

Anexa 8.1.A

NOTA DE FUNDAMENTARE

DIRECTII STRATEGICE DE CDI IN DOMENIUL NANOMATERIALELOR SI NANOTEHNOLOGIILOR

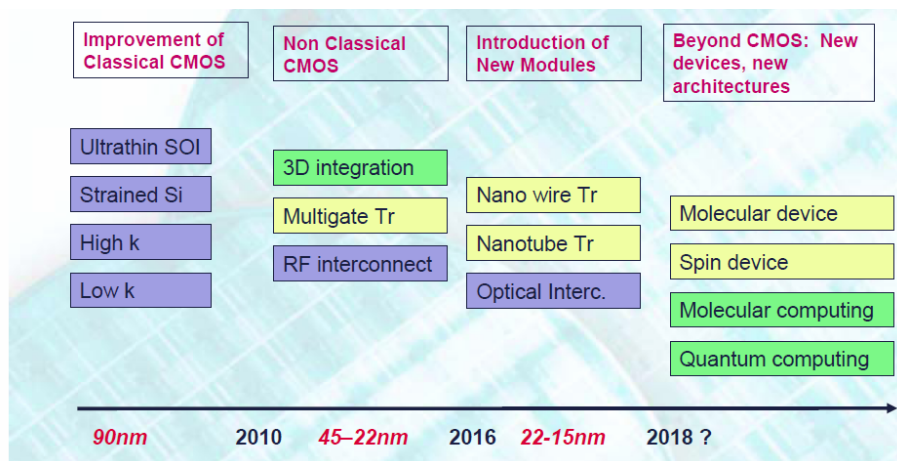
1. Definirea directiei strategice

1.1 Denumire: NANO ELECTRONICA

1.2 Definitie:

La inceputul acestui mileniu dimensiunile minime ale traseelor din dispozitivelor logice pe siliciu au putut fi reduse la valori de sub 100nm. Tranzitia de la era microelectronicii (configuratii cu dimensiuni de ordinal micronilor) la era nanoelectronicii (configuratii cu dimensiuni de ordinal zecilor de nanometrii) a deschis drumul spre noi capabilitati fara precedent in acest domeniu.

Evolutia prognozata pentru nanoelectronica "Beyond CMOS" (ENIAC Strategic Agenda).



Miniaturizarea la scara nano a dispozitivelor electronice confera acestora:

- **proprietati imbunatatite** (viteza de comutare mai mare, un numar mai mare de conexiuni si posibilitatea integrarii intr-un singur cip a circa 8-900 milioane de tranzistoare. Microprocesorul Intel Penryn contine 820 de milioane de tranzistoare, fiecare comutand intre 2 stari de circa 300 miliarde de ori intr-o secunda.
- **functionalitati noi** – cipurile se pot integra cu senzori tactili, de presiune sau alte marimi fizice si sisteme transmisie/receptie pentru comunicatii. De exemplu, un telefon mobil, sau iPhone
- **noi proprietati:** de exemplu flexibilitatea grafenei care permite realizarea telefoanelor mobile flexibile, sau proprietati cu mult imbunatatite fata de materialele clasice

1.3 Inrudiri tematice/ suprapuneri: Nanomateriale, nanofotonica.

2. Motivarea propunerii

2.1 Necesitate si oportunitate: Nanoelectronica este cel mai dezvoltat domeniu al nanostiintelor, care reprezinta o piata de cel putin 300 miliarde dolari anual. Exista firme multinationale in Romania care au ca principal domeniu de activitate nanoelectronica (Infineon, Honeywell) sau mari utilizatori ai nanoelectronicii-industria automotiva (Renault, Ford). Exista deci premisele realizarii industriei de nanoelectronica in Romania cu beneficii economice foarte mari.

2.2 Cerinte sociale si stiintifice: facultati foarte bine cotate, programe de master si doctorat specializate in domeniu, investitii sistematice in cercetare, costuri de intretinere si upgrading a infrastructurilor un un inalt grad de inoire, locuri de munca de inalta calificare in industria high-tech.

2.3 Potentialul existent pe plan national:

Exista peste 25 proiecte interne si internationale fie terminate recent, fie in curs de desfasurare (Anexa 1) cu o valoare de peste 20 milioane de Euro extrase din datele inscrise in baza de date de 33 organizatii care au 138 grupuri de cercetare si 504 specialisti. Proiectele abordeaza o tematica extrem de diversa care tine mai degraba de preferintele si competentele directorilor de proiect fara a se urmari obiective pe termen lung atat de natura stiintifica, cat si economica. Se observa din Anexa 1 ca exista cel putin 6 organizatii cu rezultate notabile, in care tematica de nanoelectronica este avansata sau destul de avansata. Insa aceste organizatii colaboreaza prea putin intre ele, reducand astfel impactul unor parteneriate pe termen lung cu rezultate mai bune din punct de vedere stiintific si economic. Odata cu aparitia proiectelor de tip ENIAC, diverse grupuri de cercetare au fost puse in contact direct cu firme importante ca Thales sau Infineon, insa acest fapt se intampla doar de 1-2 ani. Exista si firme de nanoelectronica care actioneaza in Romania, cum sunt Infineon, Honeywell sau industria auto (Renault) beneficiari directi ai produselor provenite din domeniul nanoelectronicii, insa cooperarile dintre domeniul cercetarii cu aceste firme sunt punctuale si la inceput de drum. Este clar ca este nevoie de un liant care sa faca ca toti acesti actori sa coopereze impreuna utilizand o infrastructura moderna de peste 80 milioane de Euro care se afla in acest moment in Romania in special in institutele de cercetare.

