

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

RAPORT ANUAL DE ACTIVITATE privind desfășurarea programului nucleu

*(Magnetism, materiale magnetice și aplicații, acronim - MAGNA2022, cod: PN 19 28)
anul 2019*

Durata programului: 4 ani

Data începerii: Februarie 2019

Data finalizării: 2022

1. Scopul programului:

Scopul programului-nucleu MAGNA2022 este dezvoltarea în cadrul INCDFT-IFT Iași a unor noi activități de cercetare fundamentală și aplicativă de vârf în domeniul magnetismului, materialelor magnetice și aplicațiilor acestora, competitive la nivel internațional. Programul propus va permite dezvoltarea de cercetări avansate în domeniul materialelor magnetice nanocompozite și nanodimensionate, cu caracteristici superioare, pentru utilizarea acestora în diferite aplicații în inginerie și medicină. Se vor evidenția și dezvolta noi procese fizice de bază în materialele magnetice, în domeniul nanotehnologiilor și a controlului nedestructiv, în realizarea de microsenzori și sisteme inteligente de senzori, micro- și nanodispozitive.

Programul-nucleu MAGNA2022 conține 2 proiecte, ale celor 2 departamente/laboratoare de cercetare existente la INCDFT-IFT Iași, care răspund unui obiectiv general comun, și anume: Fizica Proceselor și Materialelor Magnetice. Aceste proiecte dezvoltă direcții de cercetare de perspectivă în domeniul magnetismului, materialelor magnetice și aplicațiilor acestora în realizarea de senzori și sisteme de senzori pentru medicină, microelectronică, IT, telecomunicații, securitate, industria auto sau aeronautică. Cercetările propuse vor conduce la implementarea unor noi tehnici de caracterizare a nanomaterialelor și materialelor nanostructurate, la dezvoltarea de noi nanotehnologii aplicabile nu numai materialelor magnetice dar și altor tipuri de materiale, fapt care deschide o nouă arie de activități mulți- și interdisciplinare cu importante colaborări în diferite domenii ale științei și tehnicii. Rezultatele obținute din derularea activităților de cercetare din cadrul acestui program vor permite identificarea și abordarea unor noi direcții de cercetare în vederea aplicării cu propuneri de proiecte noi în programul PN III și viitorul program național de CDI, în programele ORIZONT 2020 și HORIZON EUROPE ale Uniunii Europene, în alte programe internaționale.

2. Modul de derulare al programului:

2.1. Descrierea activităților:

Activitățile de cercetare științifică dezvoltate în anul 2019 în **Programul Nucleu MAGNA2022 - cod PN 19 28** au fost derulate în cadrul a **2 proiecte**, și anume: proiectul **PN 19 28 01 01** care a cuprins **8 faze de execuție** și proiectul **PN 19 28 01 02** care a cuprins **o fază de execuție**. Fazele de execuție desfășurate în anul 2019 au constat din activități de cercetare independente. Alocarea sumelor pe cele 2 proiecte componente s-a făcut în funcție de veniturile obținute de fiecare departament/laborator în anul precedent, o procedură în vigoare la INCDFT-IFT Iași de la începutul derulării programelor-Nucleu și asumată de către toți șefii de compartimente/laboratoare.

În continuare sunt prezentate activitățile de cercetare dezvoltate în anul 2019 în cadrul celor **9 faze de execuție**.

PROIECT PN 19 28 01 01: Noi materiale magnetice inteligente pentru dezvoltarea de aplicații high-tech.

Activitățile de cercetare derulate în anul 2019 în cadrul proiectului **PN 19 28 01 01** au urmărit dezvoltarea următoarelor teme de cercetare:

• **Faza nr. 1 / 2019: Studiul comutării magnetice și a deplasării pereților de domenii magnetice în fire amorfe și/sau nanocrystaline bistabile, la aplicarea directă a unui curent prin firul magnetic**

Activitățile de cercetare s-au axat pe elaborarea unei metode noi de investigare a dinamicii pereților de domenii în microfibre magnetice. Au fost dezvoltate studii complexe focalizate pe: evidențierea posibilității de comutare a magnetizării eșantioanelor bistabile prin aplicarea unui curent electric direct prin firul magnetic și analiza complexă a factorilor care influențează comutarea magnetică la aplicarea unui curent electric direct prin firul magnetic. Au fost analizate eșantioane din microfibre cu diferite compoziții, din sistemele Fe-Si-B (cu magnetostricțiune pozitivă), Co-Fe-Si-B (cu magnetostricțiune negativă) și Fe-Si-B-Cu-Nb (FINEMET) (cu magnetostricțiune aproape nulă). Cele mai bune rezultate au fost obținute pentru microfibrele din sistemul Co-Fe-Si-B, cu diametrul miezului metalic $d = 20 \mu\text{m}$ și grosimea învelișului de sticlă $g_s = 20 \mu\text{m}$, tratate termic timp de 1 oră la 300°C și torsionate la 168 Rad/m , și anume: cel mai mic curent de comutare de 9 mA ($\sim 2,9 \times 10^{-3} \text{ A/cm}^2$) și cea mai mare viteză de deplasare a pereților de domenii de până la 2.300 m/s (Fig. 1 și 2).

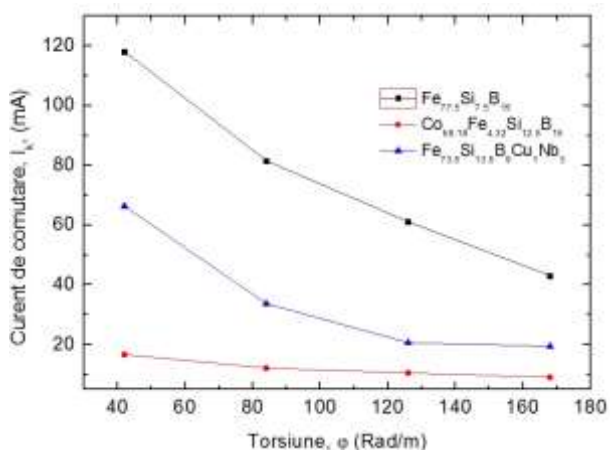


Fig. 1. Curentul de comutarea în funcție de torsiunea firelor acoperite cu sticlă Fe_{77,5}Si_{7,5}B₁₅ (as-cast), Co_{68,18}Fe_{4,32}Si_{12,5}B₁₅ (tratate la $300^\circ\text{C}/1$ oră) și Fe_{73,5}Si_{13,5}B₉Cu₁Nb₃ (tratate la $550^\circ\text{C}/1$ oră).

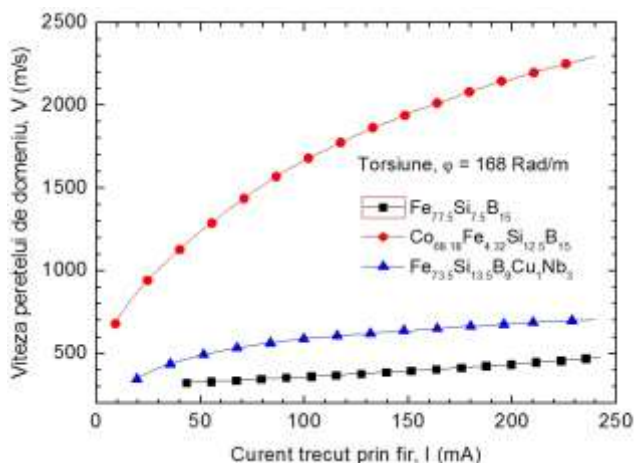


Fig. 2. Viteza de deplasare a pereților de domenii magnetice în funcție de valoarea curentului aplicat în cazul firelor acoperite cu sticlă Fe_{77,5}Si_{7,5}B₁₅ (as-cast), Co_{68,18}Fe_{4,32}Si_{12,5}B₁₅ (tratate la $300^\circ\text{C}/1$ oră) și Fe_{73,5}Si_{13,5}B₉Cu₁Nb₃ (tratate la $550^\circ\text{C}/1$ oră).

Rezultatele obținute permit aprecierea faptului că aceste tipuri de materiale pot fi utilizate cu succes pentru dezvoltarea de noi aplicații pentru sisteme logice sau pentru dispozitive de stocare magnetică, precum și pentru dezvoltarea de noi tipuri de senzori magnetici, activități care vor fi derulate în etapele următoare ale programului-Nucleu, dar care vor genera și idei de alte proiecte.

• **Faza nr. 2 / 2019: Obținerea de pulberi magnetic dure Nd₂Fe₁₄B cu dimensiuni nanometrice prin măcinarea benzilor precursoare în atmosferă controlată**

Activitățile de cercetare dezvoltate în cadrul acestei faze au urmărit realizarea de materiale magnetic dure pe bază de Nd-Fe-B sub formă de pulberi, cu dimensiuni de ordinul nanometrilor, obținute prin măcinarea mecanică a benzilor precursoare de Nd-Fe-B preparate prin tehnica răcirii din topitură pe suprafața unui

disc metallic în rotație. Au fost preparate pulberi pe bază de Nd-Fe-B cu dimensiuni nanometrice ale particulelor, cuprinse în intervalul 170÷970 nm, prin măcinarea mecanică a benzilor precursorare, diferite perioade de timp (de până la 420 min.), în diferite medii de măcinare. În timpul măcinării mecanice, temperatura în punctele de impact crește, ceea ce conduce la precipitarea fazei magnetic moi și la creșterea dimensiunii grăunților cristalini, cu efect negativ asupra caracteristicilor de material magnetic dur. În Fig. 3 sunt prezentate dependențele caracteristicilor magnetice (câmpul coercitiv, H_c , și magnetizarea remanentă, M_r) în funcție de timpul de măcinare în diferite medii: argon, azot lichid, două soluții de heptan și acid oleic. Măcinarea în mediu uscat (Ar) conduce la obținerea de pulberi cu dimensiuni mari ale particulelor (~ 970 nm). În acest caz are loc aglomerarea și alinierea particulelor. Măcinarea mecanică într-un mediu umed (două soluții de heptan și acid oleic) facilitează obținerea de pulberi cu dimensiuni mici ale particulelor (~ 170 nm). În acest caz pulberile prezintă rugozitate superficială crescută. Eliminarea neajunsurilor enumerate (creșterea temperaturii de impact și a rugozității superficiale a particulelor) s-a făcut prin măcinarea benzilor în azot lichid (LN₂). În acest caz au fost obținute pulberi cu suprafața netedă, cel mai probabil datorită creșterii fragilității și ruperii particulelor pe direcția limitelor de grăunți, cu dimensiuni medii ale particulelor de ~ 250 nm și cu proprietăți magnetic dure bune, și anume: câmp coercitiv de aproximativ 7 kOe și magnetizare remanentă de 64,5 emu/g.

