

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Materialelor-pe drumul către excelență în cercetare (The National Institute for Research and Development in Materials Physics-towards the excellence in research)

LUCIAN PINTILIE

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Materialelor, Str. Atomiștilor 105 bis, Măgurele, 077125, România

The National Institute for Research and Development in Materials Physics, shortly NIMP, has been founded in 1996 and in short time became one of the elite institutes in the Romanian research landscape. The Institute is dedicated to theoretical and experimental advanced studies in the field of condensed matter physics, of materials science and nanomaterials. With a staff formed of 150 senior researchers, post-docs and doctoral students, NIMP has an average production of about 160-170 papers per year published in international journals having ISI impact factor. Other publications are: articles in conference volumes, chapters in edited books, patents. These results were possible due to a coherent development policy applied in the last 6-7 years, envisaging the following items: improvement of the material basis, of the research infrastructure respectively; competition based employment and promotion, with multiple eliminatory filters, ensuring a highly qualified human resources, eager to perform in research; the constant increase of the internal and international visibility by opening new collaborations and by adhering to large research projects at European level; a firm opening towards economic agents, either in the frame of partnerships or as service contracts; insurance of a good collaborative environment, encouraging solidarity within the institute; good quality administrative services, designed to help the research activities. This policy starts to produce results in the last 2-3 years, as follows: participation of NIMP in large international projects (FP7, EUROCOR, CERIC); yearly organization of exploratory workshops with the participation of important scientists from abroad; the foundation, under UNESCO patronage, of a center for advanced studies in physics, as an independent unit within NIMP; increase of the total impact factor to about 400 per year in years 2011 and 2012; hiring of about 30 young researchers; provisioning of highly specialized services to internal and international private companies. On the other hand, important scientific results were obtained, such as: evidencing the effect of the ferroelectric polarization on the formation of the metal-ferroelectric interface; development of field affect transistors based on ZnO nanowires with applications in bio sensing; new polymer-carbon nanotubes for energy storage. All these demonstrate that NIMP is on the good track to achieve excellence at European level. This was confirmed also by the maximum qualification rank (A+) obtained at the National institutional evaluation, with a panel composed by 5 reputed scientists from abroad and lead by the executive president of EMRS. The only risk in achieving excellence is related to the total lack of funding predictability at National level.

Keywords: Policy of science, Development strategy, Materials science, Infrastructure

1. Introducere și scurt istoric

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Materialelor (INCDFM) a fost înființat în anul 1996 prin Hotărârea de Guvern nr. 1312. Este, în fapt, continuatorul Institutului pentru Fizica și Tehnologia Materialelor (IFTM), înființat în anul 1977, ca unitate componentă a Institutului de Fizică Atomică de pe Platforma Magurele. Sediul INCDFM este pe strada Atomiștilor numărul 105 bis, orașul

Măgurele, județul Ilfov, în același ansamblu arhitectonic cu Facultatea de Fizică a Universității București. În anul 2005, a fost aprobat regulamentul de organizare și funcționare al INCDFM prin Hotărârea Guvernului nr. 1400.

Anii de început au fost dificili, din cauza subfinanțării cronice a sistemului de cercetare național. Salariile mici și lipsa concretă de perspective au dus la un exod masiv al cercetătorilor tineri, ceea ce a dus la o creștere rapidă a mediei de vârstă, până spre

50 de ani, la începutul anilor 2000. Perioada de schimbare înspre o situație mai bună a început în anii 2005-2006, o dată cu lansarea programului CEEEX. De atunci și până în prezent, INCDFM a cunoscut o ascensiune continuă, atât pe plan național, cât mai ales la nivel internațional, manifestată prin creșterea numărului și a calității publicațiilor, prin îmbunătățirea semnificativă a infrastructurii de cercetare, prin creșterea numărului de tineri angajați în institut, prin multiplicarea colaborărilor internaționale și prin stabilirea unor conexiuni lucrative cu mediul economic. Toate aceste aspecte vor fi detaliate în paginile următoare.

2. Obiectul de activitate și strategia de dezvoltare 2012-2016

INCDFM dezvoltă cercetări experimentale și teoretice avansate, în domeniul fizicii stării condensate, al științei materialelor și al nanomaterialelor. Eforturile sunt concentrate pe sinteza și caracterizarea materialelor multifuncționale avansate cu proprietăți semiconductoare, supraconductoare, dielectrice, piezoelectrice, feroelectrice, magnetice, cu proprietăți optice neliniare etc. La începuturi, materialele erau sintetizate, în special, sub formă masivă de cristale, ceramici sau sticle. Cu timpul, însă, interesul s-a mutat către straturi subțiri și diferite tipuri de nanoobiecte (nanfire, nanotuburi, nanoparticule core-shell etc.), odată ce tehnicile de sinteză și depunere s-au perfecționat. Materialele preparate sub formă masivă, de strat subțire sau de nanostructuri, sunt dedicate aplicațiilor în domenii de vârf, cum ar fi micro-, nano- și optoelectronică, energie (surse regenerabile, stocare), senzorică, securitate, telecomunicații, instrumentație medicală, biocompatibilitate etc. În acest sens, în INCDFM sunt acoperite toate etapele de cercetare, de la sinteza materialelor, trecând prin caracterizarea structurală și prin investigarea proprietăților fizice, și până la dezvoltarea de modele de laborator și demonstratori.

Pe lângă obiectul principal de activitate, INCDFM mai dezvoltă activități de consultanță și servicii, instruire pentru tineri, organizare de evenimente științifice, editare de jurnale de specialitate, studii prospective în domeniul de activitate etc.

Direcțiile strategice de dezvoltare științifică pentru perioada 2012-2016 sunt următoarele:

A. STUDII FUNDAMENTALE ÎN DOMENIUL FIZICII STĂRII CONDENSATE

- efecte de dimensiune în nanoobiecte și straturi cuantice;

- rolul suprafețelor și interfețelor în materiale structurate;
- corelații electronice și interacțiuni magnetice;
- modelarea și simularea dinamicii microstructurilor prin fizica computațională;
- interacția câmpurilor de radiații cu materia la scara micro și nano.

B. NANOSTRUCTURI ȘI MATERIALE MULTIFUNCȚIONALE

B1. Materiale pentru energie

- generare, conversie, transport și stocare;
- aliaje și compozite pentru reactori de fuziune și fisiune nucleară.

B2. Materiale pentru aplicații în industrii de înaltă tehnologie

- materiale pentru electronică de înaltă frecvență;
- materiale pentru optoelectronică, electronică transparentă, spintronică;
- materiale pentru memorii nevolatile;
- senzorică pentru automatizări și control.