3. Domenii de aplicare

1. Industria comunicatiilor

2. Industria auto

3. Industria de calculatoare

4. Industria aeronautica si transporturi

5. Medicina

4. Obiectivele urmărite și beneficiile scontate

Deși industria de nanoelectronica produce circa 10 % din PIB-ul global, aportul Romaniei a crescut in ultimii ani datorita firmelor multinationale, dar ramane nesemnificativ.

Beneficiile sunt evidente, si pentru a spori realizarea unei industrii nanoelectronice se propune:

1. realizarea unui program de master de nanoelectronica in centrele universitare mari Bucuresti, Iasi, Cluj, Timisoara.
2. implementarea unui program de cercetare prioritar pe domeniul nanoelectronicii pana in 2020
3. implementarea unui cluster care sa grupeze universitati, institute si firme ca Infineon, Honeywell, Renault, IBM care actioneaza pe teritoriul Romaniei.
4. Strangerea legaturilor cu platformele europene ENIAC si EPOS.
5. realizarea unei infrastructuri comune de echipamente pentru nanoelectronica (Anexa 2)

4.1 Priorități strategice pentru activitatea de cercetare

1. Un program prioritar de cercetare de tip flagship pentru nanoelectronica pana in 2020. Proiectele de tip flagship sau prioritare sunt un tip de program specific FP8, dar a fost utilizat si anterior in USA de exemplu (granturi NSF). Este un program prioritar focalizat pe cateva tinte stiintifice si tehnologice clare, ambitioase pe termen lung (8-10 ani). Are cateva caracteristici specifice importante:

- implica organizatii stiintifice de prestigiu si actori industriali importanti
- are conducatori de program cu o inalta reputatie stiintifica, cu o viziune clara pe termen mediu si lung al domeniului proiectului prioritar si experienta manageriala
- exista un grad inalt de interdisciplinaritate si un grad inalt de utilizare in comun a infrastructurilor
- are actiuni de raportare si corective nebirocratice si eficiente
- echipele incluse in program sunt formate din cercetatori de nivel international

Pentru a reusi un program prioritar pe nanoelectronica are nevoie de:

- un roadmap specific ;in cazul nostru un roadmap pentru nanoelectronica in principiu compatibil cu cel al platformei ENIAC
- coordonatorii proiectelor sunt cercetatori cu reputatie internationala.

- descurajarea managementului de tip “de sus in jos”, coordonatori de proiecte avand responsabilitatea totala a realizarii si implementarii proiectului.

2. Un cluster pentru nanoelectronica

Trei firme multinationale care activeaza in Romania ca producatori si utilizatori de circuite nanoelectronice si anume Infineon, Honeywell si Renault au adresat scrisori catre ANCS in contextul proiectului Nanopropect si au solicitat un cluster orientat spre aplicatiile nanotehnologiilor. Cum toate aceste firme multinationale sunt producatori de circuite nanoelectronice sau le utilizeaza curent in industria automobilelor, acest cluster va fi orientat spre nanoelectronica. Un cluster este un parteneriat public-privat care urmareste pentru o anumita durata de timp obiective stiintifice ambitioase care sa duca la obtinerea unor produse inovative care produca beneficii economice clare si un leadership fie regional, fie la o scara mai mare, de exemplu european. Un exemplu este clusterul CATRENE (Cluster for Applications and Technology Research in NanoElectronics), din programul EUREKA. Clusterul a inceput sa functioneze in 2008 si isi va incheia activitatea in 2016). CATRENE are ca parteneri: 32% firme multinationale, 30 % institute de cercetare si universitati si 38 % firme mici(SME). CATRENE finanteaza in parteneriat public-privat proiecte de cercetare avansata in doemniul nanoelectronicii cu un profund caracter aplicativ, cu impact cert pe piata.

In Romania exista premisele unui cluster al nanoelectronicii la nivel de tara din urmatoarele motive:

- In domeniul invatamantului exista deja masterate pe domeniul nanoelectronicii (Univ. Politehnica Buc, Univ. Tehnica Cluj Napoca) sau in nanostiinte Fac. Fizica Buc., Univ. Dunarea de Jos Galati etc.) si deci se pregatesc specialisti cu cunostiinte de baza in domeniu;
- In domeniul cercetarii exista organizatii care au cercetari avansate si proiecte in domeniul nanoelectronicii (IMT Bucuresti, INCDFM, INFPLR, Inst. Petru Poni etc.)
- Exista infrastructura bazata pe echipamente recent achizitionate pentru cercetari privind nanoelectronica (IMT Bucuresti, INCDFM , Inst. Petru Poni, INCD Fizica Tehnica etc.)
- Exista firme puternice pe plan international care activeaza in domeniul nanoelectronicii in Romania: Infineon, Honeywell, IBM, Motorola precum si concerne auto ca Renault sau Ford care utilizeaza produse din domeniul nanoelectronicii.
- Nanoelectronica este considerata de agenda 2020 a UE a Key Enable Technology exista si functioneaza ENIAC JU-platforma de nanoelectronica la nivel european la care Romania a aderat in 2009.

Acest cluster de nanoelectronica este complementar programului de flagship pe nanoelectronica. Acest cluster urmareste in special performanta industrială prin produse noi , competitive realizate impreuna cu organizatii de cercetare si universitati de prestigiu. El trebuie realizat in jurul unui pol de competente care sa cuprind specialisti si personal calificat in domeniul micro-nano si a unei infrastructuri micro-nano deja existente, acreditate ISO 9001 pentru a da un grad inalt de reproductibilitate a proceselor tehnologice implementate aici. Daca un program flagship reprezinta un network de competente stiintifice si echipamente in vederea realizarii unor tinte ambitioase stiintific, clusterul este focalizat in principal pe un centru de competente sau 2-3 centre in jurul carora diverse organizatii lucreaza impreuna in vederea realizarii unor produse noi cu impact de piata. De exemplu, IMT-MINAFAB este o platforma tehnologica unde se lucreaza intr-un mod similar din anul 2008 <http://www.imt.ro/MINAFAB/>.

Este posibila formarea acestui cluster in Romania.

Un eveniment important pentru cristalizarea unui astfel de cluster va fi NanoEiRei Summit: „NanoElectronics in Romania: Research-education- industry”, Bucuresti, 31 mai 2011. Firmele importante au solicitat deja dezbateri publice referitoare la cluster si modul lor de functionare si organizare. Acest summit va fi un prim pas spre dezbateri mai ample care vor duce la cristalizarea unui cluster in domeniul nanoelectronicii intr-un timp scurt.

4.2 Obiective stiintifice

I. Proiecte de tip Nanoelectronics driven:

1. Dispozitive nanoelectronice bazate pe siliciu si compusi semiconductor, inclusiv sub forma de fire, puncte, sau straturi monoatomice;

- Nanotube transistors
- Spin transistors
- Single electron transistor
- Single electron memory
- Molecular memory
- Sisteme nano-electro-mecanice (Switch bazat nanotuburi).

Circuitele bazate pe siliciu si alti semiconductor sub forma de fire, puncte, sau straturi monoatomice sunt biosenzori ideali pentru detectia biomoleculelor, gazelor, marimilor mecanice

2. Nanoelectronica bazata pe nanomateriale carbonice

Nanotuburile de carbon, grafena sunt principalele materiale carbonice care au proprietati fizice si mecanice care depasesc net pe cele ale semiconductorilor obisnuiti. De aceea, sunt considerate ca urmasii dispozitivelor electronice pe siliciu avand performante cu mult sporite de exemplu pot lucra la frecvente ce depasesc 100 GHz. De asemenea, prin masa specifica foarte mare sunt senzori ideali pentru marimi fizice si mecanice. In IMT, se va construi un centru al nanotehnologiilor bazate pe carbon finantat din fonduri structurale si care va putea in circa 3 ani sa furnizeze aceste nanomateriale.

3. Nanoelectronica bazata pe materiale artificiale (cristale fotonice, metamateriale, nanostructuri metalice si plasmonice)

- Utilizarea de materiale artificiale in nano-optoelectronica (metamateriale, cristale fotonice, nanostructuri plasmonice): studiul interactiei luminii cu nanomateriale artificiale, studiul efectelor in camp optic apropiat, dezvoltare tehnici de procesare/integrare, noi concepte de dispozitive.
- Dezvoltare aplicatii: dispozitive si circuite nanoelectronice pe baza de materiale artificiale pentru comunicatii, senzori.

4. Electronica moleculara si organica

- arhitecturi moleculare autoasamblate pentru dispozitive nanoelectronice

5. Nanoelectronica bazata pe nano materiale organice si hibride

- Nanostructuri si dispozitive nano/optoelectronice bazate pe noi materiale organice si hibride (semiconductori organici, oxizi metalici semiconductori, nanocompozite hibride organic-anorganic)
- Dispozitive nano electronice si optoelectronice pe substrat flexibil
- Electronica transparenta (straturi nanometrice de semiconductori)
- Platforme integrate pe materiale organice si hibride (componente nano-optoelectronice, micro/nanofluidice)
- Dezvoltare aplicatii (stocarea energiei electrice, medicina, mediu, calitatea vietii, etc.)

6. Circuite nanoelectronice la frecventa inalta care sa depaseasca 100 GHz;

In circa 10 ani circuitele wireless vor avea o viteza de transmisie a datelor de 5-10 GB/s ceea ce implