-a studiat influența timpului și a presiunii de compactizare asupra proprietăților magnetice ale magneților permanenți și s-au stabilit următorii parametri optimi de sinterizare: timp de sinterizare 20 min., presiune de sinterizare 50 MPa. Cele mai puternice interacțiuni s-au obținut pentru magneții MnBi+10masic%Fe. Prin combinarea pulberilor magnetici dure Mn<sub>50</sub>Bi<sub>50</sub> cu pulberi magnetici moi pe bază de Fe și optimizarea parametrilor de sinterizare (temperatura de sinterizare 250 °C, timp de sinterizare 20 min. și presiune de sinterizare 50 MPa) au fost obținuți magneți permanenți fără pământuri rare, cu performanțe magnetice ridicate:  $H_c = 9,4$  kG,  $M_r = 65$  emu/g,  $(BH)_{max} = 8,2$  MGOe, comparabile cu acelea ale magneților permanenți pe bază de pământuri rare.

#### **Proiect PN 09-43 02 02 - Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe**

Activitățile din cadrul PN 09-43 02 02 au fost dezvoltate în 2015 în cadrul *fazei*:

- **Faza 1/2015: Realizarea de ansamble de structuri de tip "pilar" cu topologii complexe prin micro și/sau nanostructurare**

În cadrul Fazei 1/2015 au fost realizate joncțiuni tunel de tip „pilar” în scopul utilizării acestora ca senzori pentru detecția câmpurilor magnetice de intensități mici. Structura multistrat utilizată a fost una cu strat barieră de MgO, datorită magnetorezistenței relativ mari comparativ cu joncțiunile tunel clasice cu strat barieră de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Structura multistrat completă a joncțiunilor tunel realizate a fost: Ta(5nm)/Ru(20nm)/Ta(5nm)/CoFe(3nm)/IrMn(20nm)/CoFe(3nm)/Ru(0,8nm)/CoFeB(3nm)/MgO(2nm)/CoFeB(3nm)/Ta(10nm). Pentru a măsura efectul magnetorezistiv al joncțiunilor tunel este necesară microfabricarea acestora în configurația CPP (current-perpendicular-to-plane), astfel încât, un contact electric este realizat la partea superioară a structurii multistrat, iar cel de-al doilea este realizat pe partea inferioară a structurii multistrat. Acest fapt implică dezvoltarea unui proces complex de microstructurare utilizând următoarele tehnici: litografie cu fascicul de electroni, litografie cu fascicul laser, corodare cu fascicul de ioni, depunere de SiO<sub>2</sub>/Au și lift-off. Joncțiunile tunel prezintă o valoare a magnetorezistenței de 5%, în stare "as-cast". După efectuarea tratamentului termic, a fost obținută o valoare maximă a magnetorezistenței de 50%.

#### **Proiect PN 09-43 02 03 - Materiale magnetice compozite sub formă de fire multistrat (metal/sticlă/metal) cu comportare magnetică controlată**

Activitățile de cercetare din cadrul PN 09-43 02 03, derulate în anul 2015, au fost dezvoltate în cadrul a 2 *faze*:

- **Faza 1/2015: Îmbunătățirea efectului superelastice în fire FeNiCoAl(Ta,Nb)B prin optimizarea compozițională și dimensională**

În cadrul Fazei 1/2015 au fost realizate studii ale efectelor reducerii drastice (cu mai mult de 98%) prin trefilare a diametrului microfiredelor din aliaje de tip superelastice FeNiCoAl(Ta,Nb)B și ale recrystalizării prin tratamente termice adecvate, în scopul înțelegerii mecanismelor transformării martensitice și a transformărilor magnetice, cu

scopul utilizării acestor materiale în aplicații specifice, cu precădere în microchirurgie. Au fost realizate studii pe două tipuri de aliaje, și anume:  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Nb}_{2,5}\text{B}_{0,05}$  și  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$ , sub formă de microfibre obținute prin răcire rapidă din topitură, cu diametrul de  $\sim 200 \mu\text{m}$ , care ulterior au fost trefilate la rece prin ecruisare, în etape succesive, până la diametrul de  $\sim 20 \mu\text{m}$  și apoi au fost supuse unor tratamente termice pentru inducerea fazei martensitice, responsabilă pentru proprietățile superelastice superioare, în special în cazul aliajului  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$ . Reducerea diametrului firelor conduce la creșterea aleatorie a câmpului coercitiv, scăderea permeabilității magnetice și a magnetizării de saturație la câmpuri mici, creșterea magnetizării de saturație la câmpuri mari. Tratamentele termice au condus la îmbunătățirea proprietăților de material magnetic moale și a proprietăților mecanice ale microfivelor. Modificările proprietăților magnetice și mecanice ale microfivelor obținute prin ecruisare sunt diferite, în funcție de diametrul microfivelor.

• **Faza 2/2015: Evoluția modificărilor structurale în funcție de temperatura de tratament în materiale cu proprietăți superelastice  $\text{FeNiCoAl}(\text{Ta},\text{Nb})\text{B}$  sub formă de fire trefilate**

În cadrul Fazei 2/2015 s-au studiat modificările structurale cu impact asupra proprietăților mecanice și magnetice ale microfivelor de  $\text{FeNiCoAlTaB}$  cu diferite diametre, ca rezultat al tratamentelor termice adecvate. Inițial a fost preparat, prin topire prin inducție în vid din componente de puritate înaltă, aliajul de bază având compoziția  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$  (at%). Utilizând acest aliaj au fost preparate, prin metoda răcirii rapide din topitură în strat de apă în rotație, microfibre cu diametrul de aproximativ  $200 \mu\text{m}$ , care ulterior au fost trefilate la rece prin ecruisare, în etape succesive, până la diametrul minim de  $20 \mu\text{m}$  și apoi au fost supuse unor tratamente termice pentru inducerea fazei martensitice. Tratamentele termice au fost efectuate la diferite temperaturi și diferite perioade de timp, într-un cuptor vidat, pentru a evita oxidarea. Tratamentele mecanice (de trefilare) și cele termice conduc la modificări importante ale structurii la nivel micro/nano și, implicit, ale proprietăților magnetice și mecanice ale microfivelor  $\text{Fe-Ni-Co-Al-Ta-B}$ . Din punct de vedere a comportării mecanice, în urma trefilării firelor  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$  (at%) până la dimensiunea de  $50 \mu\text{m}$  s-a obținut un fir cu comportament superelastic atât în stare as-cast, cât și în stare tratată. Valoarea maximă a efectului superelastic obținut pentru firele cu diametrul de  $50 \mu\text{m}$ , trefilate succesiv din fire as-cast cu diametrul de  $200 \mu\text{m}$ , este de 1,04%, comparativ cu valoarea maximă a efectului superelastic obținut în cazul firelor tratate termic, care este de 1,02%.