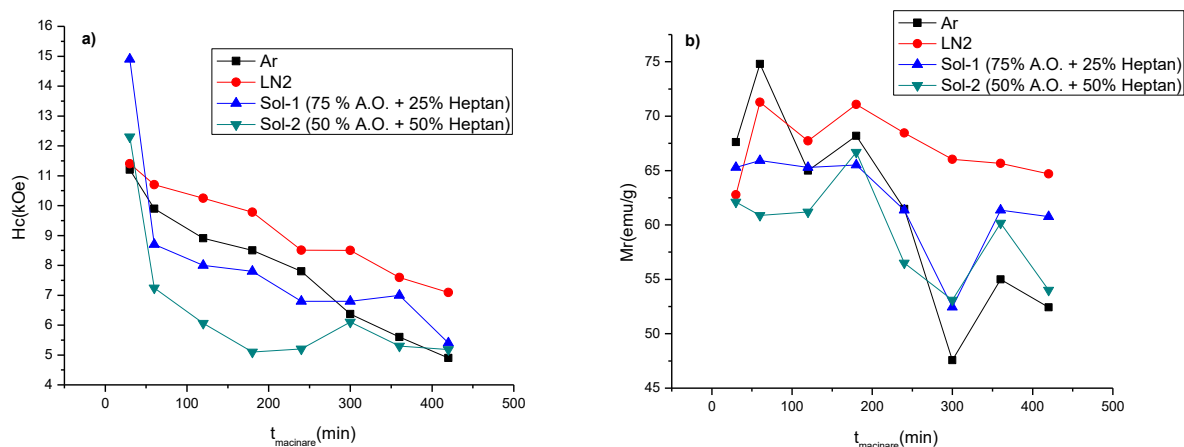


Fig. 3. Dependența coercitivității (a) și a magnetizației remanente (b) în funcție de mediul și timpul de măcinare.

Cercetările ulterioare vor fi axate pe îmbunătățirea proprietăților magnetic dure specifice, prin tratamente termice de relaxare a tensiunilor interne induse în timpul măcinării mecanice, precum și prin tratamente de recristalizare a unei eventuale faze amorfe care poate să apară în timpul măcinării mecanice în azot lichid.

- **Faza nr. 3 / 2019: Evaluarea capacității de ecranare electromagnetică a materialelor pe bază de nanotuburi din carbon și nanopulberi magnetice**

Activitățile de cercetare au urmărit obținerea unui material compozit format din nanotuburi din carbon (Fig. 4) și nanopulberi pe bază de Co-Fe-B, cu diametrul de aproximativ 30 nm, înglobate într-o rășină epoxidică cu patru componente și utilizată ca mediu de dispersie. Materialul compozit obținut prin combinarea în proporții egale de nanotuburi din carbon și nanopulberilor de Co-Fe-B (raport 1:1), prezintă o bună dispersie a celor două componente și o bună omogenitate. Utilizând diferite combinații între raportul nanotuburilor din carbon cu pereți multipli și nanopulberile de Co-Fe-B s-a obținut un material compozit cu o eficiență de ecranare de până la 57 dB. Creșterea concentrației de nanotuburi din carbon de la 0,2 % la 0,6 % conduce la o creștere a eficienței de ecranare de la 55 dB la 57 dB (Fig. 5). Această îmbunătățire a eficienței de ecranare a radiației electromagnetice poate fi explicată printr-o creștere a conductivității electrice a materialului compozit având o concentrație mai mare de nanotuburi din carbon.

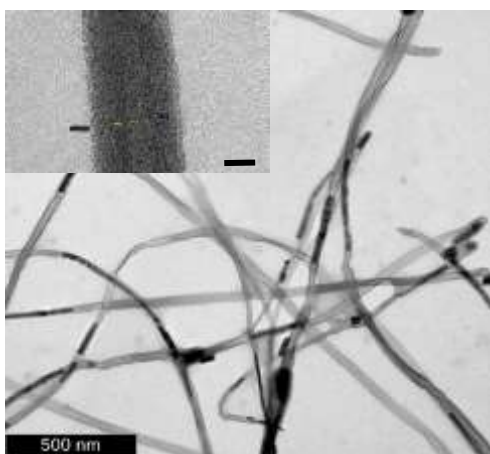


Fig. 4. Imagine TEM a nanotuburilor din carbon.

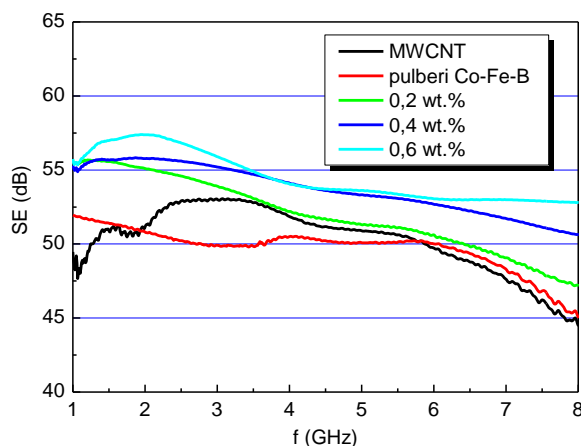


Fig. 5. Eficiența de ecranare în funcție de frecvență, pentru diferite concentrații de nanotuburi din carbon.

A fost evaluată capacitatea de ecranare electromagnetică a materialelor pe bază de nanotuburi de carbon lungi, combinate cu nanopulberi magnetice moi, menținând fixă cantitatea de nanopulberi și crescând concentrația de nanotuburi de carbon la 0,5%, 1% și 1,5%. Eficiența de ecranare a crescut ușor până la un maximum de 58 dB. În același timp, s-a obținut o lărgire și o uniformizare a benzii de absorbție, având la 8 GHz o eficiență de ecranare de 56 dB, comparativ cu 52 dB la concentrații mai mici de nanotuburi de carbon. Cercetările ulterioare vor urmări lărgirea domeniului de ecranare a materialului compozit până la 12 GHz, pe suprafețe mai mari, prin realizarea și utilizarea de nanotuburi de carbon cu lungimi mai mari, de până la 2 mm.

- **Faza nr. 4 / 2019 (divizată în Faza 4 – finanțată în Etapa I și Faza 12 – finanțată în Etapa a II-a, din cauza fondurilor insuficiente în Etapa I): Dependența proprietăților magnetice ale nanofirelor amorfe obținute prin răcire rapidă din topitură de direcția de aplicare a câmpului magnetic**

A fost realizat un studiu aprofundat al proceselor de magnetizare ce au loc în nanofirele feromagnetice cu simetrie cilindrică, în condițiile în care acestea sunt supuse acțiunii unui câmp magnetic aplicat sub unghi variabil. Pentru acest studiu a fost elaborată o metodă nouă pentru simularea numerică a proceselor de magnetizare în nanofire amorfe cu diametre și compoziții diferite și cu lungimi foarte mari (10^{-2} -10 m), supuse acțiunii câmpului magnetic aplicat sub diferite unghiuri față de axa firului. S-a urmărit influența cuplajului magnetoelastic, magnetostricțiunii și tensiunilor interne induse în timpul preparării în procesul de comutare a magnetizării.

Rezultatele simulărilor micromagnetice au arătat o dependență semnificativă a histerezisului magnetic de unghiul sub care se aplică câmpul magnetic. În Fig. 6 este prezentată dependența câmpului coercitiv, H_c , și a magnetizării remanente, M_r/M_s , în funcție de unghiul θ sub care este aplicat câmpul magnetic în cazul nanofirelor cu diametre de 100 și, respectiv, 30 nm, cu două compoziții diferite (Co-Fe-Si-B și Fe-Si-B). Cele două caracteristici magnetice, H_c și M_r/M_s , sunt calculate din ciclurile de histerezis simulate numeric. În cazul celor patru eșantioane studiate s-a evidențiat o comportare neliniară a câmpului coercitiv în funcție de unghiul sub care este aplicat câmpul magnetic față de axa nanofirelor. Pentru nanofire având aceeași compoziție, câmpul coercitiv este mai mic la nanofirele cu diametrul mare (100 nm), pentru toate valorile unghiului θ . În cazul nanofirelor cu diametre mici (30 nm) câmpul coercitiv este mai mare și, în acest caz, este nevoie de un câmp magnetic aplicat mai mare pentru a iniția comutarea magnetizării.

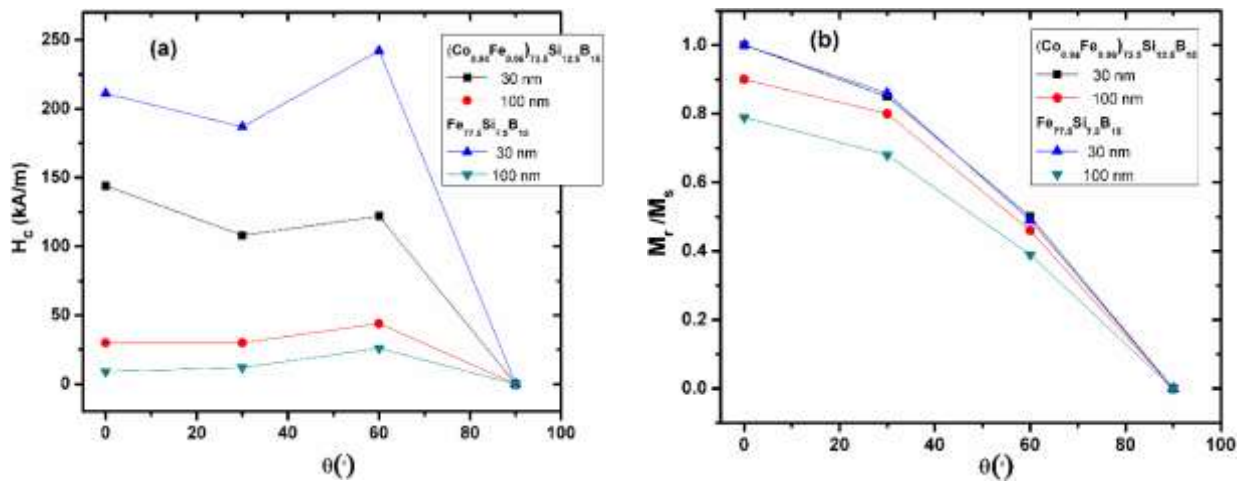


Fig. 6. Dependența câmpului coercitiv (a) și a magnetizării remanente (b) de unghiul ϑ dintre câmpul magnetic aplicat și axa nanofirelor, pentru nanofire cu diametre de 30 și 100 nm, și compoziții diferite (Co-Fe-Si-B și Fe-Si-B).

Prin modificarea direcției câmpului magnetic aplicat, și totodată prin controlul precis al dimensiunii și compoziției nanofirelor amorse obținute prin răcire rapidă din topitură, pot fi ajustate, într-un interval semnificativ, proprietățile asociate histerezisului magnetic, astfel încât aceste tipuri de materiale să devină adecvate utilizării în diferite tipuri de aplicații tehnologice de vârf din domeniile senzoricității și IT.

• **Faza nr. 12/2019: Studiul proceselor de comutare a magnetizării în fire amorse nanometrice obținute prin răcire rapidă din topitură**

Activitățile de cercetare dezvoltate au urmărit realizarea unui model numeric nou pentru descrierea proceselor de comutare a magnetizării în nanofire amorse obținute prin răcire rapidă din topitură. În elaborarea modelului teoretic s-a ținut cont de dimensiunile și proprietățile magnetice (magnetizarea de saturație, M_s) ale nanofirelor pe bază de Co-Fe-Si-B cu magnetostricțiune aproape nulă, și pe bază de Fe-Si-B cu magnetostricțiune pozitivă mare. Modelul micromagnetic elaborat a fost transpus în programul de simulare micromagnetică *MAGPAR*, program care utilizează discretizarea fiecărui nanofir studiat în elemente finite sub formă de tetraedre, legate prin noduri. Valorile caracteristicilor magnetice au fost calculate în fiecare nod.

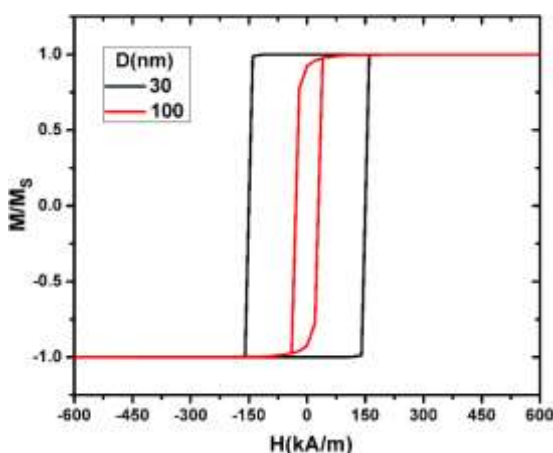


Fig. 7. Ciclurile de histerezis simulate numeric în cazul unor nanofire amorse cu compoziția nominală $(Co_{0,94}Fe_{0,06})_{72,5}Si_{12,5}B_{15}$ și diametre diferite.

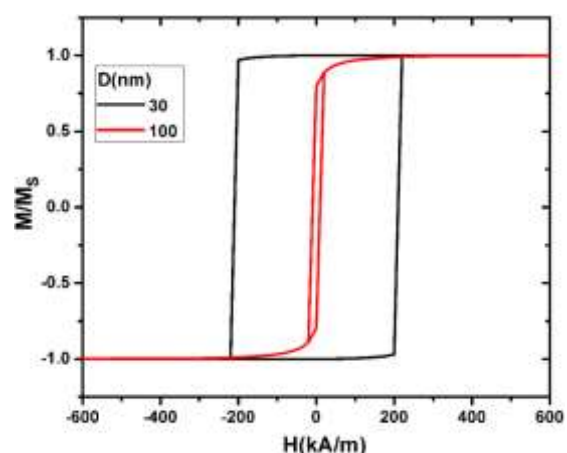


Fig. 8. Ciclurile de histerezis simulate numeric în cazul unor nanofire amorse cu compoziția nominală $Fe_{77,5}Si_{7,5}B_{15}$ și diametre diferite.

În Fig. 7 și 8 sunt prezentate ciclurile de histerezis simulate numeric în cazul unor nanofire amorse cu compozițiile nominale $(Co_{0,94}Fe_{0,06})_{72,5}Si_{12,5}B_{15}$ și $Fe_{77,5}Si_{7,5}B_{15}$ și cu diametre diferite (30 și 100 nm). Pentru ambele compoziții valorile câmpului coercitiv sunt mai mici pentru nanofirul cu diametrul de 100 nm,

comparativ cu nanofirul cu diametrul de 30 nm. Cu ajutorul simulării numerice s-a urmărit mai curând evoluția caracteristicilor magnetice în funcție de valorile diametrelor nanofirelor, decât evidențierea valorii adevărate a acestor caracteristici magnetice (ex. câmpul coercitiv), care în cazul ciclurilor de histerezis simulate numeric sunt mult mai mari decât caracteristicile magnetice evidențiate din ciclurile de histerezis determinate experimental. Acest fapt este o consecință a condițiilor speciale de simulare, în cazul cărora, printre altele, se pornește de la o stare de saturație magnetică completă. Ca urmare a analizei rezultatelor obținute prin simulare numerică și compararea acestora cu rezultatele experimentale se poate concluziona că, prin controlul precis al dimensiunilor și compoziției nanofirelor cilindrice amorfe, se pot ajusta proprietățile asociate histerezisului magnetic astfel încât aceste tipuri de materiale să devină adecvate utilizării în diferite aplicații de interes curent (ex. în senzorică și tehnologia informației).

- **Faza nr. 5 / 2019: Sinteza de nanofire de tip „core-shell” cu miez și înveliș de metal nobil; caracterizarea morfologică, structurală și magnetică**

În cadrul fazei nr. 5 au fost sintetizate nanofire de tip „core-shell” având miezul magnetic de Ni ($B_s = 0,6$ T), $Ni_{45}Fe_{55}$ ($B_s = 1,6$ T) sau $Co_{35}Fe_{65}$ ($B_s = 2,4$ T) și învelișul de Au (Fig. 9). Lungimea nanofirelor de tip „core-shell” a fost de 2 μ m, iar diametrul de aproximativ 200 nm. Nanofirele magnetice, care reprezintă miezul materialului nanocompozit, au fost preparate prin depunere electrochimică în nanoporiile unor membrane nanoporoase de aluminiă. După depunerea electrochimică, nanofirele au fost eliberate din membrană prin dizolvarea acesteia într-o soluție chimică (anhidridă cromică și acid fosforic). Imaginea SEM a nanofirelor de Ni eliberate din membrana de aluminiă nanoporoasă este prezentată în Fig. 10.

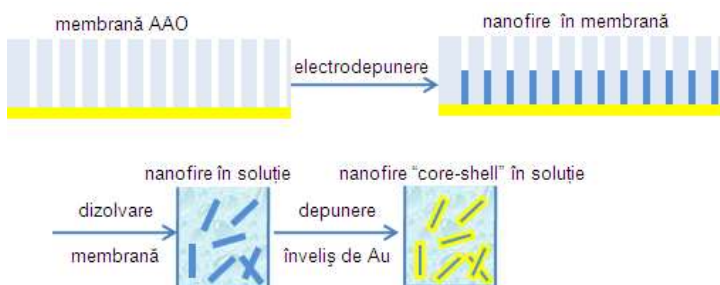


Fig. 9. Schema procesului de sinteză a nanofirelor de tip „core-shell” miez magnetic/Au.

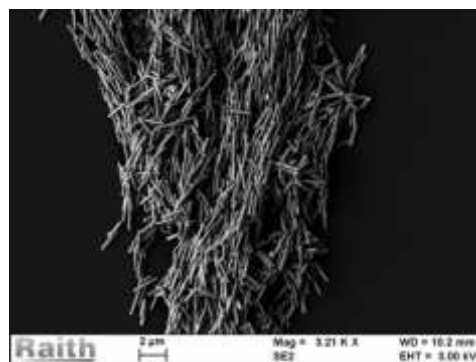


Fig. 10. Imagine SEM a nanofirelor de Ni eliberate din membrana de aluminiă nanoporoasă.

Caracterizarea structurală prin difracție de raze X a nanofirelor magnetice compozite de Ni@Au, NiFe@Au și CoFe@Au, a pus în evidență faptul că nanofirele pe bază de Ni și Ni-Fe au o structură cristalină cubică cu fețe centrate (cfc), iar nanofirele pe bază de Co-Fe au structură cristalină cubică cu volum centrat (cvc). Mărimea grăunților cristalini este cuprinsă între 9 și 11 nm. Acoperirea cu un strat subțire de Au a nanofirelor magnetice eliberate din membrana de aluminiă nanoporoasă s-a făcut prin imersarea nanofirelor într-o soluție apoasă de $H AuCl_3$, având o concentrație de 65 mM. Timpul de reacție a fost de 5 min., la o temperatură a soluției de 50°C. Studiile de microscopie electronică de baleiaj de înaltă rezoluție (HR-SEM) au evidențiat faptul că miezul magnetic al nanofirelor a fost acoperit în întregime de stratul nemagnetic de metal nobil (Au). Caracterizarea magnetică a nanofirelor de tip „core-shell” a pus în evidență faptul că nanofirele au anizotropie de formă, iar prezența învelișului de metal nobil nu modifică semnificativ proprietățile magnetice ale miezului magnetic. Studiile care vor fi efectuate în etapele următoare vor urmări optimizarea unor astfel de structuri nanometrice și posibilitatea utilizării acestora în aplicații medicale, cum ar fi imagistica medicală prin rezonanță magnetică (IMR sau RMN).

- **Faza nr. 6/2019 (divizată în Faza 6 – finanțată în Etapa a II-a și Faza 13 – finanțată în Etapa a III-a, din cauza fondurilor insuficiente în Etapa a II-a): Obținerea microfiredelor nanocristaline trefilate utilizând ca precursori microfiredelor convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu diferite aditii**

Activitățile de cercetare desfășurate s-au axat pe: (i) prepararea de microfiredelor convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu aditii de Cu și Nb, și cu diametre în domeniul 120÷130 μm ; (ii) trefilarea microfiredelor convenționale pentru reducerea succesivă a diametrelor între 100 și 50 μm ; (iv) inducerea structurii nanocristaline în microfiredelor trefilate. Au fost urmăriti diferiti factori care influențează procesul de trefilare, cu efect asupra uniformității microfiredelor în grosime. Scopul activităților de cercetare dezvoltate în cadrul acestei faze a fost obținerea de tipuri noi de materiale magnetice sub formă de microfiredelor nanocristaline trefilate destinate aplicațiilor în ecranarea electromagnetice. Pentru obținerea structurii nanocristaline, microfiredelor amorfă au fost tratate termic la diferite temperaturi în intervalul 100÷600°C, urmărindu-se obținerea unei permeabilități magnetice cât mai mari. Structura nanocristalină a fost evidențiată cu ajutorul microscopului electronic de transmisie Libra 200MC, pe probe realizate prin corodare ionică cu fascicul de ioni focalizați (Focused Ion Beam). Imaginile de microscopie electronică de transmisie (TEM) arată că după tratamentul termic aplicat firelor trefilate în structura amorfă a firelor se induce o structură formată din grăunți nanometrici dispersați în matricea amorfă (Fig. 11).



Fig. 11. Imaginea TEM pentru un microfir Fe-Si-B-Cu-Nb (FINEMET), trefilat și tratat termic la 500 °C, evidențiază prezența grăunților nanocristalini în matricea amorfă reziduală.

Analizele de difracție pe arie selectată (SAED) și imaginile de înaltă rezoluție pentru microfiredelor de FINEMET trefilate până la diametrul de 50 μm și tratate termic la 500°C timp de 1 oră indică existența predominantă a nanogrăunților de α -Fe cu diametre de ~ 11 nm, dispersați în matricea amorfă, raportul fază cristalină/fază amorfă fiind de $\sim 15\%$.

- **Faza 13/2019: Studiul morfologiei, structurii și a proprietăților magnetice ale microfiredelor nanocristaline trefilate obținute din microfiredelor convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu diferite aditii**

Activitățile de cercetare dezvoltate în cadrul acestei faze s-au axat pe caracterizarea complexă morfologică, structurală și magnetică a microfiredelor nanocristaline trefilate până la diametrul de 10 μm . S-a studiat influența procesului de trefilare asupra caracteristicilor dimensionale, structurale și magnetice ale noilor materiale sub formă de fire nanocristaline obținute prin trefilarea unor microfiredelor convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu diferite aditii. Pentru obținerea microfiredelor nanocristaline cu diametre de până la 10 μm au fost utilizate, ca precursori, fire convenționale amorfă pe bază de Fe-Si-B cu diametrul de 120 μm . Caracteristicile morfologice și structurale ale firelor as-cast și ale celor trefilate și tratate termic au fost analizate prin tehnici de microscopie electronică de transmisie (TEM) utilizând microscopul Libra200MC. S-au constatat modificări morfologice și structurale ca urmare a trefilării și a aplicării de tratamente termice, cu efect asupra proprietăților magnetice. Proprietăți bune de material magnetic

moale (câmp coercitiv, H_c , de valori reduse) au fost obținute pentru microfibre de Fe-Si-B și FINEMET trefilate până la diametrul de 10 μm și tratate termic la temperatura de 450°C, timp de 1 oră (Fig. 12 și 13).

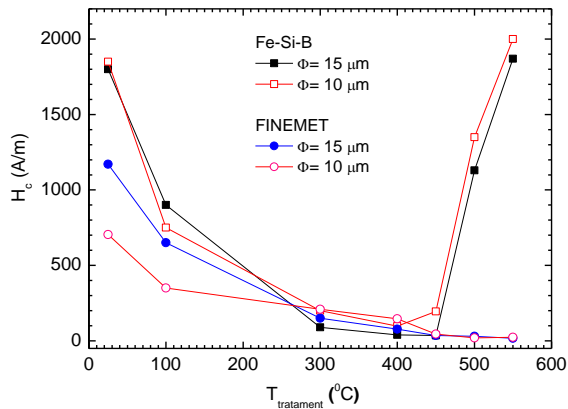


Fig. 12. Variația câmpului coercitiv, H_c , cu temperatura de tratament aplicat ulterior procesului de trefilare, pentru microfibre de Fe-Si-B și FINEMET cu diametre de 10 și, respectiv, 15 μm .

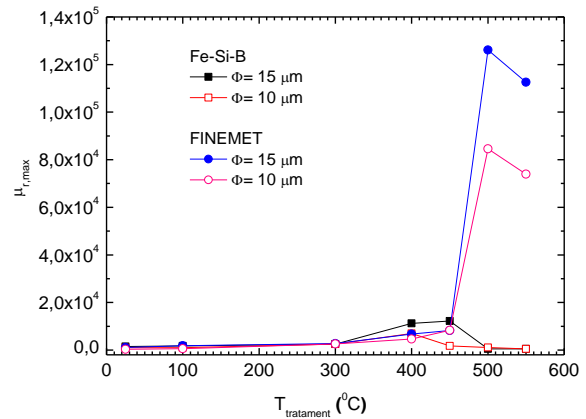


Fig. 13. Variația permeabilității magnetice relative, $\mu_{r,\text{max}}$, cu temperatura de tratament aplicat ulterior procesului de trefilare, pentru microfibre de Fe-Si-B și FINEMET cu diametre de 10 și, respectiv, 15 μm .

Microfibrele de FINEMET, tratate termic la temperaturi între 450°C și 550°C, prezintă o creștere a permeabilității magnetice, cu circa un ordin de mărime comparativ cu microfibrele pe bază de Fe-Si-B. Analizele de difracție pe arie selectată (SAED) și imaginile TEM de înaltă rezoluție realizate pentru microfibrele de FINEMET trefilate până la diametrul de 10 μm și tratate termic la 500°C timp de 1 oră indică existența predominantă a nanogrăunților de α -Fe dispersați în matricea amorfă. Microfibrele FINEMET trefilate și tratate termic la 500°C timp de 1 oră vor putea fi utilizate pentru realizarea de ecrane electromagnetice cu eficiență mare de ecranare, pe diferite domenii de frecvență.

Proiect PN 19 28 01 02: Fenomene și procese fizice în materiale electromagnetice multifuncționale realizate prin suprapunerea de substraturi de metamateriale mecanice pentru construcția de senzori cu aplicații în monitorizarea structurilor complexe.

Activitățile de cercetare dezvoltate în anul 2019 în cadrul proiectului PN 19 28 01 02 s-au axat pe următoarea tematică:

- **Faza nr. 1 / 2019 (divizată în Faza 1 – finanțată în Etapa a III-a și Faza 3 – care va fi finanțată în etapele ulterioare ale proiectului, din cauza fondurilor insuficiente în Etapa a III-a): Studiul teoretic al materialelor electromagnetice multifuncționale**

Rezultatele activităților de cercetare desfășurate în cadrul acestei faze s-au axat pe: (i) modelarea teoretică a comportamentului metasuprafețelor elastice conținând rezonatori identici columnari; (ii) analiza efectului reducerii cuplării dintre rezonatori sub linia de frontieră de reflexie scăzută, urmărind reglarea dependenței rezonatorilor din subunități asupra aranjamentului spațial reconfigurabil și caracteristicile acestora; (iii) simularea interacțiunii undelor cu structurile MENR (Metasurface Neuniform Reconfigurable) pentru a demonstra multifuncționarea tunabilă incluzând refracția anomală, focalizarea și altele; (iv) validarea implementării algoritmului de comprimare adaptivă în contextul software-ului auto-adaptabil pentru domenii deschise. Precizia obținută este direct legată de parametrul de control al erorilor din algoritm, care poate fi reglat și adaptat structurilor proiectate. În Fig. 14 sunt prezentate câmpurile de undă pentru fasciculul de undă Gaussian incident flexural vertical și oblic, care trec printr-o metasuprafață neuniformă cu gradient de schimbare de fază 0,5 k.

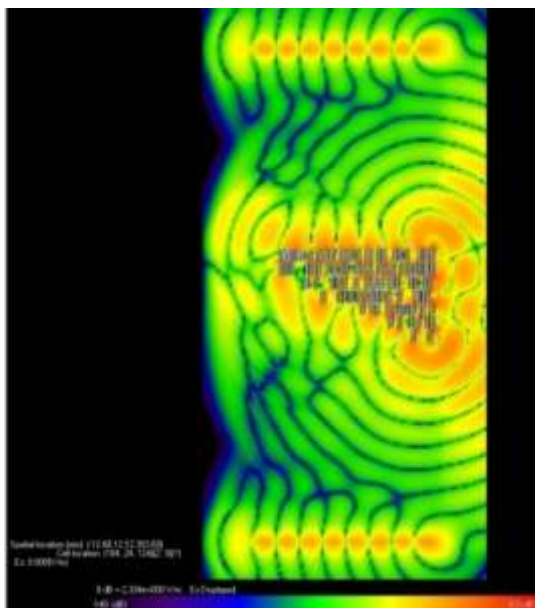


Fig. 14. Câmpurile de undă pentru fasciculul de undă Gaussian incident flexural vertical și oblic, care trec printr-o metasuprafață neuniformă cu gradient de schimbare de fază 0,5 k.

2.2. Proiecte contractate:

Cod obiectiv	Nr. proiecte contractate	Nr. proiecte finalizate	Anul 2019
1. PN 19 28 01 01	1	-	1
2. PN 19 28 01 02	1	-	1
Total:	2	-	2

2.3 Situația centralizată a cheltuielilor privind programul-nucleu:

-- în lei

	Anul 2019
I. Cheltuieli directe	2.082.816
1. Cheltuieli de personal	1.888.253
2. Cheltuieli materiale și servicii	194.563
II. Cheltuieli Indirecte: Regia	2.540.360
III. Achiziții / Dotări independente din care:	39.135
1. Pentru construcție/modernizare infrastructură	-
TOTAL (I+II+III)	4.662.329

3. Analiza stadiului de atingere a obiectivelor programului

Obiectivele propuse spre realizare în anul 2019 s-au axat pe:

- 1) **realizarea de noi materiale magnetice inteligente** cu forme, structuri și proprietăți adecvate unor aplicații high-tech de interes curent pentru securitate și siguranță (ecranarea electromagnetică), industria IT (noi procese de manipulare a magnetizării), energie verde și industria auto (magneți permanenți cu produs energetic mare);
- 2) **studiul proceselor și fenomenelor magnetice noi sau cu caracteristici noi** identificate în noile materiale, cu scopul dezvoltării de noi aplicații în domeniile de interes;
- 3) elaborarea de **noi tehnici și metode de caracterizare** din punct de vedere structural și magnetic, dar și al altor proprietăți fizice ale tipurilor noi de materiale elaborate.

Dezvoltarea obiectivelor propuse în cadrul celor 9 faze de execuție derulate în anul 2019 s-a concretizat în următoarele rezultate:

- 1) noi materiale magnetice dure de tip Nd-Fe-B sub formă de pulberi cu dimensiuni de ~ 250 nm pentru magneți permanenți performanți;

- (2) o metodă nouă pentru simularea numerică a proceselor de magnetizare în nanofire amorfе cu lungimi foarte mari (10^{-2} -10 m) supuse acțiunii câmpului magnetic aplicat sub diferite unghiuri față de axa firului;
- (3) un model numeric nou pentru descrierea proceselor de inversare a magnetizării în nanofire amorfе cu simetrie cilindrică;
- (4) microfire nanocristaline de tip FINEMET, cu diametre în domeniul 100 și 50 μm , obținute prin trefilarea microfiredor convenționale, destinate aplicațiilor în ecranarea electromagnetice;
- (5) o metodă nouă de investigație a dinamicii pereților de domenii în microfire magnetice amorfе și nanocristaline;
- (6) un studiu experimental în vederea evidențierii posibilității de comutare a magnetizării eșantioanelor bistabile (fire amorfе și nanocristaline);
- (7) un studiu experimental privind analiza factorilor care influențează comutarea magnetică la aplicarea unui curent electric direct prin firul magnetic;
- (8) un echipament complex (proiectare și realizare) care permite, simultan, determinarea ciclului de histerezis și măsurarea vitezei de propagare a pereților de domenii la inversarea magnetizării prin aplicarea unui câmp magnetic sau datorită trecerii unui curent electric prin fir;
- (9) un studiu experimental complex privind influența procesului de trefilare asupra caracteristicilor dimensionale, structurale și magnetice ale noilor materiale sub formă de fire nanocristaline obținute prin trefilarea unor microfire convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu diferite aditii;
- (10) materiale compozite pe bază de nanotuburi din carbon și nanopulberi de CoFeB, cu eficiență crescută de ecranare pentru radiația electromagnetice;
- (11) un studiu experimental axat pe evaluarea capacității de ecranare electromagnetice a materialelor compozite;
- (12) nanofire de tip „core-shell” cu miez magnetic Ni ($B_s = 0.6$ T), $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{55}$ ($B_s = 1,6$ T) și $\text{Co}_{35}\text{Fe}_{65}$ ($B_s = 2,4$ T) și înveliș de metal nobil (Au);
- (13) un model fizic pentru studiul proprietăților metamaterialelor mecanice utilizate în dezvoltarea de materiale electromagnetice multifuncționale și optimizarea topologiei în configurație multistrat;
- (14) un studiu privind modelarea teoretică conceptuală a comportamentului metasuprafețelor elastice conținând rezonatori identici columnari și simularea interacțiunii undelor cu structurile metasuprafețelor neuniforme reconfigurabile.

4. Prezentarea rezultatelor:

4.1. Stadiul de implementare al proiectelor componente

Denumirea proiectului	Tipul rezultatului (studiu proiect, prototip, tehnologie, etc., alte rezultate)	Stadiul realizării proiectului
Proiect PN 19 28 01 01: Noi materiale magnetice inteligente pentru dezvoltarea de aplicații high-tech.	<p>Metode: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Metodă experimentală nouă de investigație a dinamicii pereților de domenii în microfire magnetice amorfе și nanocristaline.</p> <p>Studii: 2 (ESTIMAT/REALIZAT) 1) Evidențierea posibilității de comutare a magnetizării eșantioanelor bistabile sub formă de fir prin trecerea unui curent electric prin acesta. 2) Analiza complexă a factorilor care influențează comutarea magnetică la trecerea unui curent electric prin firul magnetic.</p> <p>Produce: 1 (REALIZAT) Echipament complex (proiectare și realizare) care</p>	Faza nr. 1 / 2019

	permite, simultan, determinarea ciclului de histerezis și măsurarea vitezei de propagare a pereților de domenii la inversarea magnetizării prin aplicarea unui câmp magnetic sau datorită trecerii unui curent electric prin fir.	
	Produse: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Materiale magnetice dure noi de tip Nd-Fe-B sub formă de pulberi, obținute prin măcinare în mediu umed – acid oleic, LN2, cu dimensiuni de ~ 250 nm, pentru magneți permanenți performanți.	Faza nr. 2 / 2019
	Produse: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Material compozit pe bază de nanotuburi din carbon și nanopulberi de CoFeB, cu eficiență crescută de ecranare pentru radiația electromagnetică de 58 dB și bandă largă de absorbție, de până la 8 GHz. Studii: 1 (REALIZAT) Evaluarea capacității de ecranare electromagnetică a materialelor compozite pe bază de nanotuburi de carbon lungi și nanopulberi magnetici moi.	Faza nr. 3 / 2019
	Metode: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Metodă nouă pentru simularea numerică prin metode micromagnetice a proceselor de magnetizare din nanofire feromagnetice cu simetrie cilindrică, sub acțiunea unui câmp magnetizant aplicat sub un unghi variabil.	Faza nr. 4 / 2019
	Produse informatice: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Model numeric nou pentru descrierea proceselor de inversare a magnetizării în nanofire amorfe cu simetrie cilindrică.	Faza nr. 12 / 2019
	Produse: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Nanofire de tip „core-shell” cu miez magnetic din Ni, Ni ₄₅ Fe ₅₅ sau Co ₃₅ Fe ₆₅ și înveliș de metal nobil (Au), pentru aplicații în imagistica medicală	Faza nr. 5 / 2019
	Produse: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Microfire nanocristaline de tip FINEMET, cu diametre în domeniul 100÷50 μm, obținute prin trefilarea microfiredelor convenționale, destinate aplicațiilor în ecranarea electromagnetică.	Faza nr. 6 / 2019
	Studii: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Studiu complex privind influența procesului de trefilare asupra caracteristicilor dimensionale, structurale și magnetice ale noilor materiale sub formă de fire nanocristaline obținute prin trefilarea unor microfire convenționale din aliaje pe bază de Fe-Si-B cu diferite aditii de Cu și Nb.	Faza nr. 13 / 2019
Proiect PN 19 28 01 02: Fenomene și procese fizice în materiale	Produse informatice: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Model fizic pentru studiul proprietăților metamaterialelor mecanice utilizate în dezvoltarea de	Faza nr. 1 / 2019

electromagnetice multifuncționale realizate prin suprapunerea de substraturi de metamateriale mecanice pentru construcția de senzori cu aplicații în monitorizarea structurilor complexe.	materiale electromagnetice multifuncționale și optimizarea topologiei în configurație multistrat. Studii: 1 (ESTIMAT/REALIZAT) Modelarea teoretică conceptuală a comportamentului metasuprafețelor elastice conținând rezonatori identici columnari și simularea interacțiunii undelor cu structurile metasuprafețelor neuniforme reconfigurabile.	
---	---	--

4.2. Documentații, studii, lucrări, planuri, scheme și altele asemenea:

Tip	Nr. / Realizat în anul 2019
Documentații	9 rapoarte de fază
Studii	5, din care 4 experimentale și 1 teroretic
Lucrări: <ul style="list-style-type: none"> articole publicate lucrări științifice comunicate 	12; alte 3 articole sunt în stadiul final de redactare și vor fi trimise spre publicare în reviste cotate ISI 14 lucrări comunicate, din care 3 lucrări invitate, la 9 manifestări științifice internaționale
Planuri	-
Scheme	-
Altele asemenea <ul style="list-style-type: none"> produse metode 	7, din care 2 produse informatice 2

Din care:

4.2.1. Lucrări științifice publicate în jurnale cu factor de impact relativ ne-nul (2019): 6 articole

Nr.	Titlul articolului	Numele Jurnalului, Volumul, pagina nr.	Nume Autori	Anul publicării	Scorul relativ de influență al articolului (AIS)	Numărul de citări ISI
1.	Field and current controlled domain wall propagation in twisted glass-coated magnetic nanowires	Nature - Scientific Reports, Volume: 9, Article Number: 5868, Published: APR 10	Corodeanu S.; Chiriac H.; Damian A.; Lupu N.; Óvári T.-A.	2019	1,286	1
2.	Soft ferromagnetic amorphous microwires for GMI sensing cores	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume: 474, Pages: 107-110, Published: MAR 15	Sarkar, P.; Lu, C.C.; Jeng, J.T.; Yuan, F.T.; Lai, M.H.; Chiriac, H.; Lupu, N.; Chang, C.R.	2019	0,433	1
3.	Nanowarming using Au-tipped Co ₃₅ Fe ₆₅	Nanoscale, Volume: 11, Issue: 31, Pages:	Shore D.; Ghemes A.;	2019	1,591	-

	ferromagnetic nanowires	14607-14615, Published: AUG 21	Dragos-Pinzaru O.; Gao Z.; Shao Q.; Sharma A.; Um J.; Tabakovic I.; Bischof JC.; Stadler B.J.H.			
4.	Fractal analysis and related forms of complexity of embryo development. is there a new tool for human embryo selection?	University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin-Series A- Applied Mathematics and Physics, Volume: 81, Issue: 3, Pages: 229-240	Buzea C.; Paun, M.A.; Agop M.; Paun V.A.; Doroftei B.	2019	0,094	-
5.	Flexible force sensors based on permeability change in ultra-soft amorphous wires	IEEE Sensors Journal, Volume: 19, Issue: 16, Pages: 6644-6649, Published: AUG 15	Hlenschi, C.; Corodeanu, S.; Lupu, N.; Chiriac, H.	2019	0,558	-
6.	Angular dependence of the magnetization process in low and highly magnetostrictive amorphous glass-coated nanowires prepared by rapid quenching and drawing	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume: 487, Article Number: UNSP 165299, Published: OCT 1	Rotarescu C.; Chiriac H.; Lupu N.; Óvári T.-A.	2019	0,433	-

4.2.2. Comunicări științifice la manifestări științifice (conferințe, seminarii, workshops, etc): 14

lucrări comunicate la 9 manifestări științifice

Nr. crt.	Titlul articolului <i>Manifestarea științifică</i>	Nume Autori	Anul comunicării
1.	Towards organ cryopreservation: nanowarming using magnetic nanowires (lucrare invitată) <i>Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials - MMM 2019, Las Vegas, Nevada, 4-8 noiembrie</i>	Stadler B.; Shore D.; Ghemes A.; Dragos O.; Zhe G.; Qi S.; Sharma A.; Um J.; Tabakovic I.	2019
2.	Nanoclusters formation and their influence on the superferromagnetic behavior of Fe-Cr-Nb-B magnetic particles (lucrare orală) <i>Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials - MMM 2019, Las Vegas, Nevada, 4-8 noiembrie</i>	Chiriac H.; Lostun M.; Grigoraș M.; Ababei G.; Stoian G.; Ovari T.A.; Lupu N.	2019

3.	Microstructure investigation of r.f. current annealed FINEMET cold drawn microwires by UHR-TEM (poster) <i>Conferința Societății de Microscopie Electronică din România - C.R.E.M.S. 2019 (A treia ediție), Brașov, România, 23-25 octombrie</i>	Ababei G.; Damian A.; Stoian G.; Dobreă V.; Corodeanu S.; Lupu N., Chiriac H.	2019
4.	Electrodeposition of magnetic nanowires for biomedical applications (lucrare invitată) <i>18th National Seminar on Nanoscience and Nanotechnology - SNN 2019, Iași, Romania, 24-25 octombrie</i>	Dragos-Pinzaru O.-G.; Ghemes A., Chiriac H.; Tabakovic I.; Lupu N.	2019
5.	Improvement of microwave sensing of woods using metamaterials structures <i>Proceedings of 10th International Workshop NDT in Progress 2019, Praga, Cehia, 7-9 octombrie, pag. 1-7</i>	Factorová D.; Savin A.; Steigmann R. ; Stanciu M.D.	2019
6.	Influence of rare earths on biodegradable magnesium alloys used in medical prostheses <i>Proceedings of 10th International Workshop NDT in Progress 2019, Praga, Cehia, 7-9 octombrie, pag. 55-60</i>	Savin A.; Steigmann R.; Dobrescu G.S.	2019
7.	Phase transitions in polycrystalline doped zirconia complex oxides induced in thermal treatment <i>Proceedings of 15th International Symposium on Nondestructive Characterization of Materials, Portoroz, Slovenia, 17-19 septembrie</i>	Savin A.; Craus M.L. ; Turchenko V.; Doroshkevych O.S.; Novy F.; Bruma A.; Konstantinova T.E.	2019
8.	Influence of Co on microstructure and magnetic properties of nearly-zero magnetostrictive Fe-based nanocrystalline alloys (lucrare orală) <i>24th Soft Magnetic Materials Conference – SMM24, Poznan, Polonia, 4-7 septembrie</i>	Lostun M.; Damian A.; Ababei G.; Stoian G.; Grigoraș M.; Óvári T.A.; Chiriac H., Lupu N.	2019
9.	Low T_c Fe-Cr-Nb-B glassy alloys with variable Cr content for high sensitivity temperature sensors (poster) <i>Joint European Magnetic Symposia - JEMS 2019, Uppsala, Suedia, 26-30 august</i>	Hlenschi C.; Ababei G.; Grigoraș M.; Chiriac H.; Lupu N.	2019
10.	Characterization and magnetic properties of Nd-Fe-B nanoparticles prepared by cryo-milling <i>Joint European Magnetic Symposia - JEMS 2019, Uppsala, Suedia, 26-30</i>	Grigoraș M.; Lostun M., Roman T., Stoian G., Ababei G., Chiriac H., Lupu N.	2019

	<i>august</i>		
11.	Angular dependence of the magnetization process in amorphous glass-coated nanowires (poster) <i>Joint European Magnetic Symposia - JEMS 2019, Uppsala, Suedia, 26-30 august</i>	Rotărescu C., Chiriac H., Lupu N., Óvári T.A.	2019
12.	Influence of annealing on structure and magnetic properties in cold-drawn nanocrystalline microwires (poster) <i>Joint European Magnetic Symposia - JEMS 2019, Uppsala, Suedia, 26-30 august</i>	Ababei G., Damian A., Stoian G., Dobrea V., Corodeanu S., Lupu N., Chiriac H.	2019
13.	Peculiar microstructural and magnetic characteristics of ultrathin Fe-based nanocrystalline magnetic wires (lucrare invitată) <i>26th International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials (ISMANAM-2019), Chennai, India, 8-12 iulie</i>	Lupu N.; Corodeanu S.; Ababei G.; Stoian G.; Óvári T.-A.; Chiriac H.	2019
14.	Current driven magnetic switching and domain wall velocity in twisted glass-coated microwires for sensor applications (poster) <i>17th Czech and Slovak Conference on Magnetism - CSMAG'2019, Košice, Slovacia, 3-7 iunie</i>	Corodeanu S., Chiriac H., Lupu N., Óvári T.-A.	2019

4.2.3. Lucrări publicate în alte publicații relevante: 6 articole

Nr.	Titlul articolului	Numele Jurnalului, Volumul, Pagina nr.	Nume Autor	Anul publicării
1.	Ultrasound methods for determining the influence of yttrium in Mg-0,5Ca-xY	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 572, no. 1, p. 012017, IOP Publishing	Savin A.; Iftimie N.; Steigmann R.; Dobrescu G.S.; Istrate B.; Munteanu C.	2019
2.	Nondestructive testing sensor using semiregular architecture with folding ligaments	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 591, no. 1, p. 012051, IOP Publishing	Iftimie N.; Savin A.; Steigmann R.; Stanciu M.D.	2019
3.	Radar pulses to image the subsurface using Ground Penetrating Radar (GPR)	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 564, p. 012130, IOP Publishing	Iftimie N.; Savin A.; Danila N.A.; Dobrescu G.S.	2019
4.	Numerical and	IOP Conference Series:	Factorová D.; Savin A.;	2019

	experimental investigation of metamaterial structures used in non-destructive dielectric material testing	Materials Science and Engineering, vol. 564, p. 012036, IOP Publishing	Steigmann R. ; Stanciu M.D.; Špániková G.	
5.	Special sensors used in Microwave Nondestructive Testing	Examinări nedistructive, 1, 11, p. 11-14, Ed. Printech	Factorová D.; Savin A. ; Fabo P.; Iftimie N. ; Steigmann R.	2019
6.	Noninvasive assessment of special alloys used in medical prostheses	Examinări nedistructive, 1, 11, p. 7-10, Ed. Printech	Savin A. ; Vizureanu P.; Prevorovsky Z.; Steigmann R. ; Chlada M.	2019