B3. Materiale pentru aplicații în biomedicină și protecția mediului

- materiale biocompatibile și/sau biofuncționale;
- biosenzori, senzori chimici și (foto)-catalizatori.

Se constată, deci, încercarea de a concentra activitatea institutului pe două direcții principale de cercetare: una legată de aspecte fundamentale ale fizicii stării condensate, iar cealaltă, focalizată pe sinteza și caracterizarea de materiale cu potențial de utilizare pentru aplicații în domenii cheie ale economiei viitorului. În stabilirea direcțiilor strategice, în ceea ce privește activitatea de cercetare, s-au avut în vedere rezultatele analizei SWOT, care a evidențiat punctele tari ale institutului (infrastructura de cercetare modernă, resursa umană înalt calificată, expertiza recunoscută internațional în domeniul materialelor avansate) și oportunitățile viitorului apropiat (colaborări internaționale, deschiderea către sectorul economic, deschiderea către interdisciplinaritate, prin legăturile tot mai strânse cu chimia, ingineria, medicina, biologia). Există însă și puncte slabe, cum ar fi rata redusă de finanțare din alte surse decât programul Nucleu sau programele naționale de cercetare-dezvoltare și inovare, care trebuie eliminate, în principal, prin valorificarea oportunităților. În ceea ce privește riscurile, cel mai important și periculos este legat de lipsa de coerență în politica științei, la nivel național și lipsa totală de predictibilitate, în ceea ce privește finanțarea.

3. Organizare

INCDFM este condus de către un Consiliu de Administrație, format din 7 membri. Pe partea științifică, coordonarea este asigurată de către Consiliul Științific, în componența căruia intră 21 de membri. Activitatea zilnică este coordonată de către Directorul General, Directorul Științific și Directorul Economic, ajutați de un Comitet de Direcție format din Șefii de Laboratoare.

INCDFM are în componență un Departament de Cercetare, un Compartiment de Valorificare și Transfer Tehnologic, la care se adaugă serviciile administrative și financiar-contabile. În cadrul Departamentului de Cercetare, activitatea științifică se desfășoară în 5 laboratoare, după cum urmează:

Laboratorul 10 - Materiale și structuri multifuncționale

Laboratorul este dedicat cercetării fundamentale și aplicate, în domeniul materialelor oxidice cu proprietăți dielectrice, feroelectrice, piezoelectrice, semiconductoare și în domeniul nanostructurilor complexe și dispozitive bazate pe nanostructuri. Există două direcții principale de cercetare:

1. producerea și caracterizarea unor dispozitive bazate pe nanoobiecte, de exemplu: tranzistori pentru biosenzori bazați pe nanofire, surse de lumină ultraminiaturizate bazate pe nanofibre, LED-uri bazate pe matrici de nanofire și straturi subțiri organice, cristale fotonice fabricate folosind nanosfere etc;

2. producerea și caracterizarea unor materiale perovskite masive și straturi subțiri cu proprietăți feroelectrice, piezoelectrice sau multiferoice cu aplicații în domenii precum tehnologia informației, comunicațiile în domeniul microundelor sau senzorială.

Laboratorul 20 - Magnetism și supraconductibilitate

Laboratorul este dedicat cercetării în domeniul materialelor cu proprietăți magnetice sau supraconductoare. Procesul de cercetare acoperă toate etapele de la preparare (materiale masive, straturi subțiri sau nanostructuri) la caracterizare structurală, fiind finalizat cu analiza aprofundată a proprietăților magnetice și supraconductoare. Cercetarea este focalizată asupra nanostructurilor magnetice, multistraturi magnetice, materiale pentru magnetorezistență colosală (CMR), magnetorezistența gigant (GMR) și magnetorezistența prin tunelare (TMR), supraconductori de temperaturi ridicate, noi materiale supraconductoare pentru aplicații electronice.

Laboratorul 30 - Fizica stării condensate la nivel nano

Cele 3 grupuri ale Laboratorului 30 desfășoară studii experimentale complexe ale suprafețelor, interfețelor, straturilor subțiri și a nanostructurilor pe bază de Ge și Si amorf, precum și cercetări teoretice în vederea modelării sistemelor mezoscopice. Diverse tipuri de materiale, 10 nanostructurate (de exemplu: nanostructuri și nanocompozite, filme subțiri magnetice, acoperiri dure) sunt preparate prin metode avansate. Subiectele de investigare experimentală sunt direcționate spre proprietățile și procesele specifice sistemelor cu dimensionalitate redusă, fiind sprijinite și de modelări privind compoziția și structura, transportul electric și fototransportul, proprietățile magnetice și procesele de suprafață/interfață, fenomene de captură. Studiile teoretice vizează transportul electronic staționar și/sau dependent de timp în sisteme mezoscopice puternic confinate, dinamica de spin și efectele de interferență cuantică.

Laboratorul 40 - Procese optice în materiale nanostructurate

Acest laborator este aproape în întregime dedicat metodelor de investigare optică aplicate la materiale, cu focalizare pe nanostructuri și nanocompozite. Alte subiecte de cercetare sunt legate de prepararea și caracterizarea structurilor nanometrice semiconductoare, a polimerilor cu proprietăți speciale, electrochimiei, producerii și caracterizării de sticle calcogenice.

Laboratorul 50 - Structuri atomice și defecte în materiale avansate

Acest laborator este dedicat, în principal, investițiilor structurale prin tehnici de caracterizare avansată, cum sunt microscopia electronică prin transmisie (TEM), rezonanța electronică paramagnetică (EPR), spectroscopia Mössbauer. Activitatea laboratorului include, de asemenea, și sinteza de materiale nanostructurate, prin metoda hidrotermală sau coprecipitare. Alte subiecte de cercetare importante sunt legate de domeniile senzorilor de gaze și fotocaliziei.

În cadrul Compartimentului de Valorificare, există un laborator acreditat RENAR, și anume:

Laboratorul MAAS, acreditat pentru încercări prin X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)

Laboratorul MAAS a fost acreditat în concordanță cu SR EN ISO / CEI 17025:2005, pentru încercări prin XPS ca sprijin în implementarea directivelor 2002/95/UE (RoHS) și 2002/96/EC (WEE).

4. Politica în domeniul infrastructurii de cercetare

Infrastructura de cercetare din INCDFM s-a îmbunătățit substanțial în ultimii 6-7 ani, în urma unei politici coerente și convergente de achiziții supervizate de către Consiliul Științific al institutului, cel puțin pentru echipamentele mari, de interes general. Achizițiile importante au fost realizate prin finanțare din următoarele surse:

- Programul Capacități – la competiția organizată în anul 2007, INCDFM a câștigat 6 astfel de proiecte, în valoare totală de aproximativ 3 milioane euro. Toate cele 6 proiecte au fost finalizate cu succes, echipamentele achiziționate în cadrul lor fiind, în totalitate, funcționale începând cu anul 2009, anul de încheiere a acestor proiecte.

