



Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare
pentru
Fizica Materialelor
București-Măgurele
(INCDFM)

lansează

**CENTRUL EURO-REGIONAL DE STUDII
ale
MATERIALELOR AVANSATE,
ale
SUPRAFETELOR
și
INTERFETELOR**

POS-CCE Project
„Euro-Regional Centre for Studies
of
Advanced Materials, Surfaces and Interfaces“
(CEUREMAVSU, SMIS-CSNR code 2665)

1. DATE GENERALE

Acest Centru, al cărui acronim este CEUREMAVSU (cod SMIS-CSNR 2665), a putut fi dezvoltat datorită unei finanțări prin Programul Operațional Sectorial de Creștere a Competitivității Economice (POS-CCE), Axa 2: Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare pentru competitivitate, Operațiunea 2.2.1. Dezvoltarea infrastructurii C-D existente și crearea de noi infrastructuri C-D (laboratoare, centre de cercetare). Centrul a constat din înființarea a două noi laboratoare și modernizarea altora cinci. În cadrul proiectului, au fost achiziționate 23 de echipamente cu valoare de peste 100 000€ și au fost create 24 noi locuri de muncă pentru specialiști cu înaltă calificare (fizicieni, chimiști, ingineri).

1.1. Finanțare

Valoarea totală a proiectului a fost de 43 004 595 lei, dintre care cofinanțarea din partea INCDFM s-a ridicat la 20 367 lei. Uniunea Europeană a contribuit cu 32 968 903 lei, iar Guvernul României cu 10 015 325 lei.

1.2. Indicatori de rezultat

Prin contract, s-a stabilit ca indicator principal, numărul de echipamente cu valoare de peste 100 000€ la 18 (optsprezece) echipamente. În urma procedurilor de achiziție (licitații, negocieri), prețurile obținute la final pentru marea majoritate a echipamentelor au fost mai scăzute decât estimările inițiale, ceea ce a permis achiziționarea, la final, a 23 (douăzeci și trei) de echipamente cu valoare de peste 100 000€. Necesitatea echipamentelor achiziționate suplimentar a decurs dintr-o reevaluare a studiului de fezabilitate, fiind echipamente care vor contribui decisiv la plasarea INCDFM într-o poziție de frunte a cercetării europene în fizica materialelor și a materiei condensate.

Un alt indicator important al Proiectului a fost numărul de locuri de muncă create la orizontul a 5 ani de la demararea proiectului (și 3 ani de la terminarea proiectului). Acest număr de locuri de muncă a fost stabilit la 24 (douăzeci și patru). În momentul închiderii proiectului, deci la numai doi ani de la lansare, aceste locuri de muncă au și fost create și ocupate cu tineri absolvenți de fizică, chimie sau inginerie.

Se poate considera că, deja din acest moment, *cei doi indicatori majori ai proiectului au fost depășiți*. Ceilalți indicatori de rezultat (număr de pachete

software achiziționate, număr de lucrări ISI, locuri de muncă menținute în activitățile de CD, cercetători valoroși de nivel postdoctoral atrași etc.) au fost, de asemenea, realizați în mod satisfăcător.

23 de echipamente achiziționate au valoarea de peste 100 000 €:

1. Tester feroelectric TF 2000 E (Aix ACCT)
2. Spectroscopie de fotoelectroni cu rezoluție unghiulară și în spin (Specs)
3. Microscop Raman (Jobin Yvon)
4. Microscop optic de câmp apropiat (ABL Jasco)
5. Cryoprobe (LakeShore)
6. Spectrometru RES în pulsuri și transformată Fourier (Bruker)
7. Analizor de rețele vectorial (Agilent)
8. Microscop electronic de transmisie de înaltă rezoluție (Jeol)
9. Instalație de prelucrare a probelor în fascicul de ioni FIB-SEM (Tescan)
10. Spectrometru Mössbauer cu criostat în câmp magnetic, temperaturi ultrajoase (Engelmann Scientific)
11. Sistem de măsurare a proprietăților fizice PPMS (Cryogenics)
12. Magnetometru supraconductor cu interferență cuantică SQUID (Cryogenics)
13. Două stații de lichefiere He (Cryogenics)
14. Proiectarea și execuția unui ansamblu de camere curate de clase ISO1000 și 100 (EDAS EXIM)
15. Microscop de electroni lenți și de fotoelectroni LEEM-PEEM (Specs)
16. Instalație de nanolitografie și microscopie electronică de baleiaj (Raith, Hitachi)
17. Stație de microscopie de baleiaj SPM (NT-MDT)
18. Stand de măsură linii de dimensiune redusă (LakeShore)
19. Instalație de fotolitografie (EV Group)
20. Spectrometru de microunde până la 7 THz (Aispec)
21. Instalație de metalizare pentru depuneri de metale necontaminante (Bestec)
22. Instalație de metalizare pentru depuneri de metale contaminante (Bestec)
23. Spectrometru de absorbție de raze X, XAS (Rigaku)

2. DESCRIEREA CENTRULUI EURO-REGIONAL PENTRU STUDII ALE MATERIALELOR AVANSATE, ALE SUPRAFEȚELOR ȘI INTERFEȚELOR

2.1. Centrul și-a propus înființarea a două noi laboratoare:

A1. Laboratorul de microscopie electronică de transmisie de înaltă rezoluție

În acest laborator, achiziția principală a constat (i) dintr-un microscop electronic de înaltă rezoluție (rezoluție atomică, 0,8Ångström) de tip Jeol JEM ARM 200F și (ii) dintr-o instalație de prelucrare a probelor în fascicul de ioni focalizat, cu monitorizare prin microscopie electronică de baleiaj (Tesla). A mai fost achiziționat și (iii) un sistem complex de microscopie de baleiaj SPM (AFM, MFM, STM, CFM, EFM, nanoindentare) funcționând în vid și la temperatură variabilă (NT-MDT).

A2. Camera curată

Această infrastructură constă (i) dintr-o cameră curată de clasa ISO1000, cu o suprafață de 45 m², unde se află instalată, (ii) o instalație de nanolitografie SEM Raith-Hitachi, cu aliniere a probelor prin interferometrie laser, nișe chimice și (iii-iv) două instalații de metalizare cu multiple celule: evaporare directă și din fascicul electronic, una pentru metale necontaminante și o alta pentru metale contaminante. Într-o altă cameră de clasa ISO 100, cu o suprafață de 15 m², se află (v) nouă instalație de fotolitografie (EV Group).

2.2. Centrul și-a propus de asemenea modernizarea a cinci laboratoare existente:

B1. Laboratorul de știința suprafețelor și interfețelor, prin achiziționarea (i) unei instalații de spectroscopie de fotoelectroni cu rezoluție unghiulară și de spin și (ii) a unei instalații de microscopie de electroni lenți și de fotoelectroni LEEM-PEEM, ambele produse de Specs.

Instalația complexă de studiu suprafețelor și interfețelor care a rezultat este printre cele mai complete existente în Uniunea Europeană; în ceea ce privește sistemul LEEM-PEEM – până în momentul de față mai există două astfel de instalații în Europa și cinci în Statele Unite.

B2. Laboratorul de caracterizări complexe ale materialelor din punct de vedere structural a fost modernizat prin achiziționarea (i) unui spectrometru de rezonanță electronică paramagnetică (EPR) în pulsuri cu transformată Fourier – instalație unicat la nivel național –; (ii) a unui spectrometru Mössbauer cu criostat de heliu lichid, funcționând în câmp magnetic – de asemenea unicat – și (iii) a unui spectrometru de absorbție de raze X, care permite efectuarea în INCDFM a unor măsurători care, altfel, ar fi necesitat accesul la facilitați de radiație de sincrotron – în Europa mai există instalat un singur astfel de echipament în momentul de față.

B3. Laboratorul de studii la frecvențe înalte (THz), pentru care s-a achiziționat (i) un analizor de rețele vectorial Agilent, o cameră anecoică și (ii) un spectrometru care poate opera până la 7 THz (Aispec Japonia).

Ultima dotare menționată este unicat la nivel mondial; niciun astfel de spectrometru nu a fost comercializat nici în Statele Unite, nici în Uniunea Europeană, nici în vreo altă economie dezvoltată, cu excepția Japoniei.

A mai fost achiziționat și (iii) un stand de măsurători de temperatură variabilă pentru probe de dimensiune redusă.

B4. Laboratorul de Optică și Spectroscopie a fost modernizat prin achiziționarea (i) unui spectrofotometru Raman dotat cu microscop și operând într-o gamă largă de energii de excitare, realizându-se, împreună cu dotările pre-existente, cea mai importantă platformă de măsurători Raman din Estul Europei. De asemenea, s-a mai achiziționat și (ii) un microscop optic de fluorescență în câmp apropiat, cu posibilitatea de lucru la temperatura heliului lichid – instalație ce este de asemenea unicat.

B5. Laboratorul de caracterizări complexe electrice și magnetice a fost completat cu următoarele echipamente: (i) un tester pentru straturi subțiri feroelectrice; (ii) un cryoprober cu brațe micromanipulatoare; (iii) un sistem de măsurare a proprietăților fizice PPMS criogenic; (iv) un magnetometru supraconductor cu interferență cuantică SQUID (temperatura minimă 2 K); (v) două stații de lichefiere de heliu, câte una pentru fiecare aripă a clădirilor INCDFM.

