

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, 09-43* **anul 2010**

Durata programului: 3 ani (2009-2011)

Data începerii: 13.03.2009

Data finalizării: 2011

1. Scopul programului:

Scopul programului nucleu (MAGMATMAG) propus pentru perioada 2009-2011 constă în dezvoltarea în cadrul *Institutului de Fizică Tehnică Iași (INCDFT) – IFT Iași* a unor activități de cercetare fundamentală și aplicativă de vârf în domeniul magnetismului și materialelor magnetice. Programul propus va permite dezvoltarea de cercetări avansate în domeniul materialelor magnetice nanocompozite și nanodimensionate, cu caracteristici fizice superioare, în scopul utilizării ulterioare a acestor tipuri de materiale în diferite aplicații din domeniile: spintronică, microelectronică, aplicații (bio)medicale. Programul propus va permite evidențierea și dezvoltarea unor noi procese fizice de bază în materiale magnetice, în domeniul nanotehnologiilor, precum și a controlului nedistructiv, în realizarea de micro și nanodispozitive. Se vor desfășura cercetări vizând tehnici avansate pentru prepararea și caracterizarea de noi nanomateriale cu aplicații specifice domeniului “high tech”.

Cele 2 obiective propuse conțin 10 proiecte, care deschid noi direcții de cercetare de mare perspectivă în domeniul magnetismului și materialelor magnetice cu aplicații în realizarea de senzori și biosenzori magnetici, în medicină, biologie, microelectronică, tehnică de calcul, industria automotivă și industria 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 va deschide o nouă arie de activități multi și interdisciplinare cu importante colaborări în diferite domenii ale științei și tehnicii. Rezultatele obținute în derularea activităților de cercetare din cadrul acestui program vor permite identificarea și abordarea unor noi direcții de cercetare în vederea participării cu propuneri de proiecte noi în programul PN II, în programele europene aliniate la tematicile cuprinse în Programul Cadru 7 al Uniunii Europene, în alte programe internaționale.

2. Modul de derulare al programului:

Programul NUCLEU - Magnetism și Materiale Magnetice (MAGMATMAG - cod PN 09-43) cuprinde 2 obiective ale căror activități de cercetare s-au desfășurat în cadrul a **6 proiecte finanțate** în anul 2010 și anume:

- ♦ **Obiectiv 1: Fizica fenomenelor și proceselor magnetice** - 2 proiecte
- ♦ **Obiectiv 2: Fizica materialelor magnetice** - 4 proiecte.

În anul 2010, în cadrul celor 6 proiecte au fost dezvoltate activități de cercetare / faze de execuție, după cum urmează:

- proiectul PN 09 43 01 02 - 1 fază
- proiectul PN 09 43 01 04 - 4 faze
- proiectul PN 09 43 02 01 - 3 faze
- proiectul PN 09 43 02 02 - 2 faze
- proiectul PN 09 43 02 03 - 1 fază
- proiectul PN 09 43 02 04 - 4 faze.

În cadrul Programului NUCLEU (MAGMATMAG), în cursul anului 2010, au fost desfășurate activități de cercetare fundamentală și/sau aplicativă, în funcție de specificul fiecărui proiect și de amploarea obiectivelor propuse spre rezolvare. Proiectele, ale căror activități de cercetare s-au derulat în cursul anului 2010, au conținut faze de preparare de materiale avansate și de experimentare și caracterizare complexă a nanomaterialelor și nanostructurilor, cu rezultate teoretice și tehnologice/aplicative complexe pentru domenii precum medicina, biotehnologia, microelectronica, electrotehnica, precum și în domeniul energetic, prioritar la nivel național. Rezultatele științifice obținute în cadrul fazelor derulate în anul 2010 au fost comunicate la **14** manifestări științifice naționale și internaționale, publicate în **13** reviste de specialitate din țară și străinătate (**7** cotate ISI), brevetate (**1** cerere de brevet de invenție), publicate în **2** capitole de carte editată în străinătate, sau publicate în Proceedings ale unor manifestărilor științifice internaționale de prestigiu.

O parte dintre activitățile de cercetare dezvoltate în cadrul proiectelor din Program NUCLEU au constituit de asemenea teme de cercetare în *2 proiecte de colaborare internațională* și anume *2 proiecte internaționale de colaborare bilaterală cu Slovacia și Slovenia*.

La Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Fizică Tehnică (INCDFI) -IFT Iași, în anul 2010, și-au desfășurat activitatea de cercetare un număr de 2 tineri doctoranzi și 1 masterand – asistenți de cercetare, cuprinși în programul de perfecționare prin doctorate - în sistemul cu frecvență precum și în programul de perfecționare prin masterate. Tinerii cercetători au fost implicați în activități de cercetare axate pe tematici dezvoltate în Programul NUCLEU-MAGMATMAG - PN 09-43, iar rezultatele obținute au constituit subiectul referatelor de doctorat și de masterat.

În cadrul proiectelor derulate în Programul NUCLEU (MAGMATMAG PN 09-43), în anul 2010, au fost dezvoltate activități de cercetare avansate care vor constitui noi direcții de cercetare în domeniul nanomaterialelor magnetice și a nanostructurilor speciale precum și în domeniul efectelor/proceselor noi evidențiate în materiale magnetice și în domeniul magnetismului.

2.1. Descrierea activităților (utilizând și informațiile din rapoartele de fază, macheta VIII)

Activitățile de cercetare științifică derulate în anul 2010 sunt prezentate, pentru fiecare proiect din cadrul Programului Nucleu **MAGMATMAG - cod PN 09 - 43**. În Raportul anual sunt evidențiate rezultatele obținute și este prezentat stadiul de realizare a obiectivelor specifice.

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, desfășurate în anul 2010, s-au derulat pe parcursul a unei faze.

- **Faza 1/2010. Evidențierea nanostructurilor simple și complexe în sisteme de micro și nanopulberi acoperite și neacoperite, prin microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu EDS.**

În cadrul Fazei 1/2010 au fost dezvoltate activități de cercetare axate pe evidențierea de nanostructuri simple și complexe în sisteme de micro și nanopulberi neacoperite și acoperite, prin utilizarea tehnicii de microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu tehnica EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Pentru studiul calitativ și cantitativ al compoziției micro și nanomaterialelor s-a utilizat un microscop electronic cu baleiaj echipat cu un detector EDS. Pentru caracterizarea morfologică s-a utilizat microscopul electronic cu baleiaj de înaltă rezoluție Carl Zeiss CrossBeam NEON 40 EsB Fe-SEM, echipat cu coloană de ioni. A fost evidențiată forma sferică a micro și nanoparticulelor de Fe neacoperite și gradul de aglomerare al acestora. Particulele au fost obținute prin măcinarea mecanică a micropulberilor de Fe iar distribuția dimensională a fost cuprinsă în gama de dimensiuni: 500 nm - 10 μm; 30 nm - 100 nm. Cu ajutorul fasciculului focalizat de ioni (FIB) s-au realizat secțiuni ale micro și nanoparticulelor, utilizând energii diferite ale fasciculului de Ga cu scopul de a nu distruge stratul de oxid de la suprafață. În cazul unei microparticule de Fe, stratul de oxid de Fe a avut grosimea de aprox. 100 nm. Existența stratului de oxid la suprafața particulei de Fe a fost ulterior confirmată de studiile compoziționale EDS. Pentru a realiza secțiuni ale nanoparticulelor de Fe s-au utilizat fascicule de ioni de Ga cu energii mici. Și în acest caz s-a evidențiat un strat superficial de oxid de Fe, a cărui prezență a fost confirmată prin analiza EDS. Pentru realizarea analizelor de compoziție cât mai corecte au fost stabilite, prin experimentări succesive, valorile optime ale parametrilor de lucru specifici și anume: tensiunea de accelerare a fasciculului de electroni; mărirea aperturii care permite controlul semnalului preluat de detector; natura suportului pe care este fixată proba (ex. particulele de Fe). Din experimentele realizate s-a constatat că, utilizând tehnica de microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu tehnicile EDS și FIB au fost obținute informații deosebit de utile privind morfologia și compoziția (masică și atomică) atât a particulelor de Fe neacoperite, cât și a miezului și învelișului particulelor de Fe acoperite cu un strat de oxid de Fe.

Proiect PN 09 - 43 01 04 / Fenomene și procese fizice în meta materiale 1D și 2D cu aplicații în radiofrecvență; dezvoltarea de senzori și tehnici neinvazive bazate pe acestea.

Activitățile de cercetare din cadrul proiectului PN 09 - 43 01 04, desfășurate în anul 2010, s-au derulat pe parcursul 4 faze.

- **Faza 1/2010. Modelarea functionarii lentilelor magneto-inductive bazate pe straturi duble planare de metamateriale.**

În cadrul activităților desfășurate în Faza 1/2010 s-au efectuat studii și modelări ale structurilor 2D din metamateriale, evaluându-se distorsiunile lentilelor. S-a conceput un tip nou de metamaterial “conical swiss roll” (CSR) cu pierderi de radiofrecvență reduse substanțial. A fost modelată matematic funcționarea CSR pentru frecvența de 98 MHz, dezvoltare nouă în literatura de specialitate (datorită geometriei, acesta realizează o puternică concentrare de flux magnetic de radiofrecvență). Un CSR este alcătuit dintr-o folie de cupru cu grosimea de 18 μm și o folie de polimidă cu grosimea de 12.5 μm (două folii laminate simultan fără adeziv între straturi pentru tg δ mic). Permeabilitatea magnetică a unui astfel de aranjament, în funcție de frecvență, este dată de $\mu_{xx} = \mu_{yy} = 1$ și μ'_{zz} negativ în intervalul dintre frecvența de rezonanță și frecvența echivalentă, respectiv $\mu'_{zz} = 0$ la frecvențe mai mari decât frecvența de rezonanță. Pentru validarea modelului teoretic s-au realizat un număr mare de CSR, cu dimensiunile $r = 2$ mm, $R = 8$ mm și înălțimea de 27 mm, având f_0 centrată pe 98 MHz (testarea s-a făcut pentru modul de transmitere a câmpului magnetic). A fost caracterizată lentila obținută, insistând pe determinarea puterii de rezoluție datorată difracției, mărime esențială pentru orice tip de instrument optic și care limitează de fapt puterea de mărire a oricărui instrument. Puterea de rezoluție obținută a fost de 0,2 mm în condițiile în care lungimea de undă a radiației incidente este cuprinsă între 2,8 și 3,75 m. În baza datelor de proiectare obținute prin simulare a fost realizat un model de lentilă electromagnetică cu metamateriale, bazată pe CSR (brevetată în cadrul proiectului). Un ansamblu de 2 CSR formează o lentilă deoarece ele respectă, în accepțiunea opticii geometrice, mersul razelor într-o lentilă cu metamateriale. Pentru o astfel de lentilă, s-au determinat proprietățile electromagnetice, prin extragerea permitivității dielectrice și a permeabilității magnetice din parametrii de rețea care pot fi determinați cu ajutorul unui Network Analyzer. Pentru măsură, s-a utilizat un Network/Spectrum/Impedance Analyzer 4395A – Agilent SUA. Echipamentul principal este cuplat cu modulul pentru determinarea parametrilor de rețea S tip 87511A – Parameters S Test Kit – Agilent, SUA. Prin procedeul de inversie și extragere de parametri, a fost determinată impedența mediului Z. O problemă esențială a reprezentat-o legea de dispersie pentru lentilă, care permite evaluarea frecvenței pentru care lentila funcționează corect și eventual frecvențele la care lentila absoarbe energia electromagnetică. Urmând procedeul de sumare indicat pentru matrici de mari dimensiuni, s-a determinat capacitatea lentilei de a permite transmiterea și concentrarea undelor evanescente (unde electromagnetice care se atenuează extrem de rapid cu distanța). A fost determinată mărirea lentilei în funcție de frecvență. S-a obținut că undele evanescente cu o frecvență de 98 MHz sunt amplificate de cca. 95 de ori prin trecerea prin lentilă. În același timp și componenta imaginară a acestor unde este amplificată de circa 45 de ori. Prin acest procedeu, lentilele obținute prezintă fenomene de intensificare a undelor evanescente cu frecvențe de 98 MHz. Această fenomen permite să se afirme că imaginea unui obiect reflectator „iluminat” cu o radiație electromagnetică în jurul frecvenței de 98 MHz va fi o imagine extrem de bogată în informații și de aceea puterea de rezoluție a unei astfel de lentile va depăși clar puterea de rezoluție limitată de difracție a unei lentile convenționale care este, $d = 1.22\lambda/f$, unde λ este lungimea de undă a radiației incidente iar f este distanța focală a lentilei.