- Programul Nucleu – în măsura în care acoperirea salarială era asigurată, sume importante din finanțarea primită de către INCDFM pe programul Nucleu au fost alocate achizițiilor de echipamente. Au fost completate, astfel, unele tehnici de sinteză și caracterizare, care nu au putut fi achiziționate prin alte proiecte.

- Programele CEEX și Parteneriate - la competițiile organizate, între anii 2005 și 2008, la cele două programe, INCDFM a câștigat mai multe proiecte în calitate de coordonator sau partener. O parte din sumele destinate achizițiilor de echipamente au fost „comunizate” prin acordul directorilor sau responsabililor de proiecte, permițând, astfel, achiziția unor echipamente mari, de interes comun, cum ar fi microscopul electronic de baleiaj (SEM) sau spectroscopia dielectrică de bandă largă.

- Programul POS-CCE - la competiția organizată în 2008, INCDFM a câștigat un proiect în cadrul Operațiunii 2.2.1.: dezvoltarea infrastructurii CD existente și crearea de noi infrastructuri CD (laboratoare, centre de excelență). Valoarea proiectului a fost de circa 10 milioane euro, suma dedicată în proporție de 99 % achizițiilor de echipamente și licențelor de programe. Proiectul s-a derulat între martie 2009 și aprilie 2011. La final au fost achiziționate 23 de echipamente cu valoare mai mare de 100.000 euro și peste 40 licențe de programe.

În momentul de față, în INCDFM se găsesc următoarele:

1. tehnici de sinteză și depunere straturi subțiri: tehnici umede (chimice, electrochimice); evaporare în vid (în special metalizări); pulverizare în radio-frecvență (2 echipamente noi, cu magnetron multiple și tehnici de caracterizare in-situ); depunere în fascicol laser pulsant (PLD); epitaxie în fascicol molecular (MBE-2 camere de reacție);

2. tehnici de procesare: fotolitografie; nanolitografie cu fascicol de electroni; nanogravură cu fascicol focalizat de ioni (sistem dublu FIB-SEM). Toate aceste echipamente se găsesc în noua cameră curată, cu suprafața de 80 de mp, din care 12 sunt de clasa 100, iar restul de clasa 1000 (Fig.1);

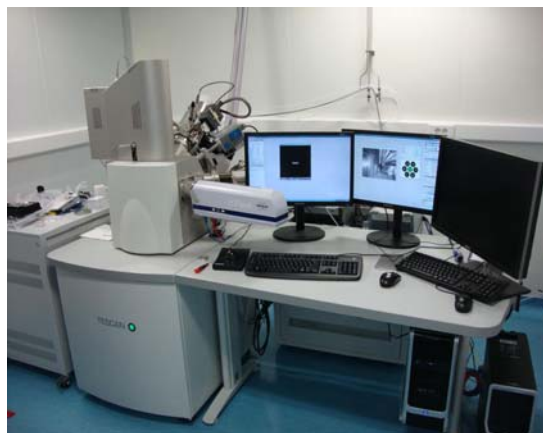


Fig. 1. Sistemul FIB-SEM Lyra 3 XMU de la Tescan, amplasat în camera curată

3. tehnici de caracterizare structurală și compozițională: microscopie electronică de baleiaj (SEM); microscopie electronică de transmisie (TEM) clasică și de înaltă rezoluție; microscopie de forță atomică (AFM); difracție de raze X (XRD) pentru pulberi și pentru straturi subțiri; cluster pentru studiul compoziției chimice și a structurii electronice a suprafețelor și interfețelor (cuprinzând 2 camere de depunere MBE, 2 instalații XPS performante; 2 microscopie STM, 1 echipament XAS și un microscop LEEM-PEEM); un laborator performant de rezonanță electronică de spin (RES); un microscop Raman; un microscop de microfluorescență etc. Merită subliniat că cel mai valoros echipament achiziționat în cadrul proiectului POS-CCE este un microscop TEM de înaltă rezoluție, model ARM-200F de la JEOL (Fig. 2), cu capabilități de lucru în mod de baleiaj, dotat cu analiza EDS și EELS (permite analiza elementală la o rezoluție de 0.08 nm);

4. tehnici de investigare a proprietăților fizice: laborator complex pentru investigarea proprietăților electrice/fotoelectrice/feroelectrice la diferite temperaturi, câmpuri electrice sau magnetice aplicate și în diferite condiții de iluminare; investigarea proprietăților magnetice și supraconductoare (2 echipamente VSM, 1 echipament SQUID și 1 echipament PPMS); investigarea proprietăților optice (diferite echipamente pentru spectrometrie optică, luminiscentă, elipsometrie etc.); investigarea proprietăților dielectrice (spectroscopie dielectrică de bandă largă,

spectroscopie de THz, analizoare vectoriale pentru domeniul de lungimi de undă până la 325 GHz).



Fig. 2. Microscopul electronic de transmisie, de înaltă rezoluție, ARM-200F, achiziționat de la EOL în cadrul proiectului finanțat din programul POS-CCE.

INCDFM mai dispune și de acces performant la Internet, protecție UPS de putere pentru toate echipamentele din institut și sursă proprie de apă, printr-un puț de mare adâncime. Aceste ultime investiții s-au făcut cu ajutorul ANCS în anii 2010-2011, pentru a elimina riscul deteriorării echipamentelor din cauza întreruperilor accidentale de alimentare cu energie electrică sau apă.

5. Politica în domeniul resurselor umane

În prezent, INCDFM are 241 angajați, dintre care 54 lucrează în serviciile administrative, iar restul în laboratoarele de cercetare. Personalul implicat în activitatea de cercetare este alcătuit din: 43 de CS1; 11 CS2; 32 de CS3; 22 de CS; 39 ACS și 40 ingineri sau tehnicieni. 101 dintre cercetători au diplomă de doctorat în fizică, chimie, inginerie etc. În ultimii ani, numărul doctoranzilor care lucrează în institut a fost de 20-25 în fiecare an.

Anual, este organizat un concurs pentru angajarea de tineri absolvenți ai Facultăților de Fizică, Știința Materialelor, Chimie etc. Media candidaților, în perioada 2009-2012, a fost de 25 pe an, iar dintre aceștia doar 7-8, în medie, au fost angajați în INCDFM cu contract pe perioada determinată. În primele 6 luni, candidații admiși urmează cursuri interne în domeniul fizicii stării solide și a tehnicilor experimentale utilizate în institut. Cursurile sunt

pregătite și susținute de către specialiștii din institut. La finalul celor 6 luni, se susține un examen constând din proba scrisă și orală, cu subiecte din cursurile menționate mai sus. Cei care promovează examenul, cu medii peste 8, își continuă activitatea în institut, încă o perioadă de timp de maxim 2 ani, după care susțin examenul de confirmare pe post (prezentare în format conferință și interviu). Candidaților, care la prima triere obțin medii între 7.5 și 8, li se mai acordă șansa promovării examenului în anul următor. Nici un candidat care nu promovează primul examen de triere, cel de la 6 luni după angajare, nu poate obține confirmarea pe post, respectiv transformarea contractului de muncă pe perioadă determinată, într-unul pe perioadă nedeterminată. Ei pot rămâne însă în institut, în măsura în care există directori de proiecte care doresc să îi angajeze pe proiectele pe care le conduc.

Cu toate că filtrele sunt multiple și exigente, INCDFM nu a dus lipsă de candidați pentru angajare. Explicațiile ar fi multiple: infrastructura de cercetare modernă; transparența carierei profesionale, în sensul că știu de la început ce examene îi așteaptă, ce trebuie să facă pentru a promova și ce beneficii au după ce obțin poziția permanentă în institut; tematicile de cercetare de vârf; posibilitatea de a efectua stagii de lucru în străinătate, valorificând colaborările internaționale ale seniorilor din institut; mediul de lucru colaborativ și stimulat etc.

Aplicând consecvent această politică, s-a coborât media de vârstă a institutului către 41 ani.

Un alt aspect, care merită subliniat la capitolul Resursă Umană, este cel al reintegrării. Foarte mulți cercetători cu vârste între 30 și 45 de ani sunt, de fapt, reîntorși în institut, după stagii doctorale și post-doctorale desfășurate în străinătate. Numai în ultimii doi ani, 5 tineri cercetători cu doctoratul susținut în SUA, Marea Britanie, Franța sau Germania au revenit sau au fost angajați în institut, unii dintre ei beneficiind și de granturile de reintegrare scoase la competiție de către UEFISCDI (Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării Dezvoltării și Inovării).

Mai timid, în ultimii ani, a început să crească și numărul cercetătorilor din străinătate care vin să lucreze în INCDFM, pe perioade mai scurte sau mai lungi, în funcție de sursa de finanțare disponibilă. Până în prezent, am avut oaspeți din India, China, Franța, Lituania, Marea Britanie, Turcia, SUA, Tunisia. Sperăm ca numărul acestora să crească, în urma consolidării colaborărilor internaționale tradiționale și a implicării INCDFM în câteva proiecte importante, cum ar fi CERIC, UNESCO, ELI-NP (detalii în capitolele următoare).

6. Finanțarea

Finanțarea INCDFM este asigurată din 3 surse principale:

- Programul Nucleu;
- Proiecte câștigate la competiții naționale în cadrul unor programe precum CEEX, Idei, Parteneriate, Resurse Umane, Capacități;
- Proiecte finanțate din surse internaționale și contracte economice (incluse în „finanțare de către terți”).

Tradițional, INCDFM a fost o instituție de succes la competițiile de proiecte organizate în cadrul programelor CEEX sau al programelor aferente Planului Național de Cercetare-Dezvoltare și Inovare 2007-2013. La ultimile competiții, organizate în anii 2011 și 2012, INCDFM a câștigat numeroase proiecte, cum ar fi: 13 proiecte Idei-PCE; 1 proiect Idei-PCCE; 6 proiecte Resurse Umane-TE; 6 proiecte Resurse Umane-PD; 1 proiect în cadrul acordului IFA-CEA; 1 proiect în cadrul acordului ANR-ANCS; 6 proiecte în cadrul programului EURATOM; 4 proiecte Parteneriate în calitate de coordonator și 13 în calitate de partener. La acestea se adaugă finanțarea participărilor FP7 prin programul Capacități și câteva contracte de colaborare bilaterală finanțate prin același program.

Sursele finanțate de terți sunt legate de proiecte FP7, precum și alte proiecte cu finanțare internațională (Elveția, Erasmus etc.). În ceea ce privește contractele cu mediul privat, acestea nu sunt de valori foarte mari, dar merită menționată deschiderea unor colaborări în ultimii ani cu firme mari și mijlocii, cum ar fi Honeywell, Zentiva, SaraFarm, Oerlikon AG (Elveția) și altele.

În ultimii 3 ani, INCDFM a beneficiat și de unele investiții directe de la ANCS, pentru modernizarea rețelei electrice, pentru sursa de apă alternativă și pentru reabilitarea/consolidarea Conacului Oteteleşanu (Fig. 3). Această clădire se află în administrarea INCDFM, este monument istoric de categoria B și, după ce va fi reabilitată, va deveni sediul Centrului de Studii Avansate de Fizică, sub auspiciile UNESCO. Acest centru va funcționa ca unitate cu personalitate juridică în cadrul INCDFM și va fi destinat, în principal, activităților de instruire a tinerilor cercetători din regiuni defavorizate ale lumii (de exemplu, nordul Africii, Orientul Apropiat și Mijlociu), dar și din țări balcanice (Serbia, Macedonia, Albania) sau din fosta URSS (Moldova, Ucraina).

Media veniturilor totale ale INCDFM, în ultimii ani, a fost de circa 9-10 milioane euro, cu o scădere în 2009 și 2013, din cauza reducerii masive a finanțării pe proiectele câștigate la competiție. În general,

ponderea în structura veniturilor a fost următoarea: circa 45 % programe Nucleu; circa 45 % proiecte câștigate la competiție; circa 10 % finanțare de la terți și investiții directe. Ponderea finanțării Nucleu a fost mai mare în 2009, din motivele menționate mai sus și, în mod cert, va fi la fel în 2013, din cauza reducerii finanțării proiectelor câștigate la competiție, cu procente cuprinse între 40 % și 55 %.



Fig. 3. Imaginea Conacului Oteteleşanu după reabilitare, viitor sediu al Centrului pentru Studii Avansate în Fizică, centru ce va funcționa ca institut UNESCO de categoria a 2-a.

7. Politica în domeniul colaborărilor naționale și internaționale

După cum se poate deduce și din capitolul anterior, participarea INCDFM la proiecte de tip parteneriat impune colaborarea cu instituții de cercetare atât din țară, cât și din străinătate. De-a lungul timpului, s-au consolidat colaborări fructuoase, cu numeroase institute de cercetare și universități din țară, cum ar fi: Institutul Național de Fizica Laserilor, Plasmei și Radiațiilor (INFLPR), Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” (IFIN-HH), Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Optoelectronică (INOE), Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică (IFT Iași), Institutul de Tehnologie Izotopică și Moleculară (ITIM Cluj), Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice și Izotopice (ICSI Râmnicu Vâlcea); Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare Pentru Electrochimie și Materie Condensată (INCEMC Timișoara), Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Microtehnologie (IMT), Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru

Inginerie Electrică (ICPE-CA), INCDFM Textile și Pielărie, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Chimie și Petrochimie (ICECHIM), Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni” Iași, Institutul de Chimie Fizică „Ilie Murgulescu”, Universitatea București, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” (UAIC); Universitatea „Babeș-Bolyai”; Universitatea „Politehnica” din București (UPB); Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Iași etc.

Pe plan internațional, există colaborări cu peste 60 de instituții de cercetare din țări ale Comunității Europene, Japonia, Singapore, Correea de Sud, China, India, SUA, Rusia, Ucraina, Moldova etc. Parte din aceste colaborări au la bază acorduri interguvernamentale de cooperare științifică, parte sunt în cadrul unor proiecte de tip parteneriat finanțate din fonduri internaționale, parte au la bază doar protocoale de colaborare bilaterale. Colaborările externe constau în schimburi de probe, pentru a beneficia de tehnici de analiză complementară, existente în instituțiile colaboratoare, în schimb de personal (în special stagii de lucru ale tinerilor din INCDFM la colaboratori din străinătate) și în elaborarea de publicații și proiecte comune.

Pe lângă colaborările bilaterale, sau în cadrul unor proiecte de tip FP7, merită amintite și câteva proiecte mari de infrastructură sau de cercetare în care INCDFM este angrenat:

1. CERN. INCDFM este un vechi colaborator al CERN, pe linia dezvoltării de detectori de radiații, cu durată de viață îmbunătățită și rezistență sporită la fluxuri ridicate de radiații corespunzătoare experimentelor în curs de desfășurare la LHC sau previzionate pentru Super-LHC. În cadrul colaborărilor RD48 și RD50, INCDFM a contribuit, alături de alte aproximativ 50 de instituții de cercetare din întreaga lume, la progresul detectorilor de Si care sunt acum utilizați în experimentele ATLAS, ALICE sau CMS. Contribuția INCDFM a fost legată de investigarea nivelurilor de captură electric active, asociate defecțelor induse de iradiere, nivele cu efect detrimental asupra caracteristicilor macroscopice ale detectorilor de Si.

2. CERIC. Aceasta este o infrastructură pan-europeană de cercetare, distribuită în 9 țări: România, Republica Cehă, Serbia, Croația, Ungaria, Austria, Polonia, Slovenia și Italia. Este, de fapt, un consorțiu de infrastructuri de cercetare, benevol constituit, din dorința partenerilor de a exploata mai eficient echipamentele de care dispun. INCDFM participă la consorțiu ca „punct de intrare” pentru România. Din punct de vedere al echipamentelor, INCDFM participă cu laboratoarele HR-TEM și RES. Principala infrastructură din consorțiu este sincrotronul Elettra de la Trieste, Italia.

3. ELI-NP. Este, fără doar și poate, un proiect important în România. Inițial, INCDFM făcea parte din consorțiu de 3 institute, care urma să construiască această infrastructură, alături de IFIN-HH (coordonator) și INFLPR. INCDFM ar fi urmat să se ocupe de comisionarea laboratorului pentru pregătirea țintelor necesare experimentelor, dar ar fi fost și utilizator, prin desfășurarea de experimente de interacție a radiației laser cu materia.

Se observă, deci, o deschidere din ce în ce mai largă către colaborări internaționale, atât bilaterale, cât și în cadrul unor parteneriate sau mari infrastructuri de cercetare.

La acest capitol trebuie menționată, din nou, și creșterea treptată a colaborărilor cu mediul privat atât în proiecte de tip Parteneriat, cât și prin contracte directe. În ciuda organizării de evenimente tip „Ziua ușilor deschise”, la care au participat și reprezentanți ai mai multor companii (fie IMM-uri, fie chiar reprezentanți ai unor firme multinaționale, precum Infineon, IBM, Renault), colaborarea cu industria nu reprezintă încă un punct forte al INCDFM. Cauzele nu sunt legate numai de institut, ci și de contextul economic general, precum și de unele curențe ale legislației în domeniul drepturilor de proprietate intelectuală.

8. Evoluția rezultatelor științifice

După cum s-a menționat anterior, INCDFM produce o medie de 160-170 de lucrări în jurnale, cu factor de impact ISI. Numărul total al publicațiilor, incluzând și articole în jurnale fără factor de impact ISI, în volume de conferințe, cărți sau capitole de cărți, depășește în fiecare an 200.

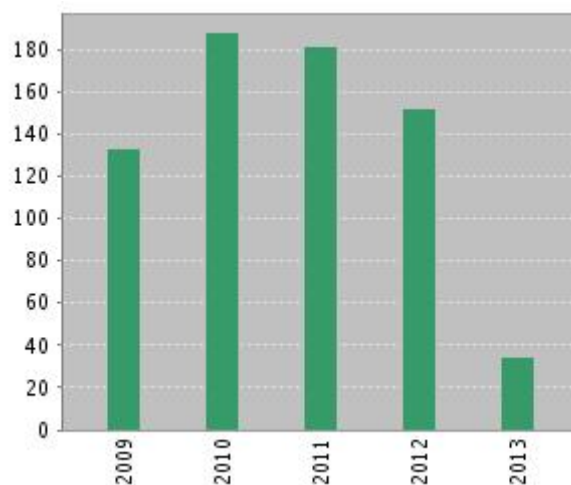


Fig. 4. Evoluția numărului de articole publicate în jurnale cu factor de impact ISI.

Fig. 4 prezintă evoluția publicațiilor, din 2009 până în prezent, descărcată de pe ISI Web of Science, care confirmă cele spuse mai sus.

În ultimii 3 ani, s-a constatat o schimbare radicală în ponderea lucrărilor publicate în jurnalele inițiate de către INCDFM, față de ponderea lucrărilor publicate în alte jurnale, în sensul că prima a scăzut, iar ultima a crescut. Pentru perioada 2009-2013, au fost publicate circa 760 de articole cu afilierea INCDFM. Dintre acestea, circa 20 % sunt publicate

în jurnale inițiate de către INCDFM, cum ar fi Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, Optoelectronics and Advanced Materials Rapid Communications. Restul de 80 % sunt publicate în alte jurnale, majoritatea în jurnale ale unor edituri prestigioase, cum ar fi APS, AIP, Elsevier, IOP, Wiley, Taylor and Francis etc. În tabelul de mai jos, este prezentată ponderea primelor 10 jurnale din străinătate din totalul de 760 lucrări.