## 2.2. Proiecte contractate:

| Cod obiectiv  | Nr. proiecte contractate | Nr. proiecte finalizate | Valoare (mii lei) |                  | Nr. personal CD |                   |
|---------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|               |                          |                         | Total             | 2015             | Total           | Studii superioare |
| 01            | 3                        | 3                       | 16.563.074        | 3.190.310        | 55              | 51                |
| 02            | 5                        | 5                       | 17.561.560        | 2.245.460        |                 |                   |
| <b>Total:</b> | <b>8</b>                 | <b>8</b>                | <b>34.124.634</b> | <b>5.435.770</b> |                 |                   |

## 2.3. Situația centralizată a cheltuielilor privind Programul nucleu MAGMATMAG PN 09 43

Cheltuieli- lei

| Categorii de cheltuieli                                                                     | Estimate         | Efectuate        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| <b>I. Cheltuieli directe</b>                                                                | <b>2.253.219</b> | <b>2.279.718</b> |
| 1. Cheltuieli de personal, din care                                                         | <b>1.923.459</b> | <b>1.911.352</b> |
| 1.1. Cheltuieli cu salariile                                                                | <b>1.733.059</b> | <b>1.733.059</b> |
| 1.2. Alte cheltuieli de personal, din care:                                                 | <b>190.400</b>   | <b>178.293</b>   |
| a) deplasări în țară                                                                        | 3.400            | 38.441           |
| b) deplasări în străinătate                                                                 | 187.000          | 139.852          |
| 2. Cheltuieli materiale și servicii, din care:                                              | <b>329.760</b>   | <b>368.366</b>   |
| 2.1. Materii prime și materiale                                                             | 277.000          | 281.850          |
| 2.2. Lucrări și servicii executate de terți                                                 | 52.760           | 86.516           |
| <b>II. Cheltuieli Indirecte: Regia</b>                                                      | <b>2.207.191</b> | <b>2.214.311</b> |
| <b>III. Dotări independente și studii pentru obiective de investiții proprii, din care:</b> | <b>975.360</b>   | <b>941.741</b>   |
| 1. Echipamente pentru cercetare-dezvoltare                                                  | 762.360          | 837.503          |
| 2. Mobilier și aparatură birotică                                                           | 20.000           | 0                |
| 3. Calculatoare și echipamente periferice                                                   | 193.000          | 104.238          |
| <b>TOTAL ( I+II+III)</b>                                                                    | <b>5.435.770</b> | <b>5.435.770</b> |

## 3. Analiza stadiului de atingere a obiectivelor programului

În cadrul Programului nucleu MAGMATMAG (PN 09-43) au fost dezvoltate activități de cercetare complexă în cadrul a **6 proiecte**. Obiectivele prevăzute în cadrul celor **17 faze de execuție** derulate în anul 2015 au fost îndeplinite în totalitate, obținându-se următoarele rezultate:

- studiu privind stabilirea condițiilor de preparare prin depunere electrochimică de micro- și nanofire de cobalt acoperite cu sticlă având diferite diametre și diferite structuri cristalografice ale miezului metalic, în funcție de parametrii de preparare;

- metodă micromagnetică de studiu a proceselor de comutare a magnetizației nanofirelor amorfe cu magnetostricțiune aproape nulă, având diferite diametre și lungimi, preparate prin răcire rapidă din topitură;
- studiu privind controlul deplasării pereților de domenii magnetice din nanofire amorfe acoperite cu sticlă prin modificarea, la nivel local, a geometriei eșantioanelor;
- studiu privind nucleerea unor domenii magnetice noi, cu magnetizare inversă și influența unor defecte naturale sau artificiale din structura materialului feromagnetic asupra dinamicii pereților de domenii magnetice;
- studiu privind realizarea de structuri sub formă de micro și nanofire metalice acoperite cu strat izolator/metal, cu capacitate electrică ridicată;
- studiu privind evoluția microstructurii (distribuția și orientarea grăunților cristalini relativ la axa de simetrie a firului) și a magnetizării în volum și la suprafață în fire magnetostrictive de Fe-Ga-B în funcție de conținutul de Ga și B utilizând tehnicile EDBS, VSM și MOKE;
- studiu privind influența elementelor de adaos (Ti, Mn, Ta) asupra evoluției microstructurii, proprietăților magnetice și a temperaturii de tranziție feromagnetic-paramagnetic în aliaje pe bază de Fe-Nb-B utilizate în aplicații medicale (hipertermie);
- studiu privind evoluția compoziției și microstructurii la interfața metal-sticlă în cazul firelor amorfe și nanocristaline acoperite cu sticlă utilizând tehnica de microscopie electronică de înaltă rezoluție (UHR-TEM), combinată cu tehnica de difracție de electroni SAED, precum și tehnici de analiză compozițională EDX și EELS;
- studiu complex privind evoluția caracteristicilor magnetice în funcție de compoziția și parametrii de electrodepunere ai nanofirelor și straturilor subțiri pe bază de  $\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}$ , obținute prin depunere electrochimică;
- studiul integrabilității particulelor magnetice asupra diferitelor populații de celule; studiul influenței poziției particulelor (integrate în celule sau adsorbite la suprafața celulelor) asupra potențialului biologic al acestora;
- model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 1D;
- model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 2D;
- studiu privind influența compoziției asupra formării fazelor magnetice moi și dure și a modului de cuplaj magnetic în aliaje magnetice dure, fără pământuri rare, de tip  $\text{Mn}_{100-x}\text{Bi}_x$  ( $x=40\div60$  at.%), sub formă de benzi obținute prin răcire rapidă din topitură;
- studiu asupra condițiilor de procesare, la temperaturi reduse, a magneților permanenți pe bază de straturi groase, cu posibile aplicații în creșterea performanțelor tehnice ale senzorilor magnetorezistivi (diminuare histerezis);
- studiu privind realizarea de structuri magnetorezistive tip "pilar", cu topologii complexe, prin micro și/sau nanostructurare cu fascicul de ioni și/sau electroni;
- studiu asupra efectelor reducerii drastice (mai mult de 98%) a diametrului microfiredelor prin trefilare și recrystalizării prin tratamente termice adecvate, în aliaje de tip superelastic  $\text{FeNiCoAl}(\text{Ta,Nb})\text{B}$ , asupra proprietăților magnetice, structurale și mecanice ale acestor microfired;
- studiu privind evoluția modificărilor structurale, magnetice și mecanice în funcție de temperatura de tratament și de gradul de deformare prin ecrusare la rece în microfired având compoziția  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$  (at%) și diametre diferite cuprinse între 200 și 20  $\mu\text{m}$ .

#### 4. Prezentarea rezultatelor

##### 4.1. Rezultate concretizate în studii, proiecte prototipuri (produse), tehnologii, alte rezultate (inclusiv fila de catalog a produsului, tehnologiei sau serviciului):

| Denumirea proiectului                                                                                                                                      | Tipul rezultatului (studiu proiect, prototip, tehnologie, etc., alte rezultate)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Efecte scontate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proiect PN 09-43 01 01</b><br>Studiul dinamicii comutării ultrarapide a magnetizării în microfired feromagnetice amorfe pentru aplicații în spintronică | <b>Studii: 4</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• prepararea prin depunere electrochimică de micro- și nanofire de cobalt acoperite cu sticlă având diferite diametre ale miezului metalic (1 <math>\mu\text{m}</math>, 850 nm și 650 nm) și diferite structuri cristalografice (cubice sau hexagonale);</li> <li>• studiul parametrilor de preparare asupra omogenității compoziționale și asupra proprietăților magnetice;</li> <li>• studiu asupra nucleerii unor domenii magnetice noi cu magnetizare inversă și asupra influenței unor defecte naturale sau defecte realizate artificial sub formă de creștături cu ajutorul FIB-lui în structura materialului feromagnetic, asupra dinamicii pereților de domenii magnetice;</li> <li>• studiu privind realizarea de structuri de micro și nanofire metalice acoperite cu strat izolator/metal cu capacitate electrică ridicată;</li> </ul> | Dobândirea de cunoștințe avansate privind dinamica comutării ultrarapide a magnetizării în microfired feromagnetice amorfe acoperite cu sticlă, metode noi de studiu și materiale noi realizate care au fost și/sau vor fi valorificate prin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- dezvoltarea de diferite tipuri de senzori cu aplicabilitate în domeniul dispozitivelor electrotehnice avansate și a tehnicilor logice;</li> <li>- participarea la proiecte de cercetare complexă, naționale și internaționale, realizate în</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                              | <p><b>Metode: 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• metodă micromagnetică de studiu a proceselor de comutare a magnetizației nanofirelor amorfe cu magnetostricțiune aproape nulă, preparate prin răcire rapidă din topitură, având compoziția <math>(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}</math> și diferite diametre și lungimi;</li> </ul> <p><b>Materiale: 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• micro- și nanofire de cobalt acoperite cu sticlă având diferite diametre ale miezului metalic (1 <math>\mu\text{m}</math>, 850 nm și 650 nm) și diferite structuri cristalografice (ex. cubică sau hexagonală);</li> </ul> <p><b>Produse: 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• condensatori electrici cu capacitate ridicată, pe bază de microfibre cu înveliș de sticlă acoperite cu un strat de CuO, cu capacitatea <math>C_{\text{condensator}} = 279 \text{ pF/cm}</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | parteneriat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Proiect PN 09-43 01 02</b><br/>Noi tehnici de caracterizare structurală, topologică, morfologică și compozițională a sistemelor de nanomateriale și nanostructuri.</p> | <p><b>Studii: 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studiu asupra evoluției microstructurii (distribuția și orientarea grăunților cristalini relativ la axa de simetrie a firului) și magnetizării în fire magnetostrictive de Fe-Ga-B în funcție de conținutul de Ga și B utilizând tehnicile MOKE și EBSD;</li> <li>• studiu complex asupra distribuției atomilor de Fe și a elementelor de adaos (Ti, Mn sau Ta) și a influenței acestora asupra interacțiunilor magnetice locale și a temperaturii Curie în aliaje de tip „glassy” pe bază de Fe-Nb-B, utilizate pentru senzori magnetici în aplicații medicale (hipertermie);</li> <li>• studii privind evoluția compoziției și a microstructurii la interfața metal-sticlă în cazul firelor amorfe și nanocristaline acoperite cu sticlă utilizând tehnica de microscopie electronică de înaltă rezoluție (UHR-TEM Libra 200 MC), combinată cu tehnica de difracție de electroni pe arie selectată (SAED), precum și tehnici de analiză compozițională EDX (Energy Dispersion X-ray) și EELS (Electron Energy Loss Spectroscopy);</li> <li>• studiu complex privind evoluția caracteristicilor magnetice în funcție de compoziția și parametrii de electrodepunere ai nanofirelor și straturilor subțiri pe bază de <math>\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}</math>, obținute prin depunere electrochimică;</li> <li>• studiul integrabilității particulelor magnetice asupra diferitelor populații de celule. Studiul influenței poziției particulelor (integrate în celule sau adsorbite la suprafața celulelor) asupra potențialului biologic al acestora;</li> </ul> <p><b>Materiale: 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• microfibre magnetostrictive de <math>\text{Fe}_{81,5}\text{Ga}_{19,5}</math> cu valori ale magnetostricțiunii de cca 162 ppm;</li> <li>• benzi magnetice <math>\text{Fe}_{79,7-x}\text{Ti}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}</math> (<math>x=12-20 \text{ at.}\%</math>) cu grosimi de 15-20 <math>\mu\text{m}</math> și lățimi de 2-5 mm, utilizate în aplicații medicale (hipertermie);</li> <li>• micro și nanofire magnetice acoperite cu sticlă <math>\text{Fe}_{79,7-x}\text{Mn}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}</math> (<math>x=12-20 \text{ at.}\%</math>), cu temperaturi Curie cuprinse în domeniul <math>-70^\circ\text{C} \div +70^\circ\text{C}</math>, utilizate în aplicații medicale (hipertermie);</li> <li>• nanofire pe bază de <math>\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}</math> în membrane nanoporoase de <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> cu diametrul nanoporilor de 35 nm și 200 nm;</li> <li>• micro/nanoparticule magnetice pe bază de Fe-Cr-</li> </ul> | <p>Utilizarea tehnicilor complexe de analiză morfologică și structurală prin microscopie electronică de transmisie de rezoluție ultraînaltă și a difracției de electroni permite realizarea de studii complete privind influența morfologiei, structurii cristalografice și compoziției asupra unor caracteristici tehnice de interes aplicativ a unor noi tipuri noi de micro și nanomateriale.</p> <p>Activitățile de cercetare axate pe materiale avansate vor putea fi dezvoltate în cadrul unor tipuri noi de proiecte de cercetare aplicativă, naționale și/sau internaționale.</p> |

|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                        | Nb-B acoperite cu chitosan sau neacoperite utilizate în studii privind integrabilitatea acestora asupra diferitelor populații de celule biologice.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Proiect PN 09-43 01 04</b><br>Fenomene și procese fizice în metamateriale 1D și 2D cu aplicații în radio-frecvență; dezvoltarea de senzori și tehnici neinvazive bazate pe acestea. | <b>Produse: 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 1D;</li> <li>• 1 model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 2D;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Cunoștințele dobândite în cadrul acestui proiect vor permite participarea la proiecte naționale și internaționale de cercetare aplicativă, realizate în parteneriat.                                                                                                                                                      |
| <b>Proiect PN 09-43 02 01</b><br>Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneți permanenți nanocompoziți izotropi și anizotropi.                                            | <b>Studii: 3</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studiul influenței compoziției asupra formării fazelor magnetice moi și dure și asupra cuplajului magnetic în aliaje magnetice dure fără pământuri rare de tip <math>Mn_{100-x}Bi_x</math> (<math>x=40\div60</math> at.%), sub formă de benzi obținute prin răcire rapidă din topitură;</li> <li>• studiul condițiilor de procesare, la temperaturi reduse, a magneților permanenți pe bază de straturi groase din Nd-Fe-B cu adaosuri de Mo, utilizați pentru reducerea histerezisului senzorilor magnetorezistivi;</li> <li>• studiul evoluției microstructurii și proprietăților magnetice ale magneților permanenți de tip Mn-Bi/<math>\alpha</math>-Fe și/sau Mn-Bi/FeCo obținuți prin tehnica SPS. Studiul influenței compoziției diferitelor faze magnetice și asupra cuplajului de schimb;</li> </ul> <b>Materiale: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• benzi magnetice dure <math>Mn_{50}Bi_{50}</math>, tratate termic 20 ore la 300°C, cu coercivitatea de 7,5 kOe;</li> </ul> <b>Produse: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• magneți permanenți <math>Mn_{50}Bi_{50}/Fe</math> obținuți prin compactizarea SPS a amestecului format din pulberi magnetice dure <math>Mn_{50}Bi_{50}</math> și pulberi magnetice moi pe bază de Fe.</li> </ul> | Obținerea de cunoștințe noi și expertiză științifică și tehnologică în domeniul materialelor magnetice dure, cu și fără pământuri rare, pentru aplicații tehnologice „high tech”: sisteme MEMS, senzori magnetici, etc.<br><br>Participarea la proiecte naționale și internaționale de cercetare realizate în parteneriat |
| <b>Proiect PN 09-43 02 02</b><br>Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe.                                                                      | <b>Tehnologii: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tehnologie privind realizarea unei structuri tip "pilar", cu topologie complexă, prin depuneri succesive în vid de straturi subțiri și prin micro și/sau nanostructurare utilizând litografia cu fascicul de electroni, litografia cu fascicul laser, corodarea cu fascicul de ioni, depunerea de <math>SiO_2/Au</math> și lift-off.</li> </ul> <b>Produse: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• structură de tip "pilar": Ta(5nm)/Ru(20nm)/Ta(5nm)/CoFe(3nm)/IrMn(20nm)/CoFe(3nm)/Ru(0,8nm)/CoFeB(3nm)/MgO(2nm)/CoFeB(3nm)/Ta(10nm) utilizată ca senzor de detecție a câmpurilor magnetice de intensitate mică.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Dobândirea de expertiză tehnologică avansată pentru realizarea de micro și nanostructuri pentru micro dispozitive.<br><br>Participarea la proiecte naționale și internaționale de cercetare aplicativă complexă, dezvoltate în parteneriat                                                                                |
| <b>Proiect PN 09-43 02 03</b><br>Materiale magnetice compozite sub formă de fire multistrat (metal/sticlă/metal) cu comportare magnetică controlată.                                   | <b>Studii: 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studiul efectului reducerii drastice (peste 98%) a diametrului microfirelor FeNiCoAlTaB asupra proprietăților magnetice, structurale și mecanice.</li> <li>• studiu privind evoluția modificărilor structurale în funcție de temperatura de tratament și gradul de deformare în materiale cu proprietăți superelastice FeNiCoAl(Ta,Nb)B sub formă de fire trefilate.</li> </ul> <b>Materiale: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• microfire superelastice din aliaj <math>Fe_{40,95}Ni_{28}Co_{17}Al_{11,5}Ta_{2,5}B_{0,05}</math> cu diametre între 200 <math>\mu m</math> și 20 <math>\mu m</math> pentru aplicații în microchirurgie.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Obținerea de microfire magnetice de tip FeNiCoAlTaB cu proprietăți superelastice superioare pentru aplicații ca și catetere pentru ghidajul stenturilor în microchirurgia neurologică.<br><br>Participarea la proiecte de cercetare complexă, naționale și internaționale, realizate în parteneriat.                      |

#### 4.2. Valorificarea în producție a rezultatelor obținute:

| Denumirea proiectului                                                                                                                                                                 | Tipul rezultatului                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Utilizatori                                                                                                                                                              | Efecte socio-economice la utilizator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proiect PN 09-43 01 01</b><br>Studiul dinamicii comutării ultrarapide a magnetizării în microfire feromagnetice amorfice pentru aplicații în spintronică                           | <b>Materiale: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>micro- și nanofire de cobalt acoperite cu sticlă având diametre ale miezului metalic de 1μm, 850 nm și 650 nm și structuri cristalografice diferite (cubică sau hexagonală).</li> </ul> <b>Produse: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>condensatori electrice pe bază de microfire cu înveliș de sticlă acoperite cu un strat de CuO, cu capacitatea <math>C_{\text{condensator}} = 279 \text{ pF/cm}</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>INCDFIT-IFT Iași</li> <li>industria electronică, electrotehnică, microelectronica și tehnica de calcul</li> </ul>                 | Dezvoltarea de materiale avansate pentru diferite tipuri de senzori sau dispozitive electrice cu aplicabilitate în domeniul electrotehnic, tehnicii de calcul și a circuitelor logice.                                                                                                                                                                       |
| <b>Proiect PN 09-43 01 02</b><br>Noi tehnici de caracterizare structurală, topologică, morfologică și compozițională a sistemelor de nanomateriale și nanostructuri.                  | <b>Materiale: 4</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>microfire magnetostrictive de <math>\text{Fe}_{81,5}\text{Ga}_{19,5}</math>.</li> <li>benzi magnetice <math>\text{Fe}_{79,7-x}\text{Ti}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}</math> (<math>x=12-20 \text{ at.}\%</math>) și micro// nanofire magnetice acoperite cu sticlă <math>\text{Fe}_{79,7-x}\text{Mn}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}</math> (<math>x=12-20 \text{ at.}\%</math>), cu temperaturi Curie cuprinse în domeniul <math>-70^\circ\text{C} \div +70^\circ\text{C}</math>, utilizate pentru aplicații medicale (hipertermie).</li> <li>micro/nanoparticule magnetice Fe-Cr-Nb-B, acoperite cu chitosan sau neacoperite, utilizate în aplicații biomedicale.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>INCDFIT-IFT Iași</li> <li>industria electronică și automotivă</li> <li>(bio)medicină</li> </ul>                                   | Dobândirea de noi cunoștințe științifice și tehnologice privind influența compoziției, morfologiei și structurii micro-și nanomaterialelor avansate asupra proprietăților fizice ale acestora, de interes pentru aplicații în industria electronică și automotivă și în medicină.<br><br>Materiale avansate pentru aplicații „high tech,” și (bio) medicină. |
|                                                                                                                                                                                       | <b>Produse livrate: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>microfire magnetice amorfice (preparare și caracterizare morfologică, structurală și compozițională).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NDI Europe GmbH, Germania                                                                                                                                                | Creșterea ofertei de materiale magnetice cu structuri speciale livrate de INCDFIT-IFT Iași.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Proiect PN 09-43 01 04</b><br>Fenomene și procese fizice în metamateriale 1D și 2D cu aplicații în radiofrecvență; dezvoltarea de senzori și tehnici neinvazive bazate pe acestea. | <b>Produse: 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 1D.</li> <li>model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 2D.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>INCDFIT-IFT Iași</li> </ul>                                                                                                       | Dezvoltarea de modele experimentale avansate de senzori cu metamateriale utilizați în operațiuni de monitorizare prin evaluare neinvazivă a integrității structurilor folosite în construcții civile și industriale                                                                                                                                          |
| <b>Proiect PN 09-43 02 01</b><br>Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneți permanenți nanocompoziți izotropi și anizotropi.                                           | <b>Produse: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>magneți permanenți fără pământuri rare de tip <math>\text{Mn}_{50}\text{Bi}_{50}/\text{Fe}</math> obținuți prin metoda SPS.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>INCDFIT-IFT Iași</li> <li>industria electronică și electrotehnică</li> <li>SC ROFEP SA Urziceni /potențial utilizator.</li> </ul> | Realizarea de <i>magneți permanenți fără pământuri rare</i> utilizați ca părți componente în sisteme electro-tehnice și de tip MEMS pentru industria electronică, electro-tehnică și automotivă.                                                                                                                                                             |
| <b>Proiect PN 09-43 02 02</b><br>Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe.                                                                     | <b>Produse: 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>structură tip "pilar" formată din <math>\text{Ta}(5\text{nm})/\text{Ru}(20\text{nm})/\text{Ta}(5\text{nm})/\text{CoFe}(3\text{nm})/\text{IrMn}(20\text{nm})/\text{CoFe}(3\text{nm})/\text{Ru}(0,8\text{nm})</math></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>INCDFIT-IFT Iași,</li> <li>microelectronica</li> </ul>                                                                            | Dobândirea de noi cunoștințe tehnologice pentru realizarea de structuri tip „pilar” utilizate ca                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                      | )<br>/CoFeB(3nm)/MgO(2nm)/CoFeB(3nm)/Ta(10nm). .                                                                                                                                                                    |                                                                                          | senzori de detecție a câmpurilor magnetice de intensitate mică.                                                                                                                                              |
| <b>Proiect PN 09-43 02 03</b><br>Materiale magnetice compozite sub formă de fire multistrat (metal/sticlă/metal) cu comportare magnetică controlată. | <b>Produse: 1</b><br>• microfibre superelastice din aliaj $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$ , cu diametre între 200 $\mu\text{m}$ și 20 $\mu\text{m}$ . | - INCDFIT-IFT Iași<br>- Industria automotivă și aeronautică, microchirurgia neurologică. | Realizarea de materiale inovative pentru microchirurgia neurologică - catetere utilizate în ghidajul stenturilor.<br>Realizarea de senzori magnetici pentru industria automotivă, petrolieră și aeronautică. |

#### 4.3. Participarea la colaborări internaționale:

| Nr. crt. | Denumirea programului internațional       | Țară și/sau CE unități colaboratoare               | Denumire proiect                                   | Valoarea proiectului |                    |
|----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
|          |                                           |                                                    |                                                    | Valoare proiect      | Valoare țară (lei) |
| 1        | Cooperare România-Rusia (Dubna) 2014-2015 | Joint Institute for Nuclear Research (JINR), Dubna | Acoperiri cu zirconia ale unor oțeluri austenitice | 8000 USD             | 32.0               |

#### 4.4. Articole (numai cele publicate în reviste cu referenți de specialitate): 16

| Nr. crt. | Denumirea publicației                                                                                                                                                                                                  | Titlul articolului                                                                                                                                                                                                             |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>- în țară: 2 lucrări</b> în reviste cotate ISI                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                |
| 1        | Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 17, No. 9-10, pp. 1344 - 1347, Published: 2015                                                                                                                 | <i>Thermomechanical processing effects on the martensitic transformation in Fe-based SMAs</i> ,<br>Autori: Mihalache E., Borza F., Lupu N., Lohan N.M., Pricop B., Suru M.-G., Bujoreanu L.-G.                                 |
| 2        | Optoelectronics and Advanced Materials - Rapid Communications (lucrare trimisă spre publicare)                                                                                                                         | <i>The influence of Ru underlayer on magnetoresistive properties in bottom pinned spin-valves</i><br>Autori: Jitariu A., Goripati H., Lupu N., Chiriac H.                                                                      |
|          | <b>- în străinătate: 14 lucrări</b> , din care <b>4 publicate, 2 acceptate pentru publicare, 2 trimise spre publicare, 6 în stadiul final de redactare*</b> care vor fi trimise pentru publicare în reviste cotate ISI |                                                                                                                                                                                                                                |
| 1        | Applied Surface Science, Vol. 352, pp. 66-72, Published: 2015                                                                                                                                                          | <i>Effect of buffer and interlayer on the adhesion and magnetic properties of anisotropic Nd-Fe-B single and multilayer films</i> ,<br>Autori: Grigoras M., Urse M., Lupu N., Borza F., and Chiriac H.                         |
| 2        | Applied Mechanics and Materials, Vol. 772, pp. 62-66, Published: 2015                                                                                                                                                  | <i>Characterization of the thin films structures in subwavelength regime as biosensing materials</i><br>Autori: Steigmann R., Iftimie N., Savin A.                                                                             |
| 3        | Journal of Applied Physics, Vol. 117, 17E512, Published: 2015                                                                                                                                                          | <i>Tailoring the magnetic properties of new Fe-Ni-Co-Al-(Ta,Nb)-B superelastic rapidly quenched microwire</i><br>Autori: Borza F., Lupu N., Dobrea V., Chiriac H.                                                              |
| 4        | IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 51, Issue 11, 2005204, Published: 2015                                                                                                                                            | <i>Magnetic properties of CoFeSiB/(Co,CoPtRh) multilayer microwires</i><br>Autori: Borza F., Óvári T.-A., Corodeanu S., Stoian G., and Chiriac H.                                                                              |
| 5        | AIP Advances, 2016, in press                                                                                                                                                                                           | <i>Left-handed properties dependence versus the interwire distance in Fe-Based microwires metastructures</i><br>Autori: Ababei G., Olariu C.S., Lupu N., and Chiriac H.                                                        |
| 6        | Journal Physics-D, lucrare trimisă spre publicare                                                                                                                                                                      | <i>In-vitro cytotoxicity of biocompatible Fe-Ti-Nb-B magnetic nanoparticles in alternating magnetic fields</i><br>Autori: Chiriac H., Danceanu C., Herea D.D., Whitmore L.C., Grigoras M., Carasevici E., Vlad D., and Lupu N. |
| 7        | AIP Advances, 2016, in press                                                                                                                                                                                           | <i>Controlled motion of domain walls in submicron amorphous wires</i><br>Autori: Țibu M., Lostun M., Allwood D., Rotărescu C., Ațițoiaie A., Lupu N., Óvári T.-A., Chiriac H.                                                  |
| 8        | General Physiology Biophysics - lucrare                                                                                                                                                                                | <i>New mechanisms of vesicles migration revised</i>                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                                    |                        |                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                    | trimisă spre publicare | Autori: Aursulesei V., Vasincu D., Timofte D., Vrajitoriu L., Gatu I., Iacob D.D., Ghizdovat V., Buzea C. Gh., Agop Maricel |
| *6 lucrări științifice, aflate în stadiul final de redactare, vor fi trimise spre publicare în reviste cotate ISI. |                        |                                                                                                                             |

#### 4.5. Cărți/capitole de cărți publicate: 2 capitole de carte publicate de o editură din străinătate

| Nr. ctr. | Titlul cărții/capitole de cărți                                                                                                                                                                     | Editura                                                                                                       | Autor principal                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|          | - în țară:                                                                                                                                                                                          |                                                                                                               |                                                                                  |
|          | - în străinătate: 2 capitole de cărți                                                                                                                                                               |                                                                                                               |                                                                                  |
| 1.       | <i>Selected Topics in Applications of Quantum Mechanics</i> , Capitolul 14: Implications of the "Subquantum Level" in Carcinogenesis and Tumor Progression via Scale Relativity Theory, pp. 399-458 | Mohammad Reza Pahlavani, InTech Europe Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2015 //ISBN 978-953-51-2126-8. | Timofte D., Eva L., Vasincu D., GH. Buzea C. Gh., Agop M., Popa R. F.            |
| 2        | <i>Selected Topics in Applications of Quantum Mechanics</i> , Capitolul 11: Implications of Quantum Informational Entropy in Some Fundamental Physical and Biophysical Models, pg. 311-343          | Mohammad Reza Pahlavani, InTech Europe Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2015 //ISBN 978-953-51-2126-8. | Agop M., Gavriluț A., Buzea C. Gh., Ochiuz L., Tesloianu D., Crumpei G., Popa C. |

#### 4.6. Manifestări științifice: 16 / 41 lucrări comunicate, din care 1 invitată și 5 prezentate oral

| Nr. crt. | Manifestări științifice                                                                                                            | Număr de manifestări | Număr de comunicări                   |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
|          | <b>a) congrese internaționale:</b>                                                                                                 |                      |                                       |
| -        | -                                                                                                                                  | -                    | -                                     |
|          | <b>b) simpozioane:</b>                                                                                                             | 1                    | 3                                     |
| 1        | 10 <sup>th</sup> International Symposium on Hysteresis Modeling and Micromagnetics HMM 2015, Iași, Romania, 18-20 mai 2015         | 1                    | 3                                     |
|          | <b>c) seminarii, conferințe</b>                                                                                                    | 11                   | 21                                    |
| 1.       | 13 <sup>th</sup> Joint MMM - Intermag Conference, San Diego, S.U.A., 11-15 January 2016                                            | 1                    | 3, din care 1 prezentată oral         |
| 2        | The Second CommScie International Conference: Challenges for Sciences and Society in Digital Era, Iași, România, 4-5 December 2015 | 1                    | 1                                     |
| 3        | 10 <sup>th</sup> International Conference on Composite Science and Technology, ICCST/10, Lisbon, Portugal, 2-4 September 2015      | 1                    | 1                                     |
| 4        | Magnetic Measurements 2015 International Scientific Conference, Kosice, Slovacia, 25-28 August 2015                                | 1                    | 2                                     |
| 5        | International Conference on Phenomena in Ionized Gases - ICPIG 2015, Iasi, Romania, 26-31 July 2015                                | 1                    | 1                                     |
| 6        | 20 <sup>th</sup> International Conference on Magnetism - ICM 2015, Barcelona, Spania, 5-10 July 2015                               | 1                    | 4                                     |
| 7        | Romanian Conference Series on Advanced Materials ROCAM 2015, Bucharest, Romania, 7-10 July 2015                                    | 1                    | 2                                     |
| 8        | MODTECH 2015 International Conference -Modern Technologies in Industrial Engineering III, 17-20 June 2015, Mamaia, Romania         | 1                    | 1                                     |
| 9        | IEEE International Magnetism Conference (INTERMAG 2015) Beijing, R.P.China, 11-15 May 2015                                         | 1                    | 4, din care 1 lucrare prezentată oral |
| 10       | International Conference on Innovative Research - EUROINVENT, 14-15 May 2015, Iași, Romania                                        | 1                    | 1                                     |
| 11       | The First Conference of Romanian Electron Microscopy Society, Bucuresti, România, București, 7-8 Mai 2015                          | 1                    | 1 - lucrare prezentată oral           |
|          | <b>d) workshop/școli de vară:</b>                                                                                                  | 4                    | 17                                    |

|    |                                                                                                                                                  |   |                                 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1. | <i>7<sup>th</sup> Internațional Workshop on Amorphous and Nanostructured Magnetic Materials - ANMM'2015, Iași, România, 21-24 September 2015</i> | 1 | 13, din care 1 lucrare invitată |
| 2  | <i>11<sup>th</sup> International Workshop on Electrodeposited Nanostructures (EDNANO-11), Balatonfüred, Ungaria, 10-12 September 2015</i>        | 1 | 2 lucrări prezentate oral       |
| 3  | <i>7<sup>th</sup> International Workshop on Magnetic Wires, IWMW 2015, Ordizia, Spain, 2-3 July 2015</i>                                         | 1 | 1                               |
| 4  | <i>The 6<sup>th</sup> Emerging Technologies in Non-Destructive Testing 2015, Brussels, Belgium, 27-29 May 2015</i>                               | 1 | 1                               |

#### 4.7. Brevete rezultate din tematica de cercetare:

| Nr. crt. | Specificație      | Brevete înregistrate (nr.) | Brevete acordate (nr.) | Brevete vândute (nr.) |
|----------|-------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|
|          | - în țară:        | -                          | -                      | -                     |
|          | - în străinătate: | -                          | -                      | -                     |
|          | <b>Total:</b>     | -                          | -                      | -                     |

#### 5. Aprecieri asupra derulării programului și propuneri:

Obiectivele propuse pentru a fi dezvoltate în cursul anului 2015, în cadrul celor **6 proiecte** finanțate în Programul nucleu MAGMATMAG (PN 09 43), au fost îndeplinite în totalitate.

În cadrul celor 6 proiecte de cercetare, respectiv 17 faze de execuție, dezvoltate și finanțate în anul 2015, au fost obținute următoarele rezultate:

- **16 articole publicate/acceptate pentru publicare//trimise spre publicare/aflate în stadiul final de redactare** care vor fi trimise spre publicare, în/la reviste de specialitate cotate ISI, din țară și din străinătate, din care: **5 articole** publicate (**4 articole** în reviste cotate ISI, **1 articol** într-o revistă NON-ISI), **1 articol** acceptat pentru publicare într-o revistă cotate ISI și **3 articole** trimise spre publicare la reviste cotate ISI; **6 articole aflate în stadiul final de redactare** care vor fi trimise spre publicare la reviste cotate ISI;
- **41 lucrări științifice** comunicate la **16 manifestări științifice**, din care **15 manifestări științifice internaționale** (10 seminarii// conferințe, 1 simpozion, 4 workshop-uri) și **1 manifestare științifică națională** (1 conferință);
- **2 capitole de cărți** publicate într-o carte editată în străinătate;
- **15 studii** teoretice și experimentale, referitoare la:
  - prepararea prin depunere electrochimică de micro- și nanofire de cobalt acoperite cu sticlă având diferite diametre ale miezului metalic și diferite structuri cristalografice; studiul parametrilor de preparare asupra omogenității compoziționale și asupra proprietăților magnetice;
  - procesele de comutare a magnetizației nanofirelor amorfe cu magnetostricțiune aproape nulă, având diferite diametre și lungimi, preparate prin răcire rapidă din topitură;
  - controlul deplasării pereților de domenii magnetice din nanofire amorfe acoperite cu sticlă prin modificarea la nivel local a geometriei eșantioanelor;
  - metodă micromagnetică de studiu a proceselor de comutare a magnetizației nanofirelor amorfe cu magnetostricțiune aproape nulă, preparate prin răcire rapidă din topitură, având compoziția  $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$  și diferite diametre și lungimi;
  - nucleerea unor domenii magnetice noi cu magnetizare inversă și influența unor defecte naturale sau artificiale din structura materialului feromagnetic asupra dinamicii pereților de domenii magnetice;
  - realizarea de structuri din micro și nanofire metalice acoperite cu strat izolator/metal cu capacitate electrică ridicată;
  - evoluția microstructurii (distribuția și orientarea grăunților cristalini relativ la axa de simetrie a firului) și a magnetizării în volum și de suprafață în fire magnetostrictive de Fe-Ga-B în funcție de conținutul de Ga și B utilizând tehnicile EDBS, VSM și MOKE;
  - influența elementelor de adaos (Ti, Mn, Ta) asupra evoluției microstructurii, proprietăților magnetice și a temperaturii de tranziție feromagnetic-paramagnetic în aliaje pe bază de Fe-Nb-B utilizat în aplicații medicale (hipertermie);
  - evoluția compoziției și a microstructurii la interfața metal-sticlă în cazul firelor amorfe și nanocristaline acoperite cu sticlă utilizând tehnica de microscopie electronică de înaltă rezoluție (UHR-TEM), combinată cu tehnica de difracție de electroni SAED, precum și tehnici de analiză compozițională EDX și EELS;
  - evoluția caracteristicilor magnetice în funcție de compoziția și parametrii de electrodepunere ai nanofirelor și straturilor subțiri pe bază de  $\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}$ , obținute prin depunere electrochimică;
  - integrabilitatea particulelor magnetice asupra diferitelor populații de celule; studiul influenței poziției particulelor (integrate în celule sau adsorbite la suprafața celulelor) asupra potențialului biologic al acestora;
  - influența compoziției asupra formării fazelor magnetice (moi și dure) în aliaje magnetice dure fără pământuri rare de tip  $\text{Mn}_{100-x}\text{Bi}_x$  ( $x=40\div60$  at.%) sub formă de benzi obținute prin răcire rapidă din topitură;