- **Faza 2/2010. Realizarea experimentală de straturi duble planare de metamateriale conținând "Swiss rolls" și "Split cells" cu proprietăți de lentile magneto-inductive.**

În cadrul activităților desfășurate în Faza 2/2010 au fost proiectate structuri planare de tipul splitter ring cell (SRC), (care datorită geometriei se adaptează cel mai bine realizării structurilor planare) și bara conductoare pentru a realiza un indice de refracție -1 în gama de frecvențe 170-180 MHz. S-au realizat structuri planare duble utilizabile ca lentile perfecte folosind tehnica litografierii cu fotorezist și iluminare în ultraviolet. Pentru excitarea structurilor planare de tipul SRC cu indice de refracție -1 s-au proiectat și realizat ghiduri de undă coplanare cu funcționare în banda 170-180 MHz. Realizarea fizică concretă a ghidului de undă coplanar s-a făcut după multiple simulări numerice utilizând metoda Finite Difference Time Domain (FDTD) prin intermediul software XFDTD Remcom. Pentru obținerea lentilelor planare cu metamateriale, trebuie ca indicele de refracție a stratului planar să fie $n = -1$. Acest lucru se obține atunci când, atât permeabilitatea magnetică efectivă, cât și permitivitatea dielectrică efectivă a metamaterialelor vor fi negative. O structură de tipul „splitter rings cell”, conform datelor din literatură, poate prezenta o permeabilitate magnetică relativă negativă, dar permitivitatea dielectrică este pozitivă. Pentru a obține și permitivitate dielectrică negativă, structuri de tipul SRC i s-a adăugat, pe partea opusă structurii, un circuit planar de cupru cu lățimea egală cu a fantei „splitter rings” a cărei direcție este perpendiculară pe frontul de undă al unei electromagnetice incidente. Pentru un acord fin al celulei de metamateriale, s-a utilizat legarea în paralel a unei capacități de tip SMD, lipită direct pe structură, în condiții specifice materialului SRC. Pentru determinarea parametrilor electromagnetici au fost

măsurări parametrii S a structurilor realizate. S-a determinat dependența de frecvență a parametrilor S_{11} și S_{21} atât în amplitudine cât și în fază, pentru un strat planar cu 6 SRC. Efectuând o inversie de date, au fost determinați parametrii impedență efectivă a mediului, permeabilitatea magnetică efectivă, permitivitatea dielectrică efectivă și indicele de refracție a mediului planar conținând structuri cu metamateriale de tipul SRC. S-a determinat că, pentru frecvențe cuprinse între 172 și 176 MHz, indicele de refracție al structurii de metamaterial este -1, astfel încât lentila cu metamateriale este fezabilă. Pentru structuri planare multiple, realizarea fizică efectivă a lentilei cu metamateriale necesită un acord al fiecărui SRC din celulă, realizat prin 'fine tuning', utilizând condensatoare paralele de tip SMD. Tot spațiul din interiorul structurii se comportă ca un material având indice de refracție -1, în gama de frecvență 172 MHz-176 MHz. A fost realizat calculul distanței focale și a aberațiilor lentilor. După ce s-a stabilit metoda de calcul a aberațiilor optice, s-a analizat un caz important, cel al lentilelor duble planare. S-a luat în discuție proprietățile unice ale aberațiilor lentilelor subțiri compuse din materiale cu indice de refracție negativ. Au fost definiți pașii pentru calculul aberațiilor unui sistem optic, definirea elementelor sistemului optic, definirea aperturii de oprire și găsirea pupilei de ieșire, calcularea poziției punctelor focale dorite, găsirea razei principale și de referință, calcularea diferenței de lungime a OD, dezvoltarea acestei diferențe într-o serie (coeficienții din această serie furnizează un rezultat cantitativ a calității focalizării generate de sistemul optic). Termenii de cel mai mic ordin, în serie, sunt binecunoscutele *aberații Seidel* și anume *aberația sferică*, *coma*, *astigmatismul*, *curbura câmpului* și *distorsiunea*.

- **Faza 3/2010. Studiul teoretic al metamaterialelor 2D cu structură hexagonală și a fenomenelor de rezonanță.**

În cadrul activităților desfășurate în Faza 3/2010, metamaterialele 2D cu structura hexagonală au fost studiate datorită posibilităților lor de utilizare. Au fost puse în evidență unde de tip magneto-inductiv, dezvoltându-se ecuația de dispersie cu ajutorul rețelelor directe și reciproce utilizate frecvent în fizica stării condensate. Pentru aplicarea metodei în evaluarea neinvazivă de materiale, utilizând celula de metamateriale de tip splitter ring cell (SRC) (care se adaptează cel mai bine structurilor planare) sunt necesare frecvențe mai mici. O cale de a reduce frecvența de rezonanță este folosirea componentelor discrete pentru a crește capacitatea C a structurii, acest lucru ducând la structuri de tipul "bucle" din conductori electrici. Simulările numerice s-au efectuat utilizând un program de simulare a funcționării realizat în mediul de programare Matlab 2010a. În aceste simulări, a fost trimis un impuls scurt și s-a calculat apoi evoluția sa în timp. Utilizând transformata Fourier a semnalului s-a obținut răspunsul în frecvență a sistemului. Prisma realizată din metamateriale a fost modelată ca "plăci" de material uniform cu dimensiunile experimentale date, având o anizotropie și o permeabilitate funcție de frecvență; permeabilitățile transversale au fost luate egale iar permeabilitățile axiale s-au obținut cu ecuația Lorentz pentru dispersie. S-au folosit valorile experimentale pentru frecvența de rezonanță $f_0 = 91$ MHz și $\gamma = 0,35$. S-a luat $\mu_\infty = 1$ și s-a reglat valoarea μ_s (static) pentru a obține dispersia corectă în fiecare caz. Sursa de câmp s-a modelat ca o buclă din conductor electric (bobină circulară cu 2 spire) cu diametrul de 20 mm și diametrul conductorului de bobinaj de 1,2 mm, plasată în spatele fiecărei plăci din material. Sursa de curent este în buclă. Câmpul magnetic resultant a fost "monitorizat" în fața "plăcii" așa cum s-a făcut în măsurătorile experimentale, când s-a utilizat ca recepție o bobină având două spire cu diametrul mediu de 3,2 mm, diametrul sârmei de bobinaj fiind de 1,2 mm. La frecvența de rezonanță f_0 , μ devine mare și materialul acționează ca placa coerentă pentru fluxul magnetic, transferând un model de impuls de câmp dintr-o parte în alta a prisme. Pentru a testa performanțele bidimensionale ale materialului s-a construit o antenă dintr-o pereche de conductori anti-paraleli, modelați sub forma literei M. Această antenă generează un flux magnetic, furnizând un "model" de câmp pentru detecție. S-a plasat antena orizontal și pe ea s-a așezat materialul. Câmpul transmis a fost măsurat prin scanare cu o sondă de dimensiuni mici la suprafața materialului. S-au obținut imagini la o frecvență de 91 MHz. Au fost puse în evidență zone de tip Brillouin, cea mai vizibilă fiind zona I, care, are de asemenea o formă hexagonală. Au fost puse în evidență rezonanțe spațiale pentru frontiere hexagonale și s-au stabilit condițiile în care structurile 2D de metamateriale pot servi ca mediu de transfer a imaginilor în câmp apropiat. S-au efectuat experimentări de transmitere de imagini de câmp apropiat utilizând în acest scop o antenă bifilară de forma literei M, obținându-se un transfer foarte bun pe distanța de 60 mm, cât a fost lungimea Swiss rolls aranjate în secțiune hexagonală.

- **Faza 4/2010. Realizarea de metamateriale 2D cu structura hexagonală și obținerea imaginilor în câmp apropiat utilizând aceste structuri.**

În cadrul activităților desfășurate în Faza 4/2010 s-au studiat metamaterialele și structurile de metamateriale 2D care pot transmite undele evanescente, caracteristice regiunii 'near field', foarte aproape de sursă. Utilizarea informațiilor furnizate de undele evanescente permite o mult mai bună reconstrucție a imaginii obiectului împrăștiat sau a sursei de câmp, decât imaginile clasice obținute în câmp îndepărtat. Aranjamentele 2D de Swiss roll-uri a căror secțiune în plan este un hexagon, poate fi proiectată și realizată permițând transmiterea fluxului magnetic, inclusiv a componentelor evanescente ale câmpurilor. Pentru realizarea structurilor, elementele de metamateriale au fost selectate cu multă grijă, astfel încât frecvența de operare a fiecărui element individual să nu difere cu mai mult de 1,5% din frecvența medie de operare. Pentru realizarea structurilor 2D

hexagonale s-a conceput un aranjament conținând 19 Swiss roll (SR) cilindrice, în baza relațiilor de proiectare și a codurilor de simulare efectuate. Au fost stabiliți parametrii, diametru interior a SR, lungimea SR, număr de spire. Plecând de la ideea că frecvența optimă de lucru trebuie să fie în jurul valorii de 90 MHz, s-au realizat calculele de proiectare pentru diametrul interior a SR la această frecvență de lucru (8mm) și numărul de spire (5 spire). Cu toate că lungimea SR nu este un element definitoriu, s-a preferat să se fixeze o lungime de 60 mm. Pentru realizarea SR a fost folosit materialul LONGLITE™ 200. Din simulările efectuate, pornind de la reprezentarea ecuației de dispersie pentru coeficienții de cuplat $K = 1$ și $K = 0,1$ s-a stabilit că pentru un coeficient de cuplaj relativ mic, ($K = 0,1$), ecuația de dispersie are o reprezentare extrem de simetrică, prima zonă Brillouin fiind delimitată clar. Aceasta are forma unui hexagon datorită simetriei rețelei reciproce. În realizarea construcției 2D de SR s-a preferat să se utilizeze pe exterior două spire dintr-o folie de Mylar cu grosimea de 20 μm care practic nu afectează factorul de pierdere al structurii. Pentru ca structura 2D să își păstreze forma hexagonală impusă, ansamblul de Swiss roll a fost fixat cu ajutorul a două fire de nylon. Problema reconstrucției imaginii unui corp folosind date de împrăștiere a câmpului electromagnetic în camp apropiat, pe corpul respectiv, a fost studiată în mai multe condiții legate atât de parametrii câmpului cât și de proprietățile corpului împrăștiator. S-a scanat cu un pas de 0,1mm o suprafață de $20 \times 20 \text{ mm}^2$ dintr-un circuit imprimat flexibil având perioada de 1 mm și grosimea trasei de 0,6 mm. S-a trasat modificarea amplitudinii și fazei tensiunii electromotoare furnizate de sistemul de măsură la scanarea unei linii deasupra circuitului imprimat. S-a observat că semnalele provenite de la trase cu egală grosime și cu distanța egală între trase, furnizează, datorită zgomotelor, semnale cu amplitudine și fază diferite. Acest lucru poate să fie compensat utilizând procedee specifice de tratare de semnal. Metamaterialele ca ghid de undă îmbunătățesc obținerea imaginii corpului împrăștiator, imaginile obținute în sistem optic nu pot depăși, natural, limita de difracție. Caracteristicile morfologice fine ale obiectului care sunt mai mici decât $\lambda/2$ nu vor fi observabile în imagini. Odată cu realizarea metamaterialelor, cu indice de refracție negativ, se crează posibilitatea “tunării” acestor materiale artificiale la proprietăți cu valori ce nu se pot obține în natură. Se pot realiza astfel metamateriale cu μ și ϵ negative. Un astfel de material sub forma convenabil aleasă, poate constitui o “lentilă perfectă”, în care undele evanescente, în loc să le scadă amplitudinea în material, aceasta crește. Lumina emisă sau împrăștiată de un obiect include nu numai undele ce se propagă dar și *undele evanescente* care transportă detaliile cu dimensiuni sub lungimea de undă. Amplitudinea undelor evanescente scade exponențial în orice mediu cu un indice de refracție pozitiv, aceasta ducând la o imagine mai slabă cantitativ. Dacă “o lentilă” realizată din material cu indicele de refracție negativ este plasată în calea obiectului atunci undele evanescente în câmp apropiat vor deveni mai tari după propagarea lor prin lentilă. După traversarea lentilei, amplitudinea undelor scade din nou, la valoarea anterioară, în planul imaginii. Pe de altă parte, undele nu-și modifică faza în planul imaginii. Recuperând cu o astfel de lentilă, atât amplitudinea cât și faza undelor ce se propagă și a undelor evanescente, se obține o imagine perfectă. O placă cu un indice de refracție negativ (NIM) lucrează ca o lentilă perfectă. Această comportare neobișnuită constă în faptul că materialele de tip NIM suportă unde de suprafață rezonante. Undele evanescente pot fi cuplate eficient în moduri de suprafață și se pot întări prin natura lor rezonantă, când vectorii lor de undă sunt “adaptați”. Problema principală, în realizarea experimentelor cu superlentile, sunt pierderile în metamateriale. Superlentilele plane ideale restabilesc distribuția câmpului sursei (în amplitudine și fază) în planul imaginii. O extindere naturală a fenomenului este folosirea a mai multor forme complexe de lentile care să îmbunătățească imaginea. *Rezultatele obținute au fost diseminate și prin brevetare “Traductor electromagnetic pentru evaluarea structurii și integrității materialelor compozite cu matrice polimerică ranforsată cu fibre de carbon”*, Autori R. Grimberg, A. Savin - cerere de brevet nr. A/01062/08.11.2010.

Proiect PN 09 -43 02 01/ Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneți permanenți nanocompoziți izotropi și anizotropi.

Activitățile complexe de cercetare din cadrul proiectului PN 09 43 02 01, derulate în cursul anului 2010, au fost dezvoltate în cadrul a 3 faze.

- **Faza 1/2010. Prepararea de eșantioane prin metoda SPS (Spark Plasma Sintering) și evaluarea caracteristicilor de magnet permanent în sisteme obținute prin combinarea pulberilor izotrope și anizotrope magnetic dure de tip 2:14:1 cu pulberi magnetic moi de Fe și/sau Fe-Co.**

În Faza 1/2010, au fost dezvoltate activități de cercetare axate pe prepararea de eșantioane prin metoda SPS (Spark Plasma Sintering) și evaluarea caracteristicilor de magnet permanent în sisteme obținute prin combinarea pulberilor izotrope și anizotrope magnetic dure de tip 2:14:1 cu pulberi magnetic moi de Fe și/sau Fe-Co. Realizarea de magneți permanenți nanocompoziți s-a făcut prin parcurgerea următoarelor etape succesive: 1) prepararea de benzi prin tehnica răcirii ultrarapide din topitură; tratarea termică a benzilor amorfe de Nd-Fe-B, benzile de Fe-Co fiind cristaline în urma procesului de preparare; măcinarea mecanică a benzilor nanocristaline de Nd-Fe-B și a benzilor cristaline de Fe sau Fe-Co; compactizarea pulberilor prin metoda „Spark Plasma Sintering” (SPS); caracterizarea magnetică și structurală a magneților nanocompoziți. Inițial au fost preparate benzi pe bază de Nd-Fe-B având compozițiile: $\text{Nd}_8\text{Fe}_{86}\text{B}_6$ (B1), $\text{Nd}_{10}\text{Fe}_{84}\text{B}_6$ (B2), $\text{Nd}_{12}\text{Fe}_{82}\text{B}_6$ (B3) și benzi pe bază de metale de tranziție având compoziția $\text{Fe}_{66,66}\text{Co}_{33,33}$ (B4). Din măsurătorile magnetice s-a constatat că, cu odată cu creșterea cantității de Nd, câmpul coercitiv (H_c) crește iar magnetizarea de saturație

(M_s) și magnetizarea remanentă (M_r) scad. Temperaturile optime de tratament sunt de 630°C, timp de 20 min, pentru benzile B1 și de 610°C, timp de 10 min, pentru benzile B3. După măcinarea mecanică a celor 2 tipuri de benzi nu s-a observat diferențe între caracteristicile magnetice ale benzilor B1 și B2 și respectiv ale pulberilor obținute prin măcinarea acestora. Au fost realizați magneți prin compactizarea amestecurilor de pulberi obținute din benzile B1 și B2 și pulberi obținute din benzile B4 (Fe-Co) (în proporții volumice de 4, 6, 8 și respectiv 10%). Ca urmare a combinării pulberilor magnetic dure de Nd-Fe-B cu pulberi magnetic moi de Fe-Co s-au obținut magneți nanocompoziții cu performanțe tehnice ridicate: $H_c = 10$ kOe; $M_r = 79$ emu/g; $(BH)_{max.} = 30$ MGOe și o scădere a temperaturii de tratament cu 40°C, ceea ce va conduce la lărgirea ariei de aplicabilitate a acestor tipuri de magneți.

- **Faza 2/2010. Studii ale efectului temperaturii suportului și compoziției asupra caracterului anizotrop al magneților permanenți nanocompoziți a-Fe/Nd₂Fe₁₄B și Fe₃B/Nd₂Fe₁₄B, sau cu adaosuri, sub formă de straturi subțiri.**

În cadrul Fazei 2/2010 s-a studiat influența temperaturii suportului, a compoziției și a naturii straturilor „buffer” și „capping” asupra caracterului anizotrop al magneților permanenți nanocompoziți α -Fe/Nd₂Fe₁₄B, cu sau fără adaosuri, sub forma de straturi subțiri. Au fost preparate straturi subțiri de Nd-Fe-B pe suporturi menținute în timpul depunerii la temperaturi mai mici decât temperatura optimă de cristalizare a fazei dure Nd₂Fe₁₄B. Pentru un bun control al nanocristalizării, straturile subțiri de Nd-Fe-B astfel preparate au fost tratate ulterior în vid la temperatura optimă de cristalizare a fazei dure Nd₂Fe₁₄B. Rezultate experimentale bune au fost obținute pentru straturile de Nd-Fe-B depuse pe suporturi menținute în timpul depunerii la temperatura de 550°C și ulterior tratate termic, în vid, la temperatura de 650°C. S-a studiat influența naturii straturilor „buffer” și „capping” asupra caracteristicilor magnetic dure ale straturilor subțiri de Nd-Fe-B. Caracteristici magnetice bune au fost obținute pentru straturile subțiri de Nd-Fe-B care au avut ca straturi „buffer” și „capping”, Mo sau Ta, cu grosimi între 20 și 40 nm. În comparație cu rezultatele obținute prin utilizarea Ta ca straturi „buffer” și „capping”, avantajul utilizării Mo constă în scăderea temperaturii optime de cristalizare a fazei dure Nd₂Fe₁₄B de la 650°C la 620°C, creșterea raportului M_r/M_s de la 0,80 la 0,84 și creșterea câmpului coercitiv. S-a studiat influența elementelor de adaos asupra proprietăților magnetice ale straturilor subțiri nanocompozite α -Fe/Nd-Fe-B. Comparativ cu straturile subțiri Nd-Fe-B, fără adaosuri, straturile subțiri α -Fe/Nd-Fe-B care conțin 2% concentrație atomică de Mo evidențiază o scădere a temperaturii optime de nanocristalizare de la 650°C la 620°C, o creștere importantă a câmpului coercitiv de la 15,2 la 19,8 kOe și o rectangularizare a curbelor de histerezis specifice.