APPLIED SURFACE SCIENCE	26	3.435 %
PHYSICAL REVIEW B	26	3.435 %
THIN SOLID FILMS	23	3.038 %
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	22	2.906 %
JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS	18	2.378 %
PHYSICA C SUPERCONDUCTIVITY AND ITS APPLICATIONS	17	2.246 %
SUPERCONDUCTOR SCIENCE TECHNOLOGY	16	2.114 %
JOURNAL OF PHYSICS CONFERENCE SERIES	12	1.585 %
JOURNAL OF SUPERCONDUCTIVITY AND NOVEL MAGNETISM	12	1.585 %
OPTICAL MATERIALS	12	1.585 %
JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE	11	1.453 %
JOURNAL OF NANOPARTICLE RESEARCH	10	1.321 %
JOURNAL OF NON CRYSTALLINE SOLIDS	10	1.321 %

Consecința este că factorul de impact cumulat a crescut de la aproximativ 200 în 2009, la aproximativ 300 în 2010 și la aproximativ 400 în 2011 și 2012. Creșterea calității publicațiilor este reflectată și în graficul din Fig. 5, care prezintă distribuția articolelor publicate în funcție de factorul de impact al jurnalului în care au fost publicate.

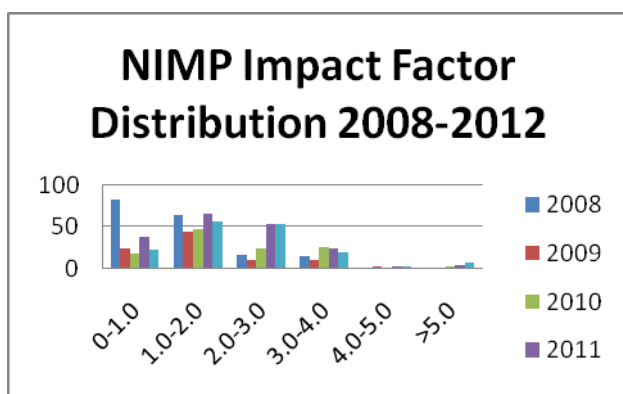


Fig. 5. Distribuția numărului de articole publicate în funcție de factorul de impact al jurnalelor în care au fost publicate.

Se constată deci o scădere dramatică a articolelor publicate în jurnale cu factor de impact mai mic decât 1, care au ajuns să reprezinte mai puțin de 15 % din totalul lucrărilor publicate într-un an. În schimb, a crescut semnificativ ponderea lucrărilor publicate în

jurnale cu factor de impact mai mare ca 2, care au ajuns să reprezinte aproape 50 % din lucrările publicate într-un an.

9. Rezultatul evaluării instituționale

În aprilie 2012, INCDFM a fost supus procesului de evaluare instituțională, conform procedurilor stabilite prin HG 1062/2011. Panelul de evaluare a fost alcătuit din: Prof. Rodrigo Martins, Universitatea Nova Lisboa, Portugalia și Președinte Executiv al EMRS; Prof. Elvira Fortunato, Universitatea Nova Lisboa, Portugalia; Prof. Sabine Szuneritz, Universitatea Lille, Franța; Prof. Joannis Giapintzakis, Universitatea Cipru; Prof. Alberto Feteira, Universitatea Sheffield, Marea Britanie. Rezultatul evaluării a constat în obținerea calificativului A+, cu următoarele note: 4.2 la calitatea rezultatelor cercetării; 4.7 la calitatea resursei umane; 4.5 la calitatea infrastructurii de dezvoltare; 5 la calitatea managementului; 4.7 la calitatea planului de dezvoltare pentru perioada 2012-2016. Principalele recomandări ale panelului au fost:

- o deschidere mai mare către sectorul economic, prin inițierea unor transferuri tehnologice și înființarea de „spin-off-uri”;
- publicarea rezultatelor în jurnale cu factor de impact cât mai mare;

- angajarea de personal tehnic, care să ajute la elaborarea de produse și tehnologii cu potențial de transfer tehnologic;

- utilizarea infrastructurii de cercetare și în regim „open access”, maximizând în acest fel utilizarea eficientă, circulația de idei și apariția de potențiale aplicații;

- focalizarea tematică în interiorul institutului prin crearea de grupuri de cercetare puternice.

10. Rezultate științifice deosebite obținute în ultimii ani

În ultimii ani, s-au obținut numeroase rezultate științifice de valoare, concretizate în lucrări publicate în jurnale de prestigiu internațional, după cum s-a menționat și mai sus. Unele dintre ele merită, însă, a fi amintite, în mod particular, datorită impactului pe care îl au sau pe care îl pot avea și în domeniul aplicațiilor de înaltă tehnologie. Mă voi opri la 3 domenii de cercetare, în care INCDFM și-a adus contribuții substanțiale în ultimii ani: detectorii de siliciu rezistenți la radiații; sinteza de nanotuburi/nanofire pentru biosenzori; interfețe în oxizi.

Detectorii de siliciu rezistenți la radiații

Detectorii de Si, cu rezistență crescută la radiații, sunt necesari în experimentele LHC, care se desfășoară la CERN Geneva. Cercetările s-au desfășurat în cadrul a două mari colaborări, supervizate de către CERN:

- RD48 - **Research and development On Silicon for future Experiments**, încheiată în anul 2000, colaborare la care au participat 40 de instituții de cercetare din întreaga lume și 7 companii specializate în procesarea Si, producerea de detectori și de aparatură utilizate în experimente de particule elementare;

- RD50 - **Radiation hard semiconductor devices for very high luminosity colliders**, începută în 2001 și încă în derulare, colaborare la care participă 48 de instituții de cercetare și firme, în calitate de membri, și încă 18 instituții de cercetare sau organizații internaționale, în calitate de observatori.

INCDFM a fost sau este membru în ambele colaborări. Rolul său a fost să identifice defectele structurale, care introduc în banda interzisă a Si nivele de captură electric active și să coreleze aceste nivele de captură cu modificarea observată în caracteristicile macroscopice (eficiență colecției de sarcină, tensiunea de depleție, curentul de scurgeri) ale detectorului expus la radiații. Nivelele de captură au fost investigate prin metode specifice, și anume, Spectroscopia Tranzientală de Nivele Adânci (Deep

Level Transient Spectroscopy-DLTS) și Curenții Termostimulați (Thermo Stimulated Currents-TSC).

Este cunoscut faptul că, în funcție de tipul de radiație utilizat, defectele structurale, care apar în Si, pot fi punctuale (vacante, îsterșițiali, divacante etc., care apar la iradiere cu gamma și electroni) sau extinse (de tip cluster, apar la iradiere cu neutroni și protoni). Nivelele de captură asociate acestor defecte pot influența concentrația de purtători în Si, cu consecințe asupra tensiunii de depleție și a curentului de scurgeri. După experimente deosebit de complexe, care au necesitat efectuarea de măsurători pe detectori de Si cu diferite calități de Si, expuși la diferite tipuri de radiații, cu diferite energii și fluente, și după experimente la fel de complexe de studiere a evoluției în timp a defectelor, au fost trase câteva concluzii valoroase, care stau astăzi la baza producerii detectorilor utilizați în experimentele LHC. Acestea sunt:

- Si produs prin zona flotantă (Float Zone-FZ) este mai rezistent la radiații comparativ cu cel produs prin Czokralski;

- îmbogățirea Si-FZ cu oxigen până la 10^{17} cm^{-3} duce la o rezistență mai sporită la radiații, cu un timp de viață de până la 10 ani, dar și cu o semnificativă creștere a tensiunii de depleție.

- Si crescut epitaxial pare a fi mai rezistent la radiații comparativ cu Si monocristalin.

Datele obținute din investigarea nivelelor de captură generate de iradiere în Si au permis modelarea teoretică a caracteristicilor macroscopice ale detectorilor în cadrul așa-numitului „model Hamburg” (după numele Institutului de Fizică Experimentală al Universității din Hamburg, locul unde modelul inversiei tipului de conducție în Si, datorită iradierii, a fost prima oară propus; merită menționat și faptul ca grupul din Hamburg a fost principalul colaborator al INCDFM în analiza nivelelor de captură în Si).

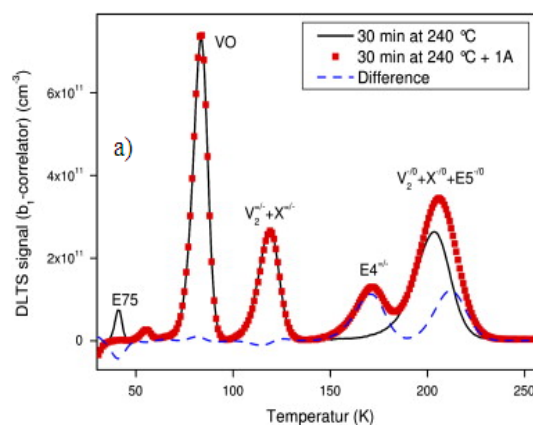


Fig. 6. Spectrul DLTS obținut după iradierea cu neutroni de 1 MeV și protoni de 23 GeV a unei structuri MOS pe bază de Si.

Studiul nivelelor de captură a fost realizat atât pe structuri de tip diodă, cât și pe structuri de tip MOS. În afara Si, alt material de interes pentru detectorii de radiații este SiC. Acesta este considerat ca un posibil material alternativ pentru S-LHC. Fig. 6 prezintă un exemplu de spectru DLTS obținut pe o structură de tip MOS pe baza de Si, doar pentru a exemplifica complexitatea studiului întreprins.

Interfețe în oxizi

Materialele oxidice multifuncționale sunt de un interes, din ce în ce mai ridicat, datorită potențialului imens pentru aplicații în micro- și nanoelectronică (de exemplu, pentru memorii nevolatibile), senzorială, comunicații fără fir, securitate (de exemplu, sisteme radar, protecție la intrus) etc. În special, clasa oxizilor cu structură perovskit este foarte atractivă, oferind materiale cu proprietăți dielectrice, feroelectrice, magnetice, conductoare, supraconductoare. Apare, deci, ca naturală, combinarea acestor oxizi în structuri complexe pentru a obține structuri de tip capacitor, dioda Schottky sau MOS. În toate aceste structuri, interfețele joacă un rol determinant.

Având în vedere cele de mai sus, a fost demarat un amplu program de studiu al interfețelor în structuri din materiale oxidice, care să utilizeze eficient expertiza existentă în INCDFM, precum și noile infrastructuri de cercetare achiziționate în ultimii ani. Probele sunt preparate prin tehnica PLD, caracterizarea structurală este efectuată utilizând noul microscop HR-TEM, iar proprietățile interfețelor sunt studiate combinând tehnici de investigare la nivel microscopic (XPS) cu măsurători electrice macroscopice. Finanțarea studiilor este realizată atât din surse Naționale (un proiect de tip PCCE adjudecat de INCDFM, în valoare de 7 milioane lei), cât și internaționale (un proiect FP7, în care INCDFM are alocată o sumă mai mare de 500,000 euro). Proiectul PCCE este dedicat, în principal, studiului interfețelor cu metale sau oxizi conductori, cu sau fără proprietăți magnetice, în timp ce proiectul FP7 este dedicat studiului interfețelor, în structuri all-oxide pentru aplicații de memorii nevolatibile.

S-a reușit obținerea unor structuri epitaxiale, de înaltă calitate, din materiale feroelectrice de tip PZT sau BaTiO_3 , precum și sinteza epitaxială a unor noi materiale feromagnetice de tip perovskit dublu, cum ar fi $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$. Măsurătorile XPS au pus în evidență curbura benzilor de energie la interfața metal-feroelectric, în absența și în prezența sarcinii de polarizare, iar măsurătorile electrice au confirmat faptul că polarizarea feroelectrică controlează proprietățile electronice ale interfețelor cu electrozii. Fig. 7a) prezintă un exemplu de structură epitaxială de tip SRO-PZT-ZnO, iar Fig. 7b) prezintă ciclul de histererezis obținut în cazul unui strat epitaxial de PZT.

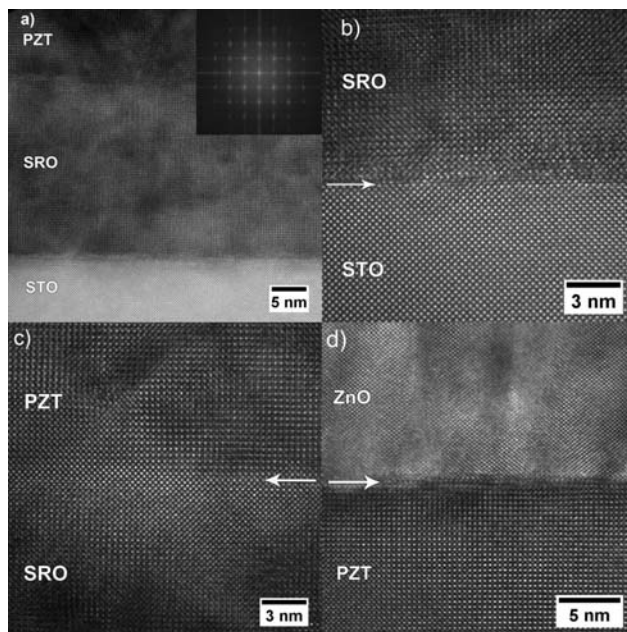


Fig. 7 a). Structuri epitaxiale all-oxide obținute prin PLD.