4.2.4. Studii, Rapoarte, Documente de fundamentare sau monitorizare care:

a) au stat la baza unor politici sau decizii publice:

Tip document	Nr. total	Publicat în:
Hotărâre de Guvern		
Lege		
Ordin ministru		
Decizie președinte		
Standard		
Altele (<i>politici de cercetare</i>)	2	

b) au contribuit la promovarea științei și tehnologiei - evenimente de mediatizare a științei și tehnologiei:

Tip eveniment	Nr. apariții	Nume eveniment:
web-site		
Emisiuni TV		
Emisiuni radio		
Presă scrisă/electronică		
Cărți		
Reviste		
Bloguri		
Altele (<i>Târguri și expoziții</i>)	2	<p>The IIIrd International Fair of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV) Suceava, ROMANIA, 18-20 iunie 2019:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Silver medal of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV) • Diploma of excellence and bronze medal from Technical University Cluj Napoca • Diploma de Excelență a Universității Tehnice a Moldovei • Gold medal of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV) • Silver medal of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV) • Bronze medal of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV). <p>Salonul Internațional al Inovării și Cercetării Științifice Studentești - "Cadet INOVA'19" -Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu", Sibiu, 11-13 aprilie 2019:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medalie de AUR a Salonului " Cadet INOVA'19" • Premiul Societăților Comerciale "Cadet INOVA'19"

- Marele Premiu al Juriului - CUPA "Cadet INOVA'19".

4.3. Tehnologii, procedee, produse informatice, rețele, formule, metode și altele asemenea:

Tip	Anul 2019
Tehnologii	-
Procedee	-
Produse informatice	2, din care: 1 model numeric și 1 model fizic
Rețele	-
Formule	-
Metode	2, din care: una experimentală și una teroretică
Altele asemenea	

Din care:

4.3.1 Propuneri de brevete de invenție, certificate de înregistrare a desenelor și modelelor industriale și altele asemenea:

- 2 cereri de brevete de invenție naționale + deschiderea a 5 faze pentru brevete internaționale
- 3 brevete de invenție acordate, din care 1 internațional

	Nr. cereri brevete / brevete acordate	Anul înregistrării / acordării	Inventatorul(ii)	Titlul cererii de brevet / brevetului
OSIM	2	Cerere de brevet de invenție nr. a 2019 00631/08.10.2019	HEREA Dumitru-Daniel, LĂBUȘCA Luminița	Recipient termoizolat pentru incubarea culturilor celulare
		Cerere de brevet de invenție nr. a 2019 00373/21.06 2019	MURGULESCU Iulian Ioan, CHIRIAC Horia, LUPU Nicoleta	Procedeu și dispozitiv de atomizare pentru obținerea de materiale magnetice amorfe sub formă de pulberi micrometrice
	1	Brevet acordat conform Hotărârii nr. 6 / 158 emisă în data de 30.10.2019	CHIRIAC Horia, GRECU Mihaela, CORODEANU Sorin, ȚIBU Mihai, LUPU Nicoleta	Aparat pentru determinarea potențialelor electrice anormale de la nivelul miocardului ventricular
	1	Brevet acordat conform Hotărârii nr. 3 / 115 emisă în data de 30.09.2019	CHIRIAC Horia, LUPU Nicoleta	Material metalic magnetic cu temperatură Curie controlată și procedee pentru prepararea acestora
EPO	1	Cerere de brevet de invenție internațional PCT/RO2017/000010, cu 4 faze naționale deschise în S.U.A., Canada, Israel și la Oficiul European de Brevete (EPO)	CHIRIAC Horia, GRECU Mihaela, CORODEANU Sorin, ȚIBU Mihai, LUPU Nicoleta	Apparatus for determining abnormal electric potentials in ventricular myocardium
USPTO	1			
Canadian Intellectual Property Office (CIPO)	1			
Israel	1			

Patent Office (ILPO)				
USPTO	1	Brevet de invenție US 10,290,406 B2, emis la data de 14.05.2019	CHIRIAC Horia, LUPU Nicoleta	Metallic Magnetic Material with Controlled Curie Temperature and Processes for Preparing the Same
EPO	1	Cerere de brevet de invenție EP3090434A2 (PCT/RO2014/000032)		

4.4. Structura de personal:

Personal CD (Nr.)	Anul 2019
Total personal	80
Total personal CD	61
cu studii superioare	54
cu doctorat	33
doctoranzi	7

4.4.1 Lista personalului de cercetare care a participat la derularea Programului-nucleu:

Nr.	Nume și prenume	Grad	Funcția	Echivalent normă întreagă	Anul angajării	Nr. Ore lucrate/An*
1	Ababei Gabriel	CS III - Dr	Responsabil fază	5,62	2004	1.128
2	Balan Ana Maria	CS III - Dr	Participant	1,02	2016	204
3	Bărbieru Constantin	Tehnician	Participant	7,49	1979	1.504
4	Borza Firuța	CS I - Dr.	Participant	3,43	1986	688
5	Buzea Călin	CS I - Dr.	Participant	8,33	1991	1.672
6	Câșlaru Laurențiu	Tehnician	Participant	5,74	1988	1.152
7	Chiriac Horia	CS I - Dr.	Director program	3,51	1967	704
8	Chirica Giorgiana	Achizitiile publice	Participant	4,58	2018	920
9	Cojocaru Cristina	Economist	Participant	3,47	2006	696
10	Corodeanu Cristina	Fizician	Participant	0,18	2003	36
11	Corodeanu Sorin	CS III - Dr	Responsabil fază	2,83	2003	568
12	Darie Iulian	CS III - Dr	Participant	3,45	2003	692
13	Dănilă Narcis	Inginer	Participant	4,06	2014	816
14	Dobrea Viorel	CS III - Dr	Participant	7,45	1986	1.496
15	Dobrescu Gabriel	Inginer	Participant	4,02	2010	808
16	Dragoș Oana	CS III - Dr	Responsabil fază	4,42	2007	888
17	Duță Sergiu	Tehnician	Participant	7,17	1986	1.440
18	Găburici Maria	CS III - Dr	Participant	3,51	2009	704
19	Ghemeș Adrian	CS III - Dr	Responsabil fază	5,78	2014	1.160
20	Ghemeș Crina	CS III - Dr	Participant	5,26	2014	1.056
21	Gherghel Mihai	Inginer	Participant	3,36	1982	674

22	Grigoraș Marian	CS III - Dr	Responsabil fază	3,86	2002	776
23	Grigoraș (Lostun) Mihaela	CS - Dr.	Participant	5,78	2005	1.160
24	Herea Daniel	CS III - Dr	Participant	3,53	2001	708
25	Hlenschi Costică	ACS	Participant	1,20	2010	240
26	Iftimie Nicoleta	CS - Dr.	Participant	7,33	2001	1.472
27	Lăbușcă Luminița	CS III - Dr	Participant	3,49	2015	700
28	Loiso Adrian	Inginer	Participant	3,51	1984	704
29	Lupu Nicoleta	CS I - Dr.	Director proiect	0,20	1997	41
30	Minuti Anca	ACS - Stagiatar	Participant	6,53	2018	1.312
31	Mocanu Alexandru	Inginer	Participant	7,37	2005	1.480
32	Mocanu Manuela	Inginer	Participant	6,77	1999	1.360
33	Mohorianu Sergiu	CS III - Dr	Participant	7,13	1985	1.432
34	Murgulescu Iulian	CS - Dr.	Participant	0,84	2012	168
35	Nuțu Carmen	Subinginer	Participant	1,12	1986	224
36	Óvári Tibor-Adrian	CS I - Dr.	Participant	3,86	1993	776
37	Pascalu Mircea	Tehnician	Participant	7,29	2001	1.464
38	Porcescu Marieta	Inginer	Participant	6,29	1985	1.264
39	Răcilă Luiza	ACS	Participant	4,18	2012	840
40	Roșu Tudor	Economist	Participant	7,91	2002	1.588
41	Rotărescu Cristian	ACS	Responsabil fază	4,06	2012	816
42	Savin Adriana	CS II - Dr.	Director proiect	3,32	1985	666
43	Stavilă Cristina	ACS - Stagiatar	Participant	7,61	2018	1.528
44	Steigmann Rozina	CS	Participant	7,49	2000	1.504
45	Stoian George	CS III - Dr	Participant	6,33	2006	1.272
46	Stoica Remus	Tehnician	Participant	5,70	1985	1.144
47	Surdu Georgiana	Achizitii publice	Participant	0,40	2007	80
48	Tânjală Constantin	Tehnician	Participant	3,82	2000	768
49	Țibu Mihai	CS III - Dr	Participant	4,56	2001	916
50	Țugui Cătălin	Inginer	Participant	5,62	2015	1.128
51	Ureche Oana	Tehnician	Participant	1,39	2006	280
52	Urse Maria	CS II - Dr.	Participant	2,99	1976	600
53	Zara Camelia	ACS	Participant	7,21	2012	1.448