3. DESCRIEREA PRINCIPALELOR ECHIPAMENTE

3.1. Microscop electronic analitic, cu rezoluție atomică și sistem dual de microscop electronic de baleiaj, cuplat cu prelucrare în fascicul de ioni focalizat (SEM-FIB)

Performanțele acestui echipament complex sunt la cel mai înalt nivel mondial în momentul actual, fiind unice în Europa de Est în momentul de față. Microscopul electronic JEM ARM 200F (Fig. 1) lucrează la o tensiune maximă de accelerare a fasciculului electronic de 200kV și este echipat, în configurație standard, cu o sursă de electroni cu efect de câmp (Field Emission Gun, FEG) și corector al aberației de sfericitate. Prezența corectorului aberației de sfericitate permite obținerea unei rezoluții spațiale de 0.08nm în modul de funcționare STEM (Scanning Transmission Electron Microscopy). Performanța și complexitatea instrumentului sunt întregite de echiparea cu unități analitice EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) și EELS (Electron Energy Loss Spectroscopy) de ultimă generație, care permit determinări compoziționale de înaltă precizie, atât din punct de vedere cantitativ, cât și spațial, mergând până la rezoluție spațială atomică. Instrumentul poate fi operat în cel puțin 10 moduri de lucru diferite, cum ar fi: TEM/HRTEM, difracție de electroni pe arie selectată (SAED) sau în fascicul



Fig. 1. Microscopul electronic JEM ARM 200 F;
Sistemul dual SEM-FIB Tescan Lyra III XMU



convergent (CBED); nanodifracție de electroni, STEM, EDS în mod spot, profil liniar sau cartografie 2D (rezoluție spațială 1 nm); EELS în regim de spectrometrie sau de imagistică filtrată în energie (spectrum image, EFTEM) cu rezoluție spațială la nivel atomic. Pilotarea echipamentului, precum și achiziția și procesarea datelor se face cu ajutorul unor programe complexe dedicate, instalate pe computerele care deservesc microscopul.

În afara accesoriilor care echipează coloana microscopului (EDS, EELS, camere CCD), au fost achiziționate și o serie de dispozitive și instalații de ultimă generație pentru prepararea probelor de microscopie electronică, cea mai complexă instalație fiind sistemul dual SEM-FIB Tescan Lyra III XMU. Sistemul SEM-FIB este la rândul lui accessorizat cu echipamente suplimentare care permit efectuarea de investigații structurale (unitate de difracție de electroni retro-împrăștiați, EBSD) și compoziționale (unitate EDS).

3.2. Sistem complex de măsurare a proprietăților magnetice, electronice și termice ale solidelor, la temperaturi joase și în câmpuri magnetice înalte

Sistemul, prezentat în fig.2, este compus dintr-o instalație pentru heliu lichid (QD-LHe-P18-Cryomech (USA) și din alte două sisteme de măsură:

a) sistem pentru măsurători magnetice QD-MPMS-XL-7AC – Quantum Design (USA), care utilizează tehnologia SQUID pentru a realiza sensibilitatea și reproductibilitatea măsurătorilor magnetice (câmpuri magnetice aplicate

Fig. 2. Componenta MPMS-SQUID și componenta PPMS



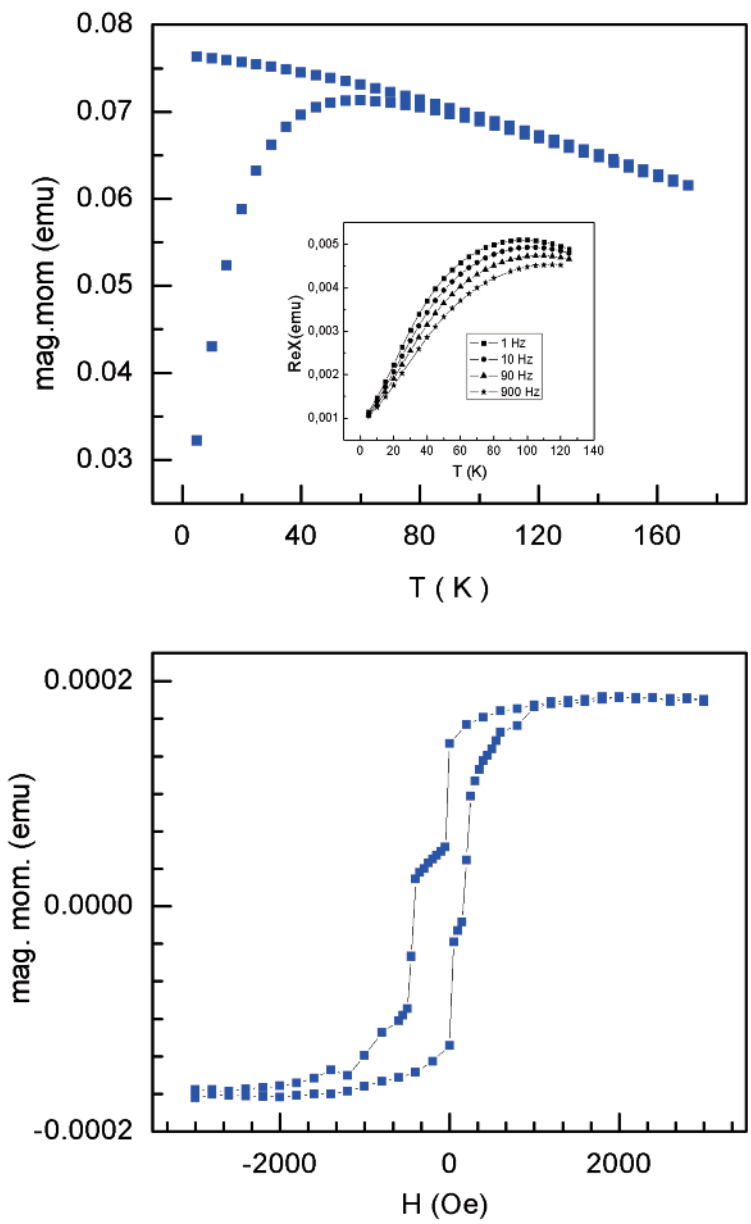


Fig. 3. Curbele ZFC-FC și susceptibilitate AC – în insert – pentru un ferrofluid; bucla de hysteresis pentru o structură valvă de spin

până la 7T; domeniu de temperatură 2-400°K; rezoluție a variațiilor de moment magnetic 10^{-8} emu) și

b) sistem de măsurare a proprietăților fizice QD-PPMS-14 – Quantum Design (USA), optimizat pentru a combina magnetometria cu măsurătorile de capacitate calorică și electro-transport (câmpul maxim 14T, domeniu de temperatură 2-1000°K).

Noile posibilități de caracterizare oferite vor deschide oportunități suplimentare pentru studierea de noi materiale și fenomene, cum ar fi antiferomagnetismul și cuplajul interfacial în sisteme cu dimensionalitate redusă, nanomateriale și multistraturi, supraconductori, structuri magneto-optice și magnetorezistive, compuși moleculari, materiale și compozite organice cu aplicații în electronică, biofizică, magnetochimie și biologie. Câteva din rezultatele deja obținute sunt prezentate în fig.3.

3.3. Cluster experimental pentru știința suprafețelor și interfețelor

Clusterul reprezintă una dintre cele mai complexe astfel de instalații existente în Europa, permite prepararea și caracterizarea *in situ* de suprafețe și interfețe și consistă din patru unități, dintre care primele trei sunt cuplate mutual (fig. 4):

- incinta pentru epitaxie în fascicul molecular (MBE);
- incinta pentru microscopie de baleiaj cu tunelare (STM);
- incinta pentru spectroscopie de fotoelectroni rezolvată în spin și unghiular (SARPES);
- microscopie electronică fotoemisivă (PEEM) și cu electroni de energie joasă (LEEM).

Toate dispozitivele operează în ultravid (presiune $1-2 \times 10^{-10}$ mbar). Menționăm că există posibilități de caracterizare *in situ* prin difracție de electroni de energie joasă (LEED), difracție de electroni reflectați de energie înaltă (RHEED), spectroscopie cu electroni Auger (AES), spectroscopie de masă quadrupolară (QMS), spectroscopie de fotoelectroni generați de radiație X (XPS) clasică și de înaltă rezoluție, spectroscopie de fotoelectroni generați de radiație ultravioletă (UPS) etc.

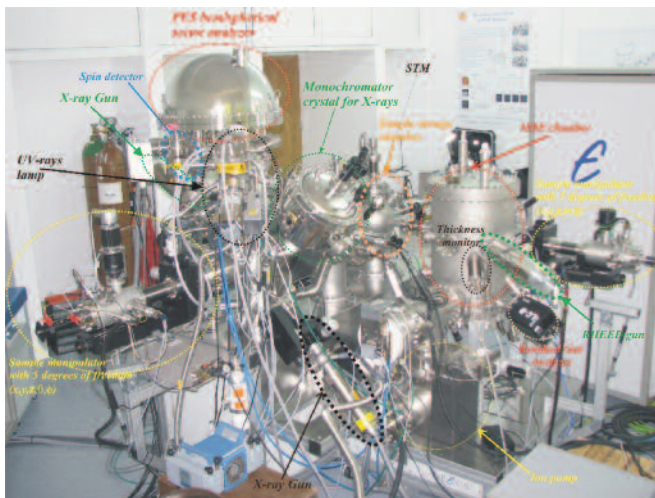
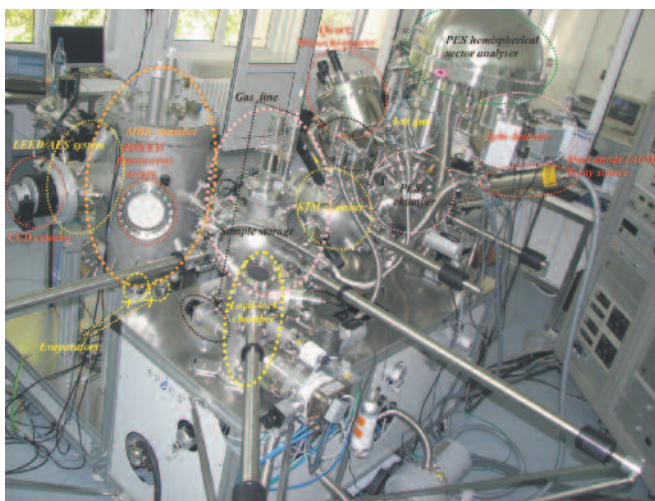


Fig. 4. Cluster experimental de măsurători în domeniul științei suprafețelor și interfețelor



Performanța instalației complexe descrise mai sus este ilustrată prin fig.5 pentru spectroscopia de fotoelectroni de înaltă rezoluție și prin fig.6 pentru microscopia de baleiaj cu tunelare de rezoluție atomică. De asemenea, fig.7 prezintă primele rezultate obținute privind vizualizarea teraselor monoatomice ale Si(001) prin microscopie de electroni lenți (LEEM).