Studiul influenței formării diferitelor faze magnetice asupra cuplajului de schimb în aliaje pe bază de Mn-Bi;

- condițiile de procesare, la temperaturi reduse, a magneților permanenți pe bază de straturi groase, cu posibile aplicații pentru creșterea performanțelor tehnice ale senzorilor magnetorezistivi;
  - efectele reducerii drastice (mai mult de 98%) a diametrului microfiredelor prin trefilare și recristalizării prin tratamente termice adecvate, în aliaje de tip superelastice  $\text{FeNiCoAl}(\text{Ta,Nb})\text{B}$ , asupra proprietăților magnetice, structurale și mecanice;
  - evoluția modificărilor structurale, magnetice și mecanice în funcție de temperatura de tratament și de gradul de deformare prin ecruisare la rece în microfiredele având compoziția  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$  (at%) și diametre diferite.
- **1 tehnologie nouă:**
    - tehnologie privind realizarea unei structuri tip "pilar", cu topologie complexă, prin depuneri succesive în vid de straturi subțiri și prin micro și/sau nanostructurare utilizând litografia cu fascicul de electroni, litografia cu fascicul laser, corodarea cu fascicul de ioni, depunerea de  $\text{SiO}_2$  / Au și lift-off.
  - **1 instalație nouă**, realizată prin autototare:
    - instalație de depunere prin pulverizare de straturi subțiri pe suport neplanar (ex. microfiredele) pentru activități specifice proiectelor Programului nucleu MAGMATMAG.
  - **2 modele experimentale:**
    - 1 model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 1D.
    - 1 model experimental de senzor cu metamateriale pentru deformare/tensiune, în configurație 2D.
  - **10 produse/materiale/structuri, noi:**
    - micro- și nanofiredele de cobalt acoperite cu sticlă obținute prin electrodepunere, cu diametre ale miezului metalic de 1  $\mu\text{m}$ , 850 nm și 650 nm și structuri cristalografice diferite (cubică sau hexagonală);
    - condensatori electrici pe bază de microfiredele cu înveliș de sticlă acoperite cu un strat de  $\text{CuO}$ , cu capacitatea  $C_{\text{condensator}} = 279 \text{ pF/cm}$ ;
    - microfiredele magnetostrictive de  $\text{Fe}_{81,5}\text{Ga}_{19,5}$  cu valori ale magnetostricțiunii de cca 162 ppm;
    - benzi magnetice având compoziția  $\text{Fe}_{79,7-x}\text{Ti}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}$  ( $x=12-20 \text{ at.}\%$ ), cu grosimi de 15-20  $\mu\text{m}$  și lățimi de 2-5 mm, utilizate în aplicații medicale (hipertermie);
    - micro și nanofiredele magnetice acoperite cu sticlă  $\text{Fe}_{79,7-x}\text{Mn}_x\text{Nb}_{0,3}\text{B}_{20}$  ( $x=12-20 \text{ at.}\%$ ), cu temperaturi Curie cuprinse în domeniul  $-70^\circ\text{C} \div +70^\circ\text{C}$ , cu posibile aplicații medicale (hipertermie);
    - nanofiredele pe bază de  $\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}$  în membrane nanoporoase de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cu diametrul nanoporilor de 35 nm și 200 nm;
    - micro/nanoparticule magnetice pe bază de Fe-Cr-Nb-B acoperite cu chitosan sau neacoperite utilizate în studii privind integrabilitatea acestora asupra diferitelor populații de celule biologice;
    - magneți permanenți pe bază de  $\text{Mn}_{50}\text{Bi}_{50}/\text{Fe}$ , fără pământuri rare, obținuți prin tehnica SPS (Spark Plasma Sintering);
    - structură "pilar":  $\text{Ta}(5\text{nm})/\text{Ru}(20\text{nm})/\text{Ta}(5\text{nm})/\text{CoFe}(3\text{nm})/\text{IrMn}(20\text{nm})/\text{CoFe}(3\text{nm})/\text{Ru}(0,8\text{nm})/\text{CoFeB}(3\text{nm})/\text{MgO}(2\text{nm})/\text{CoFeB}(3\text{nm})/\text{Ta}(10\text{nm})$ , cu aplicații ca senzor pentru detecția câmpurilor magnetice de intensitate mică;
    - microfiredele superelastice din aliaj  $\text{Fe}_{40,95}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11,5}\text{Ta}_{2,5}\text{B}_{0,05}$ , cu diametre între 200  $\mu\text{m}$  și 20  $\mu\text{m}$ , cu aplicații în microchirurgia neurologică.
  - **Produse livrate - 1 tip de material magnetic**
    - microfiredele magnetice amorfe, cu diferite compoziții și diametre - livrate în străinătate.

În anul 2015, activitatea de evaluare/monitorizare a celor 17 faze de execuție din cadrul Programului nucleu MAGMATMAG - PN 09 43 s-a desfășurat la timp și acest fapt a condus la o finanțare ritmică și la termenul de activităților dezvoltate în cadrul celor 6 proiecte ale programului, ceea ce a condus la realizarea în totalitate, cu rezultate bune, a tuturor obiectivelor planificate.

**DIRECTOR GENERAL,**  
**Dr. Nicoleta LUPU**

**DIRECTOR DE PROGRAM,**  
**Prof. Dr. Horia CHIRIAC**

**DIRECTOR ECONOMIC,**  
**Maria POPESCU**