- **Faza 3/2010. Studiul influenței parametrilor de compactizare (presiune, temperatură, timp de compactizare, introducerea de anizotropii direcționale) asupra caracteristicilor magnetice și microstructurale ale magneților nanocompoziți obținuți prin metoda SPS din pulberi izotrope și anizotrope magnetic dure de tip 2:14:1 și pulberi magnetic moi de Fe și/sau Fe-Co.**

În cadrul fazei 3/2010 au fost preparați magneți nanocompoziți prin compactizarea pulberilor magnetic dure de Nd-Fe-B având diferite compoziții și pulberilor magnetic moi de Fe₂Co utilizând metoda SPS, pentru care s-au stabilit valorile optime ale temperaturii, presiunii și timpului de compactizare, precum și rolul tratamentelor de inducere a anizotropiilor direcționale. Pentru obținerea magneților nanocompoziți s-au utilizat benzi precursorare nanocristaline din materiale magnetic dure cu următoarele compoziții: Nd₈Fe₈₆B₆, Nd₁₀Fe₈₄B₆, Nd₁₂Fe₈₂B₆, Nd₁₅Fe₇₉B₆, Nd₁₆Fe₇₈B₆ și benzi din material magnetic moale de tip Fe₂Co, precum și micropulberi de Fe. Etapizarea lucrărilor a fost următoarea: nanocristalizarea benzilor amorse de Nd₈Fe_{94-x}B₆ (x = 8, 10, 12 at. %) prin tratament termic, timpi diferiți (între 10 și 30 min.), la temperaturi mai mari decât temperatura specifică de cristalizare, benzile Nd_xFe_{94-x}B₆ (x = 15, 16 at. %) au structură nanocristalină direct din procesul de preparare; caracterizarea magnetică a benzilor; măcinarea mecanică succesivă a benzilor pe bază de Nd-Fe-B și a benzilor cristaline de Fe₂Co, timp de 4 min.; caracterizarea magnetică și dimensională a pulberilor; amestecarea pulberilor de Nd₈Fe_{94-x}B₆ (x = 8, 10, 12 at. %) cu pulberile de Fe₂Co (10% masic) și a pulberilor Nd_xFe_{94-x}B₆ (x = 15, 16 at. %) cu pulberi de Fe în rapoartele: 99:1; 96:4; 95:5; omogenizarea amestecurilor de pulberi, timp de 10 minute, în moara cu bile; compactizarea amestecului de pulberi prin metoda SPS într-o matriță de grafit situată în vid. Ca urmare a caracterizării magnetice și structurale a magneților nanocompoziți obținuți s-au observat următoarele: câmpul coercitiv scade ușor cu creșterea cantității de fază moale; proprietăți magnetic dure bune au fost obținute pentru concentrații de Nd mai mari de 12 at.%; câmpul coercitiv scade cu creșterea presiunii de compactizare în domeniul 30 – 80 MPa, la temperatura de 600°C, timp de 5 min. Au fost realizate experimente de inducere a unor anizotropii direcționale. Rezultate bune au fost obținute pentru compozitul Nd₁₆Fe₇₈B₆ + 1% Fe, pre-presat la rece (2 MPa) în câmp magnetic $H = 1,6$ kOe aplicat perpendicular pe direcția de presare, urmat de compactizarea SPS la 700°C, timp de 5 min., la o presiune de 80 MPa.

Proiect PN 09 43 02 02/ Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe.

Activitățile de cercetare din cadrul proiectului PN 09 43 02 02, derulate în cursul anului 2010, au fost dezvoltate în cadrul a 2 faze distincte.

- **Faza 1/2010. Obținerea de membrane nanoporoase cu configurații controlate de nanopori prin combinarea tehnicii de imprimare cu fascicul de electroni și anodizare.**

În cadrul fazei 1/2010 au fost efectuate experimente pentru obținerea de membrane nanoporoase de oxid de aluminiu cu configurații controlate de nanopori prin combinarea tehnicii de imprimare cu fascicul de electroni (EBL) și anodizare. Realizarea membranelor nanoporoase de alumina se face printr-o succesiune de etape și anume: șlefuirea mecanică a foliei de aluminiu cu particule de diamant (între 1 și 3 μm) și Syton (cu dimensiuni de 40 nm); șlefuire electrochimică în soluție de alcool etilic și acid percloric (4:1 proporții volumice) la o tensiune de 20 V și o temperatură de 0°C; șlefuire cu fascicul de ioni (FIB); nanoimprimarea centrelor de anodizare în simetrie pătrată, hexagonală și triunghiulară, cu diferite densități de pori (distanțe între pori de 200 nm și 300 nm); anodizarea care constă în oxidarea în mediu acid (acid oxalic 0,5M) sub o diferență de potențial (40V), la 5°C, timpuri diferite (1 oră, 3 și 5 ore). S-a constatat că, distanța dintre pori și diametrul porilor nu variază în funcție de timpul de anodizare. O distanță prea mare între centrele de anodizare (ex.300 nm) conduce la obținerea de membrane nanoporoase, care pe lângă rețele ordonate de pori, conțin și nanopori care se autogenerază în timpul anodizării. Utilizând succesiunea de operații prezentată mai sus s-au obținut membrane nanoporoase de alumina potrivite pentru experimentări de preparare de nanofire, cu distanța dintre pori de 200 nm și diametrul porilor de 100 nm.

- **Faza 2/2010. Obținerea de structuri complexe de tip suport - membrane nanoporoase obținute prin anodizare.**

În cadrul Fazei 2/2010 a proiectului PN 09-43 02 02 a fost studiată influența substratului și a condițiilor de anodizare asupra caracteristicilor dimensionale și a densității nanoporilor structurilor complexe de tip suport-membrane nanoporoase. Structurile tip suport - membrană nanoporoasă au fost realizate prin parcurgerea a patru etape succesive: *depunerea unui strat conductor (Au, Pt), cu grosimea de aproximativ 300 nm, pe un suport de Si sau sticlă; depunerea unui strat gros (de ordinul micrometrilor, între 1 și 2,5 micrometri) de Al; anodizarea realizată prin oxidare electrochimică controlată a stratului de Al cu diferiți electroliți; deschiderea porilor realizată prin tratare chimică cu acid fosforic (5%), 1 min, la 30°C.* Calitatea suprafeței straturilor depuse și anume, morfologia și rugozitatea au fost vizualizate/determinate cu ajutorul microscopiei electronice cu baleiaj (SEM) și respectiv, a microscopiei de forță atomică (AFM). Au fost obținute structuri tip suport (Si sau sticlă) - membrană nanoporoasă cu diametrul porilor între 19 nm și 25 nm (funcție de concentrația electrolitului folosit la anodizare) și cu distanța dintre pori de aproximativ 45 nm, indiferent de natura suportului folosit. Un inconvenient al utilizării suportului de sticlă constă în exfolierea ulterioară a membranei de pe suport când se utilizează această structură pentru depuneri de nanofire. Concentrația acidului utilizat pentru anodizare influențează diametrul porilor și anume, creșterea concentrației acidului conduce la o creștere a diametrului porilor. Natura acidului utilizat pentru anodizare influențează densitatea porilor și anume utilizarea acidului oxalic (0,3 M și 0,5 M) crește densitatea de pori (2×10^{17} pori/cm²) comparativ cu utilizarea acidului sulfuric 0,5 M, unde densitatea de pori este de 10^{17} pori/cm².

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 acestui proiect, derulate în cursul anului 2010, au fost dezvoltate în cadrul unei faze.

- **Faza 1/2010. Prepararea de fire metalice amorfe acoperite cu sticlă prin metoda răcirii rapide prin tragere în capilar de sticle noi de tip aluminosilicatic.**

În cadrul Fazei 1/2010 au fost dezvoltate activități de cercetare axate pe prepararea de fire metalice amorfe pe bază de FeSiB și CoFeSiB, acoperite cu sticlă. Au fost analizate diferite tipuri de sticle și în final au fost selectate 2 dintre acestea și anume: sticlă DURAN și sticle aluminosilicatic. Pentru cele două tipuri de sticle au fost realizate măsurători ale coeficienților de dilatare la temperaturi mari (până la 500°C) utilizând dilatometrul Linesis L 75 Vertical cu etalon de cuarț. Din analiza comparativă a caracteristicilor tehnice ale acestor tipuri de sticle, și anume, coeficientul de dilatare și vâscozitatea, au fost selectate pentru experimentele de realizare a firelor amorfe, sticlele tip aluminosilicatic 8252 și 8253 și sticlele DURAN. Materialele magnetice selectate pentru prepararea firelor amorfe acoperite cu sticlă au fost Fe_{77,5}Si_{13,5}B și Co_{68,15}Fe_{4,35}Si_{12,5}B, materiale des utilizate în prezent ca fiind compatibile din punct de vedere al parametrilor de preparare cu sticla Pyrex. Utilizând în locul sticlei Pyrex, sticle aluminosilicatic s-a constatat o creștere a temperaturii de lucru. În cazul firelor amorfe pe bază de FeSiB, cu magnetostricțiune pozitivă, prin valorile ușor diferite ale câmpului coercitiv, se indică existența unor tensiuni mai mari în cazul firelor acoperite cu sticle aluminosilicatic 8252 și 8253, comparativ cu cele induse în firele amorfe acoperite cu sticlă DURAN. S-a constatat de asemenea că firele amorfe cu magnetostricțiune aproape nulă din sistemul CoFeSiB sunt mult mai sensibile la acțiunea tensiunilor induse, ceea ce le face potrivite pentru realizarea de senzori magnetici. Utilizând ca strat de acoperire pentru firele amorfe, sticle aluminosilicatic care au coeficienții de elasticitate mai mari decât cei ai sticlei DURAN, s-a constatat o scădere a permeabilității magnetice relative a fire magnetice fapt ce demonstrează inducerea de tensiuni interne de valori mai mari.

Proiect PN 09 - 43 02 04/ Noi fluide magnetoreologice.

Activitățile de cercetare din cadrul acestui proiect, derulate în cursul anului 2010, au fost dezvoltate în cadrul a 4 faze distincte.

- **Faza 1/2010. Obținerea unei serii de fluide MR conținând particule magnetice cu diferite dimensiuni controlate și distribuție îngustă.**

În cadrul Fazei 1/2010, activitățile de cercetare s-au axat pe obținerea de fluide magnetoreologice (MR) pe bază de particule cu diferite dimensiuni medii și diferite distribuții dimensionale. Pentru realizarea de fluide MR s-a utilizat pulbere de Fe având particule sferice, disponibilă comercial. Pulberea a fost sitată cu ajutorul unui dispozitiv (Retsch) prevăzut cu un sistem de site de diferite dimensiuni. Au fost obținute astfel pulberi de Fe în următoarele game dimensionale: < 20 μm ; 20-32 μm ; 32 - 40 μm ; 40-50 μm ; 50-60 μm . Distribuția dimensională a fiecărui set de pulberi a fost evaluată cu ajutorul unui analizor de particule MICRO TRAC/ NANOTRAC S 3500. Caracterizarea magnetică a relevat faptul că, magnetizarea de saturație (M_s) și câmpul coercitiv (H_c) nu sunt influențate de diametrul particulelor magnetice și anume: M_s are valori cuprinse între 201,4 și 213,5 emu/g; H_c are valori cuprinse între 7,6 și 8,9 Oe. Cu aceste tipuri de pulberi au fost realizate fluide MR având o concentrație volumică de 10% pulbere, în ulei mineral utilizat ca fluid purtător și folosind stearat de aluminiu ca agent de dispersie. A fost studiată dependența efortului de curgere de valoarea câmpului magnetic aplicat între 0 și 260 kA/m. S-a constatat că, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea valorii câmpului magnetic. Pentru valori ale câmpului mai mari de 65 kA/m, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea dimensiunii particulelor. În același timp s-a constatat că, fluidele MR pe bază de particule având o distribuție dimensională îngustă au caracteristici magnetice superioare fluidelor MR realizate din pulberi cu o distribuție dimensională mai largă. Aspecte precum alunecarea particulelor de diferite dimensiuni unele peste altele, densitatea de împachetare a agregatelor care se formează la aplicarea unui câmp magnetic sau electric, mărirea interacțiunilor dintre particule și rezistența structurilor formate din lanțuri de particule care apar la aplicarea câmpului, influențează forma curbelor care prezintă dependența efortului de curgere de câmpul magnetic aplicat fluidelor MR.

- **Faza 2/2010. Caracterizarea magnetică și reometrică a noilor fluide MR.**

Au fost realizate noi fluide magnetoreologice (MR) pe bază de particule magnetice moi CoFeSiB și FeSiB obținute prin măcinarea mecanică a firelor amorfe preparate prin procedeul răcirii rapide din topitură. După măcinare pulberile au fost sitate în vederea sortării pe dimensiuni după cum urmează: 40-63 μm ; 63-80 μm ; 80 - 100 μm . Aceste pulberi au fost folosite pentru prepararea de fluide cu o concentrație volumică a particulelor de 10%. În același timp au fost preparate probe având particulele magnetice, cu o concentrație volumică de 10%, înglobate într-un mediu solid nemagnetic (polimer bifazic). A fost realizată caracterizarea magnetică a particulelor de CoFeSiB, a fluidelor realizate pe baza acestora și precum și a probelor ce conțin particule de CoFeSiB înglobate într-o matrice rigidă de polimer. Din analiza rezultatelor obținute s-a constatat că: magnetizația de saturație are valoarea cea mai mare pentru particule de CoFeSiB (între 78,5 emu/g și 74,4 emu/g), valori medii (între 34,5 emu/g și 32,5 emu/g) pentru fluidele magnetice și valori mici (între 27,5 emu/g și 23,4 emu/g) pentru pulberile de CoFeSiB înglobate în matrice rigidă de polimer, cu rezerva că, dacă prepararea probelor ar fi fost realizată cu aceleași concentrații masice, magnetizarea de saturație ar fi avut aproximativ aceeași valoare pentru toate tipurile de probe; magnetizația de saturație diferă puțin, pentru fiecare tip de probă, în funcție de dimensiunile particulelor de CoFeSiB utilizate; valorile câmpului coercitiv sunt aproximativ egale pentru cele 3 tipuri de probe, iar în cadrul aceluiași tip de probă, valoarea câmpului coercitiv este mai mare pentru proba cu dimensiuni mai mici ale particulelor. A fost studiată comportarea magnetică a particulelor de FeSiB și a fluidelor bazate pe aceste tipuri de particule, comparativ cu comportarea magnetică a fluidelor pe bază de particule de Fe. Din analiza rezultatelor s-a constatat că, fluidele MR pe bază de particule de FeSiB prezintă eforturi de curgere mai mici decât fluidele MR cu particule de Fe pentru câmpuri de până la 65 kA/m, în schimb fluidele MR cu particule de FeSiB sunt mai sensibile la câmpuri mici. S-a studiat influența oxidării asupra caracteristicilor magnetice ale particulelor magnetice. Măsurătorile magnetice au arătat că magnetizarea de saturație este mai mare la particule cu dimensiuni mai mari care expun la mediul oxidant o suprafață mai mică comparativ cu particulele mai mici. Pentru toate tipurile de particule, s-a constatat o scădere a vâscozității cu creșterea temperaturii între 20 și 50°C. S-a studiat de asemenea, dependența efortului de curgere de concentrația particulelor de Fe (6%, 10%, 20%, 30 %) și s-a constatat că, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea concentrației de particule.

- **Faza 3/2010. Prepararea de lichide de bază folosind diferite uleiuri (mineral, siliconic, etc.) și diferite cantități de stabilizant (stearat de aluminiu, SiO₂ hidrofof). Realizarea unor fluide MR cu aceste lichide de bază și particule magnetice de același fel în aceeași concentrație.**

În cadrul Fazei nr.3 /2010 au fost preparate lichide de bază pentru realizarea de fluide magnetoreologice (MR) folosind diferite tipuri de uleiuri (mineral, siliconic, etc) și diferite cantități de stabilizant (stearat de litiu, stearat de aluminiu, stearat de aluminiu cu adădire de pulbere ultrafină de silică - SiO₂). S-a studiat stabilitatea fluidelor realizate funcție de natura stabilizantului utilizat pentru prevenirea sedimentării particulelor (ex. particule de Fe

de 20 µm). Rezultate foarte bune din punct de vedere a sedimentării au fost obținute pentru fluidele MR pentru care s-a utilizat ca stabilizant, stearatul de aluminiu cu aditie de pulbere ultrafină de SiO₂. Stabilitatea fluidului cu particule de CoFeSiB în concentrație volumică de 10%, atât în câmp magnetic (7 kA/m și 32 kA/m) cât și în lipsa câmpului, a fost evaluată și prin măsurători reologice dinamice cum ar fi, baleiajul de amplitudine la o frecvență de 1 Hz. Menținerea proprietăților vâscoelastice în lipsa câmpului și în câmp magnetic, în limita intervalului vâscoelastic liniar, ne indică stabilitatea acestui tip de fluid magnetoreologic. Pentru fluidul MR care are în componentă particule de FeSiB în concentrație volumică de 10% s-a studiat influența temperaturii (20 și 50°C) asupra proprietăților magnetoreologice, precum și variația vâscozității. Din datele obținute s-a constatat că, la creșterea temperaturii de la 20°C până la 50°C, coeficientul de vâscozitate, atât în câmp magnetic cât și în lipsa câmpului magnetic, suferă o scădere a valorii aproape cu 50%.

• **Faza 4/2010. Măsurători magnetice și reometrice ale lichidelor de bază și ale fluidelor MR. Măsurarea stabilității fluidelor MR.**

Faza 4/2010 a avut ca obiectiv realizarea de măsurători magnetice și reologice, precum și măsurarea stabilității fluidelor MR realizate din pulberi (Fe, CoFeSiB) cu diferite diametre ale particulelor magnetice. Pentru realizarea fluidului magnetoreologic (MR) a fost utilizată pulbere de Fe cu particule sferice având diametre cuprinse în următoarele game: < 20 µm; 20-32 µm; 32-40 µm; 40-50 µm; 50-60 µm, obținute prin sitare. Caracterizarea magnetică a relevat faptul că, magnetizarea de saturație (M_s) și câmpul coercitiv (H_c) nu sunt influențate de diametrul particulelor magnetice și anume: M_s are valori cuprinse între 201 și 213 emu/g; H_c are valori cuprinse între 7,6 și 8,9 Oe. Din analiza dependenței efortului de curgere funcție de câmpul magnetic aplicat pentru fluide cu concentrație volumică de 10% pulbere (cu diferite diametre a particulelor) în total volum fluid (ulei mineral ca fluid purtător și stearat de de aluminiu ca agent de dispersie) s-au constatat următoarele: un efort de curgere mai mare corespunde fluidelor magnetice care conțin particule cu diametre mai mari. S-a constatat o creștere a efectului magnetoreologic cu creșterea dimensiunii particulelor magnetice. Au fost caracterizate magnetic și fluide magnetoreologice realizate cu particule de CoFeSiB și FeSiB realizate prin măcinare din precursori amorfi sub formă de microfibre. Particulele de CoFeSiB cu dimensiuni în gamele : 40-63 µm; 63-80 µm; 80-100 µm, și particule de FeSiB în gama dimensională 40-60 µm, cu formă neregulată și aplatizată, au fost utilizate, în concentrații volumice de 10% de pentru realizarea de fluide magnetoreologice. Magnetizarea de saturație a particulelor de CoFeSiB este aproximativ aceeași pentru toate gamele dimensionale în timp ce câmpul de saturație este mai mare (19 Oe) pentru particule din gama 40-63 µm, comparativ cu particulele din gama 80-100 µm unde câmpul coercitiv este de aprox. 6,3 Oe. Fluidele MR pe bază de FeSiB prezintă eforturi de curgere mai mari decât fluidele MR pe bază de Fe. Pentru toate fluidele s-a urmărit îmbunătățirea caracteristicilor fizice prin utilizarea diferitelor tipuri de substanțe ca aditivi pentru: creșterea stabilității prin creșterea timpului de sedimentare, atenuarea caracterului abraziv. S-au obținut rezultate bune prin utilizarea uleiului mineral ca fluid purtător și a stearatului de aluminiu cu aditie de pulbere ultrafină de silică ca agent antisedimentare.

2.2. Proiecte contractate:

Cod obiectiv	Nr. proiecte contractate	Nr. proiecte finalizate	Valoare (mii lei)		Nr. personal CD	
			Total	2010	Total	Studii superioare
01	5	-	9.240.000	1.063.804	47	42
02	5	-	13.440.000	3.230.038		
Total:	10	-	22.68	4.293.842		

2.3 Situatia centralizata a cheltuielilor privind programul nucleu : **Cheltuieli – lei -**

I. Cheltuieli directe	2.000.080,02	1.969.878,16
1. Cheltuieli de personal, din care	1.715.580,02	1.715.580,25
1.1. Cheltuieli cu salariile	1.225.682,35	1.225.682,35
1.2. Alte cheltuieli de personal, din care:	148.300	148.300,23
a) deplasări în țară	7.000	9.365,54
b) deplasări în străinătate	141.300	138.934,69
2. Cheltuieli materiale și servicii, din care:	284.500	254.297,91
2.1. Materii prime și materiale	151.500	158.182,95
2.2. Lucrări și servicii executate de terți	133.000	96.114,96
II. Cheltuieli Indirecte: Regia	1.993.761,98	1.998.408,95
III. Dotări independente și studii pentru obiective de investiții proprii, din care:	300.000	325.554,89
1. Echipamente pentru cercetare-dezvoltare	300.000	325.554,89

2. Mobilier și aparatură birotică	0	0
3. Calculatoare și echipamente periferice	0	0
TOTAL (I+II+III)	4.293.842,00	4.293.842,00

3. Analiza stadiului de atingere a obiectivelor programului

Au fost dezvoltate activități de cercetare în cadrul a 6 proiecte din Programul NUCLEU (MAGMATMAG PN 09 43) finanțate în anul 2010. Obiectivele prevăzute în cadrul celor 14 faze derulate până la data de 10.12.2010 au fost îndeplinite în totalitate și anume:

- Au fost evidențiate de nanostructuri simple și complexe în sisteme de micro și nanopulberi de Fe neacoperite și acoperite, prin utilizarea tehnicii de microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu tehnica EDS. Cu ajutorul unui fascicul de ioni de Ga focalizat (FIB), de energii diferite s-au realizat secțiuni ale micro și nanoparticulelor de Fe. Utilizând tehnica de microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu tehnicile EDS și FIB au fost obținute informații deosebit de utile privind morfologia și compoziția (masică și atomică) atât a particulelor de Fe neacoperite, cât și a miezului și învelișului particulelor de Fe acoperite cu un strat de oxid de Fe.
- S-a realizat un model fizic pentru studiul funcționării lentilelor magnetoinductive realizate cu metamateriale, s-a elaborat un cod numeric de simulare a funcționării lentilelor magnetoinductive, de determinare a principalelor caracteristici și aberații optice ale acestora, realizat în Matlab cu digitizări utilizând metoda elementului de volum și de suprafață, permițând determinarea distanței focale cu precizia de minimum 95% și evaluarea distorsiunilor și aberațiilor lentilelor.
- S-au realizat straturi duble planare de metamateriale conținând "Swiss rolls" și "Split cells" cu proprietăți de lentile magneto-inductive și s-a efectuat excitarea lentilelor magnetoinductive.
- S-a realizat un model fizic pentru studiul metamaterialelor cu structura 2D de tip hexagonal și de obținere a imaginilor în câmp apropiat, s-a elaborat cod numeric dezvoltat în Matlab pentru simularea obținerii de imagini în câmp apropiat care a permis determinarea condițiilor pentru experimentare.
- S-au realizat metamateriale 2D cu structura hexagonală și s-au obținut imagini în câmp apropiat, fiind astfel caracterizate performanțele imaginilor obținute.
- Au fost preparați de magneți permanenți nanocompoziți prin combinarea pulberilor izotrope și anizotrope magnetic dure de tip 2:14:1 ($\text{Nd}_8\text{Fe}_{86}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{10}\text{Fe}_{84}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{12}\text{Fe}_{82}\text{B}_6$) cu pulberi magnetic moi de Fe și/sau $\text{Fe}_{66,66}\text{Co}_{33,33}$. Magneții permanenți obținuți prin compactizarea pulberilor magnetic dure de NdFeB și magnetic moi de Fe și Fe-Co au următoarele performanțe tehnice: $H_c = 10 \text{ kOe}$; $M_r = 79 \text{ emu/g}$; $(BH)_{\max} = 30 \text{ MGOe}$ și o scădere a temperaturii de tratament termic cu 40°C .
- S-a studiat influența temperaturii suportului, a compoziției și a naturii straturilor „buffer” și „capping” asupra caracterului anizotrop al magneților permanenți nanocompoziți $\alpha\text{-Fe/Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ sub forma de straturi subțiri. Caracteristici magnetice bune au fost obținute pentru straturile subțiri de Nd-Fe-B care au avut ca straturi „buffer” și „capping”, Mo sau Ta, cu grosimi între 20 și 40 nm. Comparativ cu straturile subțiri Nd-Fe-B, fără adaosuri, straturile subțiri $\alpha\text{-Fe/Nd-Fe-B}$ care conțin 2% concentrație atomică de Mo evidențiază o scădere a temperaturii optime de nanocristalizare de la 650°C la 620°C , o creștere importantă a câmpului coercitiv de la 15,2 la 19,8 kOe și o rectangularizare a curbelor de histerezis specifice.
- S-a studiat influența temperaturii, presiunii și timpului de compactizare, precum și a tratamentelor de inducere a anizotropiilor direcționale asupra magneților nanocompoziți obținuți prin compactizarea SPS a pulberilor magnetic dure ($\text{Nd}_8\text{Fe}_{86}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{10}\text{Fe}_{84}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{12}\text{Fe}_{82}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{15}\text{Fe}_{79}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{16}\text{Fe}_{78}\text{B}_6$) și pulberilor magnetic moi (Fe_2Co și Fe). S-au obținut următoarele rezultate: câmpul coercitiv scade ușor cu creșterea cantității de fază moale; proprietăți magnetice dure bune au fost obținute pentru concentrații de Nd mai mari de 12 at.%; câmpul coercitiv scade cu creșterea presiunii de compactizare în domeniul 30 – 80 MPa, la temperatura de 600°C , timp de 5 min.; au fost obținute caracteristici magnetice dure bune pentru compozitul $\text{Nd}_{16}\text{Fe}_{78}\text{B}_6 + 1\% \text{ Fe}$, pre-presat la rece (2 MPa) în câmp magnetic $H = 1,6 \text{ kOe}$ aplicat perpendicular pe direcția de presare, urmat de compactizarea SPS la 700°C , timp de 5 min., la o presiune de 80 MPa.
- Au fost preparate membrane nanoporoase de oxid de aluminiu cu configurații controlate de nanopori prin combinarea tehnicii de imprimare cu fascicul de electroni (EBL) și anodizare. S-au obținut membrane nanoporoase de alumina cu configurația porilor în simetrie pătrată, hexagonală și triunghiulară, potrivite pentru experimentări de preparare de nanofire, cu distanța dintre pori de 200 nm și diametrul porilor de 100 nm.
- S-a studiat influența substratului și a condițiilor de anodizare asupra caracteristicilor dimensionale și a densității nanoporilor structurilor complexe de tip suport-membrane nanoporoase. Au fost obținute structuri tip suport (Si sau sticlă) - membrană nanoporoasă cu diametrul porilor între 19 nm și 25 nm (funcție de

concentrația electrolitului folosit la anodizare) și cu distanța dintre pori de aproximativ 45 nm, indiferent de natura suportului folosit. Creșterea concentrației acidului utilizat pentru anodizare conduce la o creștere a diametrului porilor. Utilizarea acidului oxalic (0,3 M și 0,5 M) pentru anodizare crește densitatea de pori (2×10^{17} pori/cm²) comparativ cu utilizarea acidului sulfuric 0,5 M.

- Au fost preparate fire metalice amorfe pe bază de FeSiB și CoFeSiB, acoperite cu diferite tipuri de sticlă: sticlă DURAN și sticle aluminosilicatică 8252 și 8253 pentru care s-a realizat caracterizarea magnetică și corelarea cu tipul de sticlă utilizat ca strat de acoperire.
- Au fost preparate fluide magnetoreologice (MR) utilizând pulberi de Fe în următoarele game dimensionale: < 20 μm; 20-32 μm; 32 - 40 μm; 40-50 μm; 50-60 μm, cu o concentrație volumică de 10% pulbere, în ulei mineral utilizat ca fluid purtător și folosind stearat de aluminiu ca agent de dispersie. A fost studiată dependența efortului de curgere de valoarea câmpului magnetic și s-a constatat că, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea valorii câmpului magnetic. Pentru valori ale câmpului mai mari de 65 kA/m, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea dimensiunii particulelor. În același timp s-a constatat că, fluidele MR pe bază de particule având o distribuție dimensională îngustă au caracteristici magnetice superioare fluidelor MR realizate din pulberi cu o distribuție dimensională mai largă.
- Au fost realizate noi fluide magnetoreologice (MR) pe bază de particule magnetice moi CoFeSiB și FeSiB obținute prin măcinarea mecanică a firelor amorfe, în gama de dimensiuni: 40-63 μm; 63-80 μm; 80 -100 μm, cu o concentrație volumică a particulelor de 10% și probe având particulele magnetice, cu o concentrație volumică de 10%, înglobate într-un mediu solid nemagnetic (polimer bifazic). Magnetizația de saturație pentru particule de CoFeSiB este între 78,5 emu/g și 74,4 emu/g, între 34,5 emu/g și 32,5 emu/g pentru fluidele magnetice și între 27,5 emu/g și 23,4 emu/g pentru pulberile de CoFeSiB înglobate într-o matrice rigidă de polimer; magnetizația de saturație diferă puțin, pentru fiecare tip de probă, în funcție de dimensiunile particulelor de CoFeSiB; valorile câmpului coercitiv sunt aproximativ egale pentru cele 3 tipuri de probe, iar în cadrul aceluiași tip de probă, valoarea câmpului coercitiv este mai mare pentru proba cu dimensiuni mai mici ale particulelor. Fluidele MR pe bază de FeSiB prezintă eforturi de curgere mai mici decât fluidele MR cu particule de Fe pentru câmpuri de până la 65 kA/m, în schimb fluidele MR cu particule de FeSiB sunt mai sensibile la câmpuri mici. Magnetizarea de saturație este mai mare la particule cu dimensiuni mai mari comparativ cu particulele mai mici. Pentru toate tipurile de particule, s-a constatat o scădere a vâscozității cu creșterea temperaturii între 20 și 50°C. Dependența efortului de curgere de concentrația particulelor de Fe (6%, 10%, 20%, 30 %) a arătat că, valoarea efortului de curgere crește cu creșterea concentrației de particule.
- Pentru toate fluidele magnetoreologice pe bază de pulberi de Fe, FeSiB și CoFeSiB, s-a urmărit îmbunătățirea caracteristicilor fizice prin utilizarea diferitelor tipuri de substanțe ca aditivi pentru: creșterea stabilității prin creșterea timpului de sedimentare, atenuarea caracterului abraziv. S-au obținut rezultate bune prin utilizarea uleiului mineral ca fluid purtător și a stearatului de aluminiu cu adiție de pulbere ultrafină de silică (SiO₂) ca agent antisedimentare.

4. Prezentarea rezultatelor

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

Denumirea proiectului	Tipul rezultatului (studiu proiect, prototip, tehnologie, etc., alte rezultate)	Efecte scontate
Proiect PN 09 - 43 01 02/ Noi tehnici de caracterizare structurală, topologică, morfologică și compozițională a sistemelor de nanomateriale și nanostructuri.	Studii/analize: - <i>evidențierea de nanostructuri simple și complexe în sisteme de micro și nanopulberi</i> de Fe neacoperite și acoperite, prin utilizarea tehnicii de microscopie electronică de baleiaj (SEM) combinată cu tehnicile EDS și FIB. - <i>obținerea de informații utile privind morfologia și compoziția (masică și atomică) (pe suprafață și în secțiune) a micro și nanoparticulelor:</i> particule de Fe neacoperite; secțiuni în micro și nanoparticule acoperite (evidențierea miezului și învelișului particulelor de Fe acoperite cu un strat de oxid de Fe).	Analiza morfologică, topologică și compozițională, complexă, a nanomaterialelor și nanostructurilor (nanopulberi, nanofire) permite utilizarea eficientă a acestora în aplicații țintă, dobândirea de noi cunoștințe și abilități în domeniul NANO, identificarea de noi aplicații pentru domeniul (bio)medical și spintronică.
Proiect PN 09 - 43 01 04 / Fenomene și procese fizice în meta materiale 1D și 2D cu aplicații în radiofrecvență;	• Studii/modele teoretice: - <i>un model fizic</i> pentru studiul funcționării lentilelor magnetoinductive realizate cu metamateriale	Participarea la proiecte științifice cu finanțare externă în cadrul programului FP 7, precum și granturi și cooperări

dezvoltarea de sensori și tehnici neinvazive bazate pe acestea.	- <i>un cod numeric de simulare</i> a funcționării lentilelor magnetoinductive, de determinare a principalelor caracteristici și aberații ale acestora, realizat în Matlab cu digitizări utilizând metoda elementului de volum și de suprafață, care permite determinarea distanței focale cu precizia de minimum 95% și evaluarea distorsiunilor și aberațiilor lentilelor. - <i>un model fizic</i> pentru studiul metamaterialelor cu structura 2D de tip hexagonal și de obținere a imaginilor în câmp apropiat - <i>un cod numeric</i> dezvoltat în Matlab pentru simularea obținerii de imagini în câmp apropiat, care a permis determinarea condițiilor pentru experimentare. • Produse: - <i>straturi duble planare de meta materiale</i> conținând "Swiss rolls" și "Split cells" cu proprietăți de lentile magneto-inductive. - <i>metamateriale 2D cu structura hexagonală</i> care au condus la obținerea de imagini în câmp apropiat. • Brevete: <i>Traductor electromagnetic pentru evaluarea structurii și integrității materialelor compozite cu matrice polimerică ranforsată cu fibre de carbon,</i> Autori: R.Grimberg, A.Savin - cerere de brevet nr.A/01062 /08.11.2010.	finanțate de NSF-USA. Participarea la proiecte de cooperare bilaterală Participarea la competiții pentru proiecte naționale de cercetare – dezvoltare – inovare, în perioada 2011-2013.
Proiect PN 09 - 43 02 01/ Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneți permanenți nanocompoziți izotropi și anizotropi.	Studii/analize: - Studiul influenței temperaturii suportului, a compoziției și a naturii straturilor ,buffer' și ,capping' asupra caracterului anizotrop al magneților permanenți nanocompoziți α-Fe/Nd₂Fe₁₄B sub forma de straturi subțiri. - Studiul influenței temperaturii, presiunii și timpului de compactizare, precum și a tratamentelor de inducere a anizotropiilor direcționale asupra magneților nanocompoziți obținuți prin compactizarea SPS a pulberilor magnetic dure (Nd₈Fe₈₆B₆, Nd₁₀Fe₈₄B₆, Nd₁₂Fe₈₂B₆, Nd₁₅Fe₇₉B₆, Nd₁₆Fe₇₈B₆) și pulberilor magnetic moi (Fe₂Co și Fe) Materiale: Straturi subțiri magnetic dure pe bază de (Mo,Ta)/α-Fe/Nd-Fe-B-Mo/(Mo,Ta) Produse: <i>Magneți permanenți nanocompoziți</i> obținuți prin compactizarea pulberilor izotrope și anizotrope magnetic dure de tip 2:14:1 (Nd₈Fe₈₆B₆, Nd₁₀Fe₈₄B₆, Nd₁₂Fe₈₂B₆) cu pulberi magnetic moi de Fe și/sau Fe_{66,66}Co_{33,33}.	- Obținerea de materiale electrotehnice performante pentru aplicații tehnologice de înalt nivel tehnologic: sisteme MEMS; microcomponente electrotehnice. - Participarea la proiecte științifice cu finanțare externă în cadrul programului FP7 - Participarea la proiecte internaționale de cooperare bilaterală.
Proiect PN 09 43 02 02/ Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe.	Produse: - <i>Membrane nanoporoase de alumina în configurații pătrate, hexagonale și triunghiulare</i>, cu distanța dintre pori de 200 nm și diametrul porilor de 100 nm. - <i>Structuri complexe de tip suport metalic – membrană de alumina nanoporoasă</i> cu diametrul porilor cuprins între 19 și 25 nm și o densitate de pori de $2 \times 10^{17}/\text{cm}^2$.	Realizarea de sisteme ,template' și structuri de tip suport metalic - membrană de alumina nanoporoasă, proprii, cu caracteristici fizice și topologice prestabilite, pentru creșterea în porii acestora de nanofire cu topologii complexe pentru aplicații biomedicale și pentru domeniul spintronicii.

Proiect PN 09 43 02 03/ Materiale magnetice compozite sub formă de fire multistrat (metal/sticlă/metal) cu comportare magnetică controlată.	Produse: <i>Fire magnetice amorse din sistemul FeSiB și CoFeSiB, acoperite cu diferite tipuri de sticlă: sticlă DURAN și sticle aluminosilicatic 8252 și 8253.</i>	Realizarea de senzori magnetici pentru industria automotivă și aeronautică.
Proiect PN 09 - 43 02 04/ Noi fluide magnetoreologice.	Produse: - <i>Fluide magnetoreologice (MR) cu pulberi de Fe în gamele dimensionale: < 20 μm; 20-32 μm; 32 - 40 μm; 40-50 μm; 50-60 μm, cu o concentrație volumică de 10% pulbere, în ulei mineral și cu stearat de aluminiu ca agent de dispersie.</i> - <i>Fluide magnetoreologice (MR) pe bază de particule de CoFeSiB și FeSiB, în gama de dimensiuni: 40-63 μm; 63-80 μm; 80 -100 μm, cu o concentrație volumică a particulelor de 10%.</i>	Realizarea de particule magnetice cu distribuții dimensionale înguste și proprietăți magnetice convenabile utilizării pentru realizarea de fluide magnetoreologice MR pentru aplicații industriale de înaltă tehnologie.

4.2. Valorificarea în producție a rezultatelor obținute:

Denumirea proiectului	Tipul rezultatului	Utilizatori	Efecte socio-economice la utilizator
Proiect PN 09 - 43 01 04 / Fenomene și procese fizice în meta materiale 1D și 2D cu aplicații în radiofrecvență; dezvoltarea de senzori și tehnici neinvazive bazate pe acestea.	Produse: - <i>Straturi duble planare de meta materiale</i> - <i>Metamateriale 2D cu structura hexagonală</i>		Obținerea de lentile magneto-inductive.
Proiect PN 09 - 43 02 01/ Interacțiuni magnetice și transformări de fază în magneți permanenți nanocompoziți izotropi și anizotropi.	Produse: <i>Magneți permanenți nanocompoziți obținuți prin sinterizarea unui amestec de pulberi magnetici dure (NdFeB) și pulberi din metale de tranziție și aliaje ale acestora (Fe, Fe-Co) utilizând tehnica SPS: discuri cu diametrul de 10 mm și grosimea cuprinsă între 1 și 1,2 mm.</i>	- INCDFIT-IFT Iasi, - industria electronică și electrotehnică	Realizarea de produse performante pentru aplicații ca: sisteme MEMS; microcomponente electrotehnice.
Proiect PN 09 43 02 02/ Membrane poroase suport pentru creșterea de nanostructuri cu topologii complexe.	Produse: - <i>Membrane nanoporoase de alumini în configurații pătrate, hexagonale și triunghiulare (distanța dintre pori - 200 nm; diametrul porilor -100 nm).</i> - <i>Structuri complexe de tip suport de Si – membrană de alumini nanoporoasă (diametrul porilor între 19 și 25 nm; densitate de pori $2 \times 10^{17}/\text{cm}^2$)</i>	- INCDFIT-IFT Iasi	Realizarea de nanofire în nanoporii membranelor realizate, pentru aplicații în domeniul biomedical și în spintronică.
Proiect PN 09 - 43 02 04/ Noi fluide magnetoreologice.	Materiale: <i>Fluide magnetoreologice pe bază de particule de Fe, CoFeSiB și FeSiB.</i>	- INCDFIT-IFT Iasi, - Industria automotivă.	Realizarea de ferofluide magnetice pentru industria automotivă.

4.3. Participarea la colaborări internaționale:

Nr. crt.	Denumirea programului	Tară și/sau CE unități	Denumire proiect	Valoarea proiectului (lei)
----------	-----------------------	------------------------	------------------	----------------------------

	internațional	colaboratoare		Valoare totală proiect	Valoare țară
	Cooperare bilaterală România - Slovenia 2010-2011	Universitatea din Ljubljana, Slovenia	Evaluarea nedistructivă prin procedee electromagnetice și cu unde elastice a compozitelor carbon epoxy; fuziune de date și clasificarea reparațiilor	10.000 EURO	19.000 lei
	Cooperare bilaterală România - Slovacia 2011-2012	Facultatea de Electrotehnică Universitatea din Žilina, Slovacia	Metamateriale pentru evaluarea electromagnetică nedistructivă la frecvențe înalte	9.000 EURO	18.600 lei

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

Nr. crt.	Denumirea publicației	Titlul articolului
	- în țară:	
1.	<i>Buletinul Institutului Politehnic Iasi, tom LVI(LX), fasc.4A, pp.443-448, ISSN 1011-2855 - CATEGORIA B+ CNCIS.</i>	<i>Degradation of CFRP with woven fabric reinforcement and PPS as matrix due water action</i> , Autori: R.Grimberg, A. Savin, F.Silva, P.D. Barsanescu, P. D. Salavastru, R.Steigmann
2.	<i>Proceedings of 3rd International Conference "Advanced Composite Materials Engineering "COMAT 2010, 27- 29 October 2010, Brasov, Romania, vol 2, pp.105-110, 2010, ISSN 1844-9336.</i>	<i>Evaluation of elastic properties of CFRP</i> , Autori: R.Grimberg, I.Curtu, M.D. Stanciu, A. Savin, N.Iftimie, R. Steigmann, P.D. Barsanescu
3.	<i>Proceedings of 3rd International Conference "Advanced Composite Materials Engineering " COMAT 2010, 27- 29 October 2010, Brasov, Romania, vol. 2, pp 111-115, 2010, ISSN 1844-9336.</i>	<i>Water adsorption influence on CFRP integrity</i> , Autori: R. Grimberg, A. Savin, I.Curtu, M.D. Stanciu, P.D. Barsanescu, F. Silva, P.D. Salavastru, R. Steigmann
4.	<i>Optoelectronics and Advanced Materials - Rapid Communications, vol.4, no.10, 2010, pag. 1631-1634.</i>	<i>Influence of preparation conditions onto the characteristics of the titania and silica templates</i> , Autori: O.G. Dragoș, H. Chiriac.
5.	<i>Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, vol. 12, issue 4, pp. 854-857, Apr 2010</i>	<i>Some physical properties of Ni2MnGa Hensler shape memory alloys with substitutions</i> , Autori: Dobrea V., Lozovan M., Craus M.L., Simkin V.
6.	<i>Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, vol. 12, nr. 4., pp.876-880, 2010, p. 876-880</i>	<i>Influence of colloidal environment on the properties of Mg-Cu-Zn nanoferrites prepared by precursor method of self-combustion</i> , Autori: Popa P.D., Doroftei C., Rezlescu N.
7.	<i>Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, vol. 12, nr. 4, pp. 881-884, April 2010</i>	<i>The influence of heat treatment on the humidity sensitivity of magnesium nanoferrite</i> , Autori: Doroftei C., Popa P.D., Rezlescu N.
8.	<i>Journal of Advanced Research in Physics (JARP), vol.1, no.1, 2010</i>	<i>Effect of Additions on the Exchange Coupling and Magnetic Properties of Nd₂Fe₁₄B Thin Films</i> , Autori: M. Urse, M. Grigoras, N. Lupu and H. Chiriac
9.	<i>Journal of Advanced Research in Physics (JARP), 2011.</i>	<i>Modeling of Magnetorheological Fluid Behavior</i> , Autori: G. Stoian, H. Chiriac, trimis spre publicare
10.	<i>Buletinul Institutului Politehnic Iasi</i>	<i>Perovskites-like magnetic materials properties prediction by innovative computational simulation IT-based techniques</i> , Autori: Mohorianu S., Craus M.L., trimis spre publicare
11.	<i>Romanian Journal of Physics, vol. 55, issue 1-2, pp. 173-184, 2010</i>	<i>Viscous and Thermal Effects on Acoustic Properties of Ferrofluids with Aggregates</i> , Autori: Badescu R., Apreotesei G., Badescu V.
	- în străinătate:	
1.	<i>Journal Applied Physics, 107, (2010) 09E315</i>	<i>Surface Magnetization processes in soft magnetic nanowires</i> , Autori: N. Lupu, M. Lostun, H. Chiriac

2.	<i>Journal of Materials Science (Springer)</i>	<i>The Characterization of Interaction Effects in Nd-Fe-B – based Nanocomposite Hard Magnets prepared by Spark Plasma Sintering</i> , Autori: N. Lupu, M. Grigoraș, M. Lostun, H. Chiriac, trimis spre publicare
3.	<i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 303 (2011) 012009 doi:10.1088/1742-6596/303/1/012009	<i>Structural and Magnetic Properties of NdFeB and NdFeB/Fe Films with Mo Addition</i> ”, Autori: H. Chiriac, M.Grigoaras, N.Lupu, M.Urse, in press
4.	<i>INSIGHT</i> , 2011, ISSN 1354-2575	<i>Electromagnetic nondestructive evaluation using metamaterials</i> , Autori: R.Grimberg, A.Savin, R.Steigmann, B.Serghiac, A.Bruma, in press
5.	<i>Nonlinear Science Letters A</i> , vol.1, issue 2, pp. 109-142, 2010	<i>The Time Dependent Ginzburg-Landau Equation in Fractal Space-Time (I)</i> , Autori: Buzea C.Gh., Rusu I., Bulancea V., Badarau Gh., Paun V.P., Agop M.
6.	<i>Physics Letters A</i> , vol. 374, pp. 2757–2765, 2010	<i>The Time Dependent Ginzburg–Landau Equation in Fractal Space–Time (II)</i> , Autori: Buzea C.Gh., Rusu I., Bulancea V., Badarau Gh., Paun V.P., Agop M.
7.	<i>Intern. J. of Nonl. Sci. and Num. Sim.</i> , vol. 10, 2010	<i>Casimir Type Effect in Scale Relativity Theory</i> , Autori: Buzea C.Gh., Agop M., Stoica C.M., Boris C., Scurtu D., Paun P.V., in press
8.	<i>Nanoscale Research Letters on Nanofluids</i> (Manuscript ID 6150537934737397)	<i>New model of the heat transfer in nanofluids through the fractal approximation of motion</i> , Autori: Mohorianu S., Casian-Botez I., Agop M, trimis spre publicare
9.	<i>Proceedings of Fourth International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics - Metamaterials Conference</i> , Karlsruhe, Germany, 13-16 September 2010, pp.155-158, ISBN 978-952-92-7734-6.	<i>Possibilities offered by metamaterials in electromagnetic nondestructive evaluation</i> , Autori: R.Grimberg, A.Savin, R.Steigmann, B.Serghiac, A.Bruma
10.	<i>Proceedings of International Symposium on NDT in Aerospace</i> , November 22-24, 2010, Hamburg Airport, Germany, ISBN 978-3-940283-28-3	Development of electromagnetic procedures for evaluation of CFRP using metamaterials, Autori: R.Grimberg, A.Savin, R.Steigmann, I.Curtu, in press
11.	<i>Electromagnetic Nondestructive Evaluation, Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics</i> , 33, 2011, ISBN 978-1-60750-553-2	<i>Detection of CFRP’s degradation through electromagnetic procedures</i> , Autori: B. Serghiac, D.P. Salavastru, P.D. Barsanescu, A. Savin, R. Steigmann, R.Grimberg, in press
12.	<i>10th European NDT conference of Nondestructive Testing</i> , Moscow, Rusia, 7-11 June 2010, Report no. 1_02_05., e-Journal of NDT (eJNDT) ISSN 1435-4934, 11pag.	<i>Metamaterials – a challenge for electromagnetic nondestructive evaluation</i> , Autori: R.Grimberg, L. Udpa, A. Savin, R. Steigmann, A. Andreescu, A. Bruma, S.Leitoiu, S. S.Udpa.
13.	<i>Electromagnetic Nondestructive Evaluation, Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics</i> , 33, 2011, ISBN 978-1-60750-553-2,	<i>Metamaterials in electromagnetic nondestructive evaluation</i> , Autori: A.Savin, R. Steigmann, A. Bruma, N. Iftimie, R. Grimberg , in press

4.5. Cărți publicate:

Nr. ctr.	Titlul cărții	Editura	Autor principal
	- în țară:		
	- în străinătate:	2 capitole de carte	
	Nanocomposite Materials, Theory and Applications (ISBN: 978-953-7619-X-X) - 1 capitol de carte (in press)	InTech Publishing House	N. Lupu, M. Grigoraș, M. Lostun, H. Chiriac
	Nanocomposite Materials, Theory and Applications (ISBN: 978-953-7619-X-X) - 1 capitol de carte (28 pag.) (in press)	InTech Publishing House	Urse Maria, Grigoraș Marian, Lupu Nicoleta and Chiriac Horia

4.6. Manifestări științifice:

Nr. crt.	Manifestări științifice	Număr de manifestări	Număr de comunicări
	a) congrese internaționale:		
	b) simpozioane:	2	4
1.	<i>Joint European Magnetic Symposia – JEMS 2010</i> , Cracovia, Polonia, 23-28 august 2010	1	3, din care, 1 lucrare prezentată oral
2.	<i>International Symposium on NDT in Aerospace</i> , November 22-24, 2010, Hamburg Airport, Germany	1	1
	c) seminarii, conferințe;	9	19
1.	<i>55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials – MMM 2010</i> , Atlanta, GA, 14-18 noiembrie 2010.	1	2, din care, 1 lucrare prezentată oral
2.	<i>International Conference on Superconductivity and Magnetism – ICSM 2010</i> , Antalya, Turcia, 25-30 aprilie 2010	1	2 lucrări invitate
3.	<i>8th International Conference on the Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers</i> , Warnemünde-Rostock, Germania, 25-29 mai, 2010	1	1
4.	<i>3rd International Conference "Advanced Composite Materials Engineering "COMAT 2010</i> , 27- 29 October 2010, Brasov, Romania	1	2
5.	<i>4th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics – Metamaterials Conference</i> , Karlsruhe, Germany, 13-16 September 2010	1	1
6.	<i>European Sensors and Actuators Conference</i> , Bodrum, Turcia, 4-7 septembrie, 2010	1	1
7.	<i>10th European NDT conference of Nondestructive Testing</i> , Moscow, Rusia, 7-11 June 2010	1	2
8.	<i>7th Joint MmDE – IEEE ROMSC International Conference</i> , Iași, România, 7-8 Iunie, 2010	1	3, din care, 1 lucrare invitată
9.	<i>Conferința Națională de Fizică</i> , 23-25 septembrie, 2010, Iași, Romania.	1	5
	d) workshop:	3	8
1.	<i>21st International Workshop on Rare – Earth Permanent Magnets and their Applications – REPM'10</i> , Bled, Slovenia, 29 august – 2 septembrie 2010	1	5, din care, 2 lucrări prezentate oral
2.	<i>International Workshop on Magnetic Wires – IWMW</i> , Bodrum, Turcia, 8-9 iulie 2010	1	1
3.	<i>15th International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation</i> , Szczecin, Poland, 13-16 June, 2010- ENDE 2010	1	2

4.7. Brevete rezultate din tematica de cercetare:

Nr. crt.	Specificație	Brevete înregistrate (nr.)	Brevete acordate (nr.)	Brevete vândute (nr.)
	- în țară:	1	-	-
	- în străinătate:			
	Total:	1	-	-

5. Aprecieri asupra derulării și propuneri :

Obiectivele propuse pentru a fi dezvoltate în cursul anului 2010 în cadrul celor 6 proiecte finanțate în Programul NUCLEU (MAGMATMAG – PN 09 43) au fost îndeplinite în totalitate. Activitățile de cercetare dezvoltate în cadrul fiecărui proiect s-au desfășurat în bune condiții, cu următoarele rezultate:

- **11 articole publicate/acceptate sau trimise spre publicare** în reviste de specialitate din țară:
 - **8 articole publicate**, din care, **5 în reviste cotate ISI** și 3 în reviste necotate ISI sau în *Proceedings-uri ale unor manifestări științifice internaționale organizate în țară*
 - **3 articole în curs de publicare**, din care **1 acceptat pentru publicare** și **2 trimise spre publicare**.
- **13 articole publicate/acceptate sau trimise spre publicare** în reviste de specialitate din străinătate:
 - **5 articole publicate**, din care, **2 în reviste cotate ISI** și 3 în reviste necotate ISI sau în *Proceedings-uri ale unor manifestări științifice internaționale organizate în țară*
 - **8 articole în curs de publicare**, din care **6 acceptate pentru publicare** (**2 în reviste cotate ISI** și 4 în reviste necotate ISI) și **2 trimise spre publicare în reviste cotate ISI**.
- **2 capitole de carte**, în curs de publicare (ianuarie 2011) într-o carte editată în străinătate.
- **1 cerere de brevet de invenție**.
- **31 lucrări științifice** comunicate la **13 manifestări științifice internaționale** organizate în țară și străinătate și la **o manifestare științifică națională**, din care **4 lucrări au fost prezentate oral** și **3 au fost lucrări invitate**.
- **2 modele fizice** pentru studiul funcționării lentilelor magnetoinductive și respectiv pentru studiul metamaterialelor cu structura 2D de tip hexagonal.
- **2 coduri numerice de simulare** a funcționării lentilelor magnetoinductive și respectiv de simulare a obținerii de imagini în câmp apropiat.
- **10 produse noi:** *straturi duble planare* de meta materiale; *metamateriale 2D* cu structura hexagonală; *magneți permanenți nanocompoziți* (discuri cu diametrul de 10 mm și grosimea cuprinsă între 1 și 1,2 mm) obținuți prin sinterizarea amestecurilor de pulberi magnetici dure ($\text{Nd}_8\text{Fe}_{86}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{12}\text{Fe}_{82}\text{B}_6$, $\text{Nd}_{16}\text{Fe}_{78}\text{B}_6$) și pulberi magnetici moi (Fe, Fe-Co) utilizând tehnica SPS; *membrane nanoporoase de alumina* în configurații pătrate, hexagonale și triunghiulare; *structuri complexe de tip suport de Si - membrană de alumina*; *fluide magnetoreologice (MR)* cu pulberi de Fe, CoFeSiB și FeSiB.

În cursul anului 2010 activitatea de evaluare/monitorizare a proiectelor din cadrul Programului NUCLEU (MAGMATMAG – PN 09 43) s-a desfășurat la timp și acest fapt a condus la o finanțare ritmică și la termen a activităților specifice desfășurate în cadrul celor 6 proiecte finanțate ceea ce a condus la realizarea în totalitate, cu rezultate bune, a obiectivelor propuse.

DIRECTOR GENERAL,
Prof. Dr. Horia CHIRIAC

DIRECTOR DE PROGRAM,
Prof. Dr. Horia CHIRIAC

DIRECTOR ECONOMIC,
Maria POPESCU