În cca un an și trei luni de operare a facilității de știința suprafețelor și interfețelor, s-au și realizat un număr considerabil de lucrări științifice, publicate în reviste cotate ISI cu factor de impact considerabil:

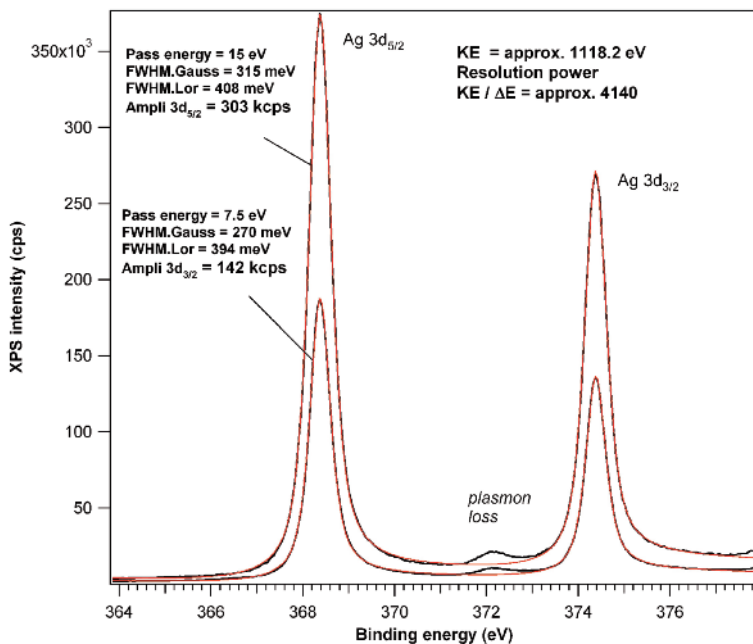


Fig. 5. Spectre XPS de înaltă rezoluție utilizând sursa de raze X monocromatizată pe o folie de Ag

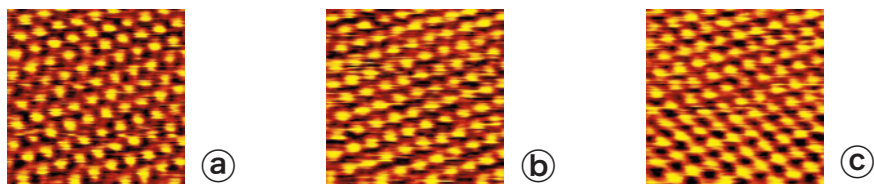


Fig. 6. Imagini de microscopie de baleiaj prin tunelare (STM) de rezoluție atomică, înregistrate pe grafit pirolitic perfect orientat (HOPG) (0001), la diferite tensiuni aplicate la vârful: (a) 630 mV; (b) 713 mV; (c) 884 mV

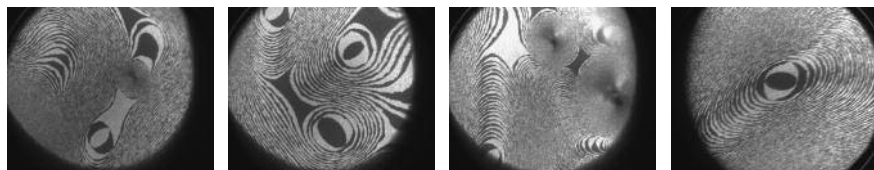


Fig. 7. Imagini LEEM de câmp întunecat pe unul din spoturile de difracție (1/2, 0) ale reconstrucției de suprafață ale Si(001). Dimensiunea imaginii (field of view, FOV) este 3mm.

1. Mesoporous Tin-Triflate Based Catalysts for Transesterification of Sunflower Oil, M. Verziu, J. El Haskouri, D. Beltran, P. Amoros, D. Macovei, N.G. Gheorghe, C.M. Teodorescu, S.M. Coman, V. I. Parvulescu, *Top. Catal.* 53, 763-772 (2010).
2. Chemical Imaging of Catalyst Deactivation during Biomass Conversion Processes: The Etherification of Biomass-based Alcohols with Alkenes over H-Beta Zeolites, A.N. Pârvulescu, D. Mores, E. Stavitski, C.M. Teodorescu, P.C.A. Bruijninx, R.J.M. Klein Gebbink and B.M. Weckhuysen, *J. Amer. Chem. Soc.* 132, 10429-10439 (2010).
3. Thermodynamic destabilization of Li-N-H system by Si addition, P. Palade, G.A. Lungu, A.M. Husanu, *J. Alloys Compds.* 505, 343-347 (2010).
4. One-Pot Synthesis of Menthol Catalyzed by a Highly Diastereoselective Ionic Gold/MgF₂ Catalyst, A. Negoii, S. Wuttke, E. Kemnitz, D. Macovei, C. M. Teodorescu, V.I. Pârvulescu, S.M. Coman, *Angew. Chem. Intl. Ed.* 49, 8134-8138 (2010).
5. Novel Pd heterogeneous catalysts for cycloisomerisation of acetylenic carboxylic acids, F. Neatu, L. Protesescu, M. Florea, V.I. Pârvulescu, C.M. Teodorescu, N. Apostol, P.Y. Toullec, V. Michelet, *Green Chemistry* 12, 2145-2149 (2010).
6. Structural investigations of Ge nanoparticles embedded in an amorphous SiO₂ matrix, I. Stavarache, A.M. Lepădatu, N.G. Gheorghe, R.M. Costescu, G. Stan, D. Marcov, A. Slav, G. Iordache, T.F. Stoica, V. Iancu, V.S. Teodorescu, C.M. Teodorescu, M.L. Ciurea, *J. Nanopart. Res.*, accepted (2010). DOI 10.1007/s11051-010-0021-4.
7. Preparation and characterization of iron oxides embedded in fullerite matrices, G.A. Lungu, D. Macovei, C.M. Teodorescu, *Digest J. Nanomater. Biostr.* 5, 85-95 (2010).
8. Nanostructured thin layers of vanadium oxides doped with cobalt, prepared by pulsed laser ablation: chemistry, local atomic structure, morphology, and magnetism, C.M. Teodorescu, G. Socol, C. Negrilă, D. Luca, D. Macovei, *J. Exper. Nanosci.* 5(6), 509-526 (2010).
9. Cobalt doped ZnO prepared by electrochemistry: chemistry, morphology, and magnetism, I. Enculescu, E. Matei, V. Vasilache, C.M. Teodorescu, *phys. stat. sol. (a)* 207, 2517-2522 (2010).
10. Analysis of electron traps at the 4H-SiC/SiO₂ interface; influence by nitrogen implantation prior to wet oxidation, I. Pintilie, C. M. Teodorescu, F. Moscatelli, R. Nipoti, A. Poggi, S. Solmi, L. S. Løvlie and B. G. Svensson, *J. Appl. Phys.* 108, 024503 (2010).
11. New analytical approximation of diffraction size broadened peak profile for spherical crystallites with lognormal distribution, N.C. Popa, C.M. Teodorescu, S. Frunză, *J. Appl. Cryst.* 43, 1027-1030 (2010).

12. Atomic structure and magnetic properties of cobalt doped ZnO thin films prepared by sol-gel method, J. Neamtu, G. Georgescu, T. Malaeru, N.G. Gheorghe, R.M. Costescu, I. Jitaru, J. Ferré, D. Macovei, C.M. Teodorescu, *Digest J. Nanomater. Biostr.* 5, 873-885 (2010).
13. Dielectric and Ferroelectric Characterization of Ba_{0,95}Tm_{0,05}TiO₃ Ceramics Derived from Sol-Gel, Marin Cernea, Bogdan S. Vasile, Paul Ganea, Roxana Radu, Valentina Mihalache, Adrian Husanu, *J. Amer. Ceramic Soc.*, accepted. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2010.04179.x
14. Polymer-like and diamond-like carbon coatings prepared by RF-PECVD for biomedical applications, G.E. Stan, D.A. Marcov, A.C. Popa, M.A. Husanu, *Dig. J. Nanomater. Biostruct.* 5, 705-718 (2010).
15. X-ray Absorption Fine Structure Investigations on Heat-Treated Cr-doped Titania Thin Films, D. Mardare, V. Nica, V. Pohoata, Dan Macovei, N. Gheorghe, D. Luca, C.M. Teodorescu, *Thin Solid Films*, accepted (2010).
16. Substrate-target distance dependence of structural and optical properties in case of Pb(Zr,Ti)O₃ films obtained by Pulsed Laser Deposition, A.C. Galca, V. Stancu, M. A. Husanu, C. Drăgoi, N.G. Gheorghe, L. Trupina, M. Enculescu, E. Vasile, *Appl. Surf Sci.*, accepted (2010).
17. Band ferromagnetism in systems with linear density of states, N.G. Gheorghe, R.M. Costescu, C. M. Teodorescu, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, accepted (2010).
18. Reactivity, magnetism and local atomic structure in ferromagnetic Fe layers deposited on Si(001), N.G. Gheorghe, M.A. Husanu, G.A. Lungu, R.M. Costescu, D. Macovei, C.M. Teodorescu, *J. Electr. Spectrosc. Relat. Phenom.*, corrected version submitted (2010).
19. Epitaxial ferromagnetic SmSi synthesized on Si(001), R.M. Costescu, N.G. Gheorghe, M.A. Husanu, G.A. Lungu, D. Macovei, I. Pintilie, C.M. Teodorescu, *Phys. Rev. B.*, submitted (2010).
20. Highly adherent bioactive glass thin films synthesized by magnetron sputtering at low temperature, G.E. Stan, I. Pasuk, M.A. Husanu, I. Enculescu, S. Pina, A.F. Lemos, D.U. Tulyaganov, K. El Mabrouk, J.M.F. Ferreira, *Acta Biomaterialia*, submitted (2010).
21. Core-shell model for Li-N-H-Si composites revealed by X-ray photoelectron spectroscopy, Marius A. Husanu, George A. Lungu, P. Palade, *physica status solidi (rrl)*, submitted (2010)

Aceste instalații au permis de asemenea demararea în condiții mulțumitoare a proiectului CNCSIS-PCCE *Știința Suprafețelor și Interfețelor: Fizica, Chimie, Biologie, Aplicații* (ID_76), precum și câștigarea în 2010 a două contracte de colaborare IFA-CEA.