**Se vor specifica numărul de ore lucrate în fiecare dintre anii de derulare ai Programului Nucleu, prin inserarea de coloane*

4.5. Infrastructuri de cercetare rezultate din derularea programului-nucleu. Obiecte fizice și produse realizate în cadrul derulării programului; colecții și baze de date conținând înregistrări analogice sau digitale, izvoare istorice, eșantioane, specimene, fotografii, observații, roci, fosile și altele asemenea, împreună cu informațiile necesare arhivării, regăsirii și precizării contextului în care au fost obținute:

Nr. Crt.	Nume infrastructură / obiect / bază de date	Data achiziției	Valoarea achiziției (lei)	Sursa finanțării	Valoarea finanțării din bugetul Programului-Nucleu (lei)	Nr. ore-om de utilizare a infrastructurii pentru Programul-Nucleu
1.	Comparator digital cu protecție IP 54, 12,5 mm, cu accesorii	27.02.2019	3.836,17	PN 19 28 01 01	3.836,17	60%
2.	Laptop HP Elite Book 850, I 78550, 8 GB cu Windows 10, licența MS Office 2019	26.06.2019	8.044,40	PN 19 28 01 01 Contract 11 PFE/2018	2.259,96	70%
3.	Sursa BK 9174 B (DC power supply), 2CH, 70V, 1,5 A	31.07.2019	7.404,78	PN 19 28 01 01	7.404,78	80%
4.	Sursa BK 9174 B (DC power supply), 2CH, 70V, 1,5 A	31.07.2019	7.404,78	PN 19 28 01 01 Surse extrabugetare	6.875,22	80%
5.	Licență Antivirus Bitdefender Total Security 2019	13.08.2019	159,98	PN 19 28 01 01	159,98	90%
6.	Desktop PC-CPU I9-9900K S1151, SSD Adata 2,5 SAT 3960 GB	02.09.2019	4.926,91	PN 19 28 01 02	4.926,91	100%
7.	Licența Windows 10 PRO, retail 32/64 bit, All Languages	02.09.2019	26,18	PN 19 28 01 02	26,18	100%
8.	Laptop Dell Vostro 5568, I5-7200U, 940 MX, W10P, cu licență Office 2019 Home and Business En.	04.10.2019	5.000,00	PN 19 28 01 01	5.000,00	80%
9.	Laptop Dell Vostro 5568, I5-7200U, 940 MX, W10P, cu licență Office 2019 Home and Business En.	04.10.2019	5.000,00	PN 19 28 01 01	5.000,00	80%
10.	Licențe Norton Antivirus	27.11.2019	3.646,16	PN 19 28 01 01	3.646,16	80%

5. Rezultatele Programului-nucleu au fundamentat alte lucrări de cercetare: 27, din care 3 proiecte finanțate și 21 propuneri de proiecte

	Nr.	Tip
Proiecte internaționale	8	<u>2 proiecte și un grant internațional de cercetare cu JINR Dubna, Rusi</u>
		<u>ERC Consolidator Grant 2019 - o propunere de proiect</u>
		<u>H2020-WIDESPREAD-2020-5 - o propunere de proiect</u>
		<u>M-ERA.NET Call 2019 – o propunere de proiect</u>
		<u>Prima Quebec (Canada) Call for Research and Innovation Projects in the Field of Advanced Materials – o propunere de proiect</u>
		<u>Granturi EEA-Norvegia 2019 - Proiecte Colaborative de Cercetare - o propunere de proiect</u>
Proiecte naționale	19	Proiecte de cercetare în programe PN III:
		<ul style="list-style-type: none"> • Program P1, Subprogram 1.1., Resurse umane - <u>o propunere de proiect de cercetare postdoctorală (PD) - Competiția 2019</u>
		<ul style="list-style-type: none"> • Program P1, Subprogram 1.1., Resurse umane - <u>3 propuneri de proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE) - Competiția 2019</u>
		<ul style="list-style-type: none"> • Program P2, Subprogram 2.2. Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare - <u>15 propuneri de proiecte experimental demonstrative (PED) - Competiția 2019</u>

6. Rezultate transferate în vederea aplicării: 2 tipuri de materiale livrate (pe bază de comenzi)

Tip rezultat	Instituția beneficiară (nume instituție)	Efecte socio-economice la utilizator
Fir magnetic amorf - cod 1173A (9 comenzi)	NDI Europe GmbH, Germania	Lărgirea gamei de produse ,high tech' realizate
Fir magnetic amorf - cod 791 (3 comenzi)	Isorad Ltd., Israel	

7. Alte rezultate:

Nu este cazul.

8. Aprecieri asupra derulării programului și propuneri:

Rezultatele estimate a fi obținute prin derularea în anul 2019 a activităților de cercetare planificate în cadrul celor **2** proiecte componente ale programului-Nucleu **MAGNA2022** au fost următoarele:

Lucrări științifice:

- **4** lucrări științifice trimise spre publicare
- **4** lucrări științifice comunicate la manifestări științifice.

Produse informatice noi:

- **un** model numeric
- **un** model fizic
- **o** metodă numerică.

Materiale / produse:

- **4** tipuri noi de materiale
 - o noi materiale sub formă de pulberi magnetic dure de tip Nd-Fe-B, de dimensiuni nanometrice, pentru magneți permanenți performanți;
 - o noi materiale sub formă de fire nanocristaline trefilate destinate aplicațiilor în ecranarea electromagnetică;

- o material compozit nou pe bază de nanotuburi din carbon și nanopulberi magnetice pe bază de Co-Fe cu eficiență crescută de ecranare a radiației electromagnetice; 4. noi materiale sub formă de nanofire „core-shell” cu miez magnetic și înveliș de metal nobil.

Alte rezultate:

- o metodă experimentală nouă
- un studiu experimental complex

Rezultatele obținute în anul 2019 în cadrul celor 2 proiecte componente ale programului-Nucleu **MAGNA2022** au fost următoarele:

Articole/lucrări științifice comunicate/brevete:

- 15 articole, din care 12 articole publicate (6 în reviste cotate ISI și 6 în alte publicații relevante) și 3 articole în diferite faze de redactare, care vor fi trimise spre publicare în reviste cotate ISI
- 14 lucrări științifice comunicate (din care 3 invitate) la 9 manifestări științifice
- 2 cereri de brevete de invenție naționale și deschiderea a 5 faze pentru obținerea de brevete internaționale (EPO, USPTO, CIPO, ILPO)
- 3 brevete de invenție acordate, din care 1 internațional (USPTO)

Documentații, studii, lucrări, planuri, și altele asemenea:

- 9 rapoarte de fază
- 5 studii, din care 4 experimentale și 1 teoretic

Tehnologii, procedee, produse informatice, rețele, formule, metode și altele asemenea:

- 2 produse informatice (1 model numeric nou, 1 model fizic)
- 2 metode noi, din care o metodă experimentală și o metodă numerică

Materiale/produse:

- 4 tipuri noi de materiale
 - o material magnetic dur Nd-Fe-B sub formă de nanopulberi obținute prin măcinare în trei medii diferite, pentru magneți permanenți
 - o microfire magnetice nanocristaline trefilate pe bază de Fe-Si-B și FINEMET
 - o material compozit pe bază de nanotuburi de carbon (în proporție de 0,5%, 1% și 1,5%) și pulberi magnetice pe bază de Co-Fe-B
 - o materiale noi sub formă de nanofire „core-shell” cu miez pe bază de Ni, Ni-Fe și Co-Fe, și înveliș de Au
- 1 echipament complex care permite, simultan, determinarea ciclului de histerezis și măsurarea vitezei de propagare a pereților de domenii magnetice

Participarea la evenimente de promovare a științei și tehnologiei:

- 2 saloane de invenții unde au fost obținute 2 medalii de Aur; 2 medalii de Argint, o medalie de Bronz, 2 diplome și 2 premii speciale

Rezultate transferate în vederea aplicării:

- 2 tipuri de materiale magnetice livrate, pe baza a 12 comenzi, la 2 agenți economici din străinătate

O parte din activitățile de cercetare dezvoltate în cadrul programului-Nucleu **MAGNA2022** constituie tematici științifice pentru **referate de masterat și doctorat** susținute de 6 tineri cercetători angajați la INCDFI-IFT Iași, din care 2 masteranzi și 4 doctoranzi.

Activitățile de cercetare-dezvoltate din cadrul proiectelor din programul-Nucleu **MAGNA2022** au condus la deschiderea de noi direcții de cercetare științifică și tehnologică, cu precădere în domenii precum: Energie, Mediu și Schimbări Climatice; Eco-Nano-Tehnologii și Materiale Avansate; Sănătate, care au constituit tematici pentru 27 propuneri noi de proiecte de cercetare aplicativă și industrială cu care institutul a participat la competițiile organizate în programe de cercetare naționale și internaționale. În

anul 2019, institutul a participat cu un număr de **19** propuneri de proiecte la competiții naționale organizate în cadrul Planului național PN III - Program P1/Subprogram P1.2 - Proiecte de cercetare postdoctorală (PD) (o propunere de proiect), Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE) (3 propuneri de proiect); Program P2/Subprogram 2.2.- Proiect experimental demonstrativ (PED) (15 propuneri de proiect) și cu **8** propuneri de proiecte internaționale, din care 3 au fost finanțate.

DIRECTOR GENERAL,

Dr. LUPU Nicoleta

DIRECTOR DE PROGRAM,

Prof. Dr. CHIRIAC Horia

DIRECTOR ECONOMIC,

Ec. HORHOTĂ Valentina