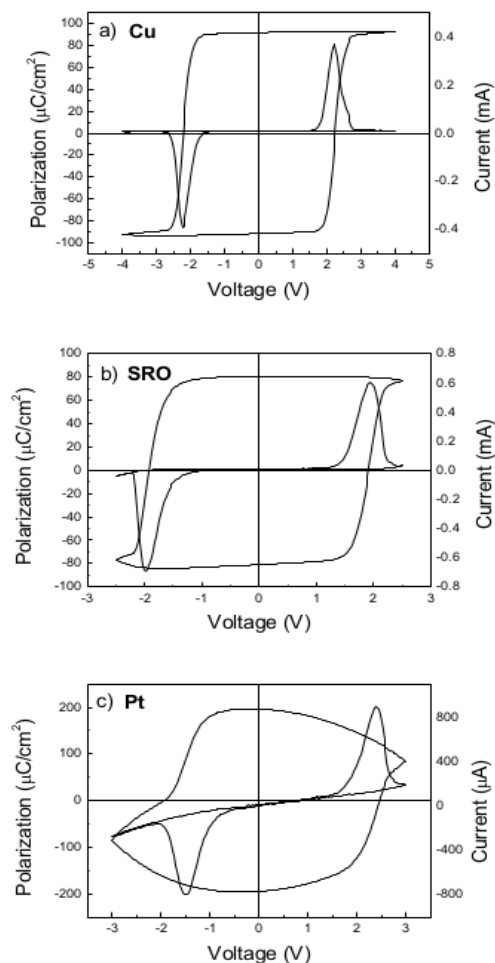


Fig. 7 b). Cicluri de histererezis obținute pentru un strat epitaxial de PZT cu diferite metale utilizate ca electrod superior.

Sinteza electrochimică a nanofirelor pentru biosenzori

Metoda șablon a fost utilizată cu succes pentru sinteza de nanofire metalice și semiconductoare în baie electrochimică. Este o metodă simplă, în care șablonul este obținut prin iradiere cu fascicul de ioni a unei folii de policarbonat, urmată de corodare, în urma careia, în folie apar canale cu diametre bine controlate, de la 100 până la 1000 nm. După aceea, pe una din fețe, se depune un electrod metalic. Șablonul metalizat este apoi cufundat în baie electrochimică, în care se găsesc ionii materialului ce urmează a fi depus în porii cilindrici. Prin controlul strict al condițiilor de depunere, se pot obține chiar nanofire segmentate, cum ar fi metal-semiconductor-metal, sau homojonctiuni p-n (cum ar fi CdTe, la care se poate obține dopaj n sau p, prin controlul concentrațiilor de Cd și Te în timpul depunerii).

Nanofirele astfel obținute sunt eliberate din pori prin dizolvarea șablonului, după care sunt dispersate pe suprafața unui dielectric, pe suprafața căruia a fost executat prin fotolitografie o pereche de electrozi

interdigitați. Contactul între nanofir și electrodul metalic interdigitat se realizează prin depunerea de Pt, cu ajutorul sistemului FIB-SEM. Procesarea fotolitografică, precum și cea FIB-SEM se realizează în noua cameră curată.

Fig. 8 prezintă un nanofir de ZnO contactat prin metoda descrisă mai sus. Aceasta permite efectuarea de măsurători electrice pe un singur nanofir. Dacă peste nanofir se depune un strat dielectric, atunci se poate obține o structură de tip FET. Funcționalizând dielectricul de poartă cu substanțe sensibile la diferiți odoranti emiși de insecte dăunătoare pentru plante, se poate modifica potențialul de poartă și, implicit, conducția canalului reprezentat de nanofir. Se obține, astfel, un biosenzor care poate declanșa eliminarea locală de insecticid pentru combaterea dăunătorului respectiv. Se evită, astfel, împrăștierea insecticidelor cu ajutorul avioanelor, metodă care prezintă dezavantajul major că substanța chimică era răspândită aerian, punând în pericol și sănătatea oamenilor din zona tratată.

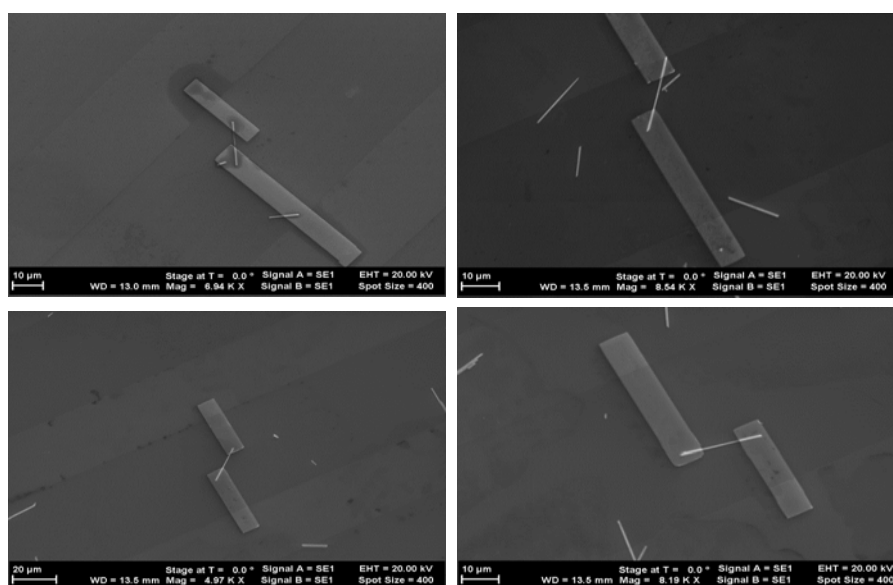


Fig. 8. Contactarea firelor de ZnO.

11. Concluzii

INCDFM este, în momentul de față, un institut de elită în cercetarea românească. Atingerea acestui nivel a fost posibilă, în urma unor politici coerente în domeniul strategiei de cercetare, al infrastructurii și al resurselor umane. Merită subliniat faptul că această politică a fost rezultatul unui proces comun de analiză. Odată adoptată de către organismele de conducere ale INCDFM, ea a fost asumată de către toți salariații, fiecare aducându-și apoi contribuția la implementarea ei practică. Acceptarea de către o

largă majoritate a unei anumite politici de dezvoltare reduce, astfel, șansele de eșec în situația unei schimbări de conducere la vârf. Este un model care ar trebui poate reluat și la nivel superior pentru a elimina bulversările care au loc în sistemul de cercetare la fiecare schimbare de putere.

Autor corespondent: pintilie@infim.ro