3.4. Spectrometru de rezonanță electronică de spin în bandă X cu transformată Fourier

Acest spectrometru (fig. 8) permite măsurători RES în modurile cw (continuous wave) și pulsant. Conține, de asemenea, și unități ENDOR și ELDOR, operând în pulsuri pentru experimente multi-rezonanță. Sistemul permite abordarea speciilor atomice paramagnetice în diverse materiale: semiconductori cristalini și amorfii, izolatori, materiale cu duritate ridicată, sticle, biomolecule, molecule active chimic etc. Echipamentul completează centrul existent de rezonanță electronică de spin multifrecvență al INCDFM.

Principalii parametri de operare sunt: (i) domeniul de frecvență microunde (modul cw): 9,2-9,9GHz; (ii) frecvența centrală în modul pulsant: 9,7GHz;

Fig. 8. Spectrometrul cu rezonanță electronică de spin (RES) în bandă X, cu transformată Fourier, model Bruker BioSpin ELEXSYS 580 10/12



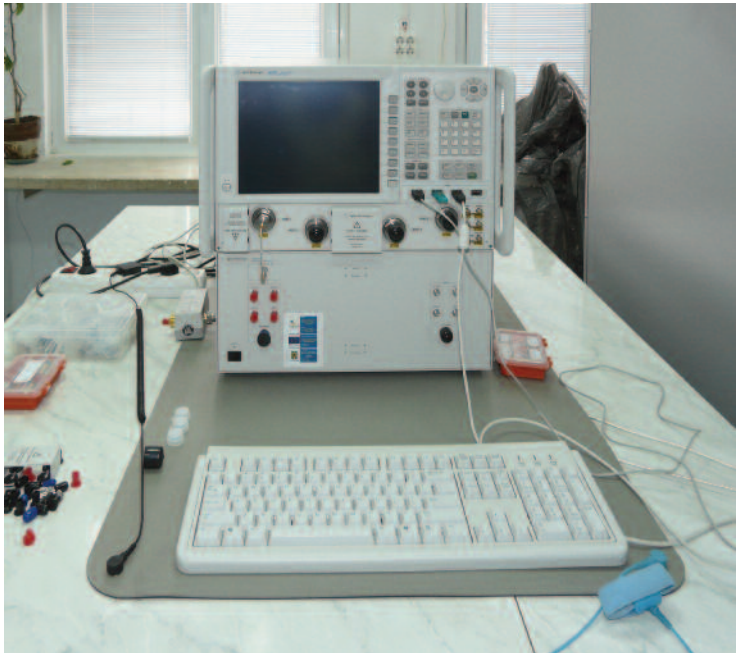
(iii) domeniul de frecvență RF și puterea (pentru măsurători ENDOR): 100kHz–250MHz, 150W; (iv) domeniul de câmp magnetic aplicat: 0,03–1,45 T; (v) sensibilitatea în modul cw: $1,2 \times 10^9$ spini/Gauss.

3.5. Echipament de caracterizare a materialelor și dispozitivelor în domeniul microundelor și a undelor milimetrice

Unitatea centrală a echipamentului este Analizorul de Rețele Vectoriale Agilent PNA-X N5245A (fig.9), echipat cu 4-porturi, sursă duală, „combiner” intern și comutatoare mecanice, compensator de frecvență și inputuri IF adiționale pentru caracterizare de antene și unde milimetrice. Sistemul permite diferite tipuri de măsurători: (i) parametri S (mărime și fază) în domeniul de frecvență; (ii) caracterizarea componentelor neliniare; (iii) parametrul X nelinier; (iv) domenii temporale.

Unitatea standard operează în domeniul 10MHz–50GHz, dar există dispozitive care pot mări intervalul de măsură spre frecvențe mult mai mari (până la 500GHz). Acuratețea datelor măsurate este asigurată de calibrarea adecvată cu un modul de calibrare electronic coaxial (10MHz–67 GHz) și de un

Fig. 9.
Analizor de
rețele
vectoriale
Agilent
N5245A PNA-X



kit de calibrare ghid de undă pentru fiecare bandă de frecvență a capetelor de unde milimetrice.

Capabilitățile de măsură ale sistemului permit caracterizarea materialelor neliniare (cum sunt feroelectricii și multiferoicii) și a dispozitivelor neliniare. În același context a fost achiziționat un spectrometru de microunde până la 7THz Aispec pulse IRS2000 (Fig. 10) pentru caracterizarea materialelor și structurilor într-o foarte largă bandă de frecvențe 40GHz-7THz. Spectrometrul permite diferite tipuri de măsurători: în transmisie (în domeniul de temperatură de la -180°C pînă la +300°C), în reflexie, în reflexie totală atenuată, în probe lichide și gazoase.

Măsurătorile sunt controlate prin computer, utilizând „Aispec THZEQ Measurement Program”, iar software-ul furnizează datele de material, cum ar fi indexul de refracție complex vs. frecvență, constantă dielectrică, pierderile dielectrice, conductivitatea etc.

Fig. 10. Spectrometrul de microunde în banda de frecvență 40 GHz-7THz, Aispec pulse IRS2000



3.6. Camera curată pentru sinteză și caracterizarea materialelor nanostructurate

În cadrul proiectului CEUREMAVSU s-a creat un laborator nou în INCDFM, „Camera curată – Cleanroom” (fig.11), necesar pentru sinteza și caracterizarea materialelor nanostructurate, având infrastructura necesară funcționării în condiții de înaltă performanță.

Camera curată a fost proiectată, realizată și este exploatată conform standardelor internaționale specifice, în principal ISOEN14644, privind clasificarea acestui tip de obiective după parametrii caracteristici, respectiv număr de particule în unitatea de volum de aer, temperatură și umiditate. Camera curată a INCDFM este formată din două încăperi: una de clasa 100, dedicată operațiunilor de fotolitografie; iar cealaltă de clasa 1000, dedicată preparării probelor de materiale prin corodare chimică și metalizare și în instalații SEM specializate, care permit și caracterizarea preliminară.

Fig.11. Camera curată pentru sinteza și caracterizarea materialelor nanostructurate





Fig.12. Instalația de nanolitografie cuplată la un microscop electronic de baleiaj, în camera curată de clasa ISO1000

Instalația de fotolitografie (aliniere și expunere) EVG620 este un echipament complex pentru realizarea operațiunilor de litografie în camera curată, conform cerințelor actuale de cercetare avansată a materialelor nanostructurate. Această instalație are caracteristici tehnice de performanță în domeniu, are rezoluție sub-micronică pentru fotolitografie și permite lucrul cu surse de lumină în ultra-violet apropiat (UVA).

Instalația de SEM cu nanolitografie (fig.12) îmbină calitatea echipamentului SEM (Scanning Electron Microscope) tip Hitachi S-3400N, cu un sistem de nanolitografie Elphy Quantum, fabricat de firma Raith. Instalația mai conține un modul „beam blanker” fabricat de firma Deben UK Limited și este dotată și cu un suport de poziționare controlat cu interferometru laser LST-X, fabricat de firma Deben UK Limited. Rezoluția imaginii SE este de minimum 3.0nm la 30kV ($\times 100000$, WD=5mm, modul vid înalt), rezoluția imaginii BSE este de minimum 4.0nm la 30kV ($\times 60000$, WD=5mm, modul vid scăzut), iar mărirea poate fi variată într-un interval între $\times 5$ și $\times 300000$.

Depunerea de straturi subțiri metalice sau de oxizi este una din operațiile tehnologice de bază în realizarea contactelor pentru caracterizarea complexă a structurilor funcționale de materiale nanostructurate, prin măsurarea parametrilor electrici, electro-optici sau electro-magnetici.

Pentru a nu influența stoichiometria – starea suprafeței probelor sau probele de materiale sensibile la temperaturi ridicate –, s-a achiziționat o instalație de metalizare în care depunerea se face prin evaporare termică asistată de fascicul de electroni. Instalația conține două module, unul pentru depunerea de materiale uzuale în tehnologia din camera curată și al doilea modul pentru materiale care reprezintă potențiali dopanți.

4. CONCLUZIE

Toate aceste dotări, care le suplimentează pe cele existente (total estimat al investițiilor în INCDFM în perioada din 2004 până în prezent fiind de cca 18 milioane euro), împreună cu nivelul recunoscut al cercetătorilor din INCDFM, promovează institutul pe o poziție de vârf în peisajul cercetării Europene în Fizica Materialelelor și în Știința Materiei Condensate, confirmând totodată poziția sa fruntașă în fizica din România, așa cum demonstrează în mod constant, de câteva decenii, valoarea realizată pentru factorul de impact al publicațiilor INCDFM Măgurele, normat la numărul de cercetători.

Trebuie subliniat că deja în momentul prezent, când efectele benefice ale proiectului POS-CCE abia au început, un recent clasament, din iulie 2010, intitulat Ranking Web of World Research Centers (inițiativă a CSIC-Spania) (<http://research.webometrics.info>), Secțiunea Centre de Cercetare, clasează INCDFM (locul 1120) în poziția a doua națională după IFIN HH (locul 946) și înaintea prestigiosului Institut de Matematică al Academiei Române (locul 1722) și a Academiei Române (locul 2078). Astfel, INCDFM este prezent în Top 4000 al acestui clasament.

De asemenea, într-un clasament care a apărut recent (raportul „SC Imago Institutions Rankings 2009 World Report”, publicat pe site-ul <http://www.scimagoir.com>), INCDFM ocupă poziția 1585 (a doua la institute naționale, respectiv a cincea în clasamentul general național), ierarhia fiind făcută după outputul general (publicații de orice fel).

Imprimat la Tipografia Editurii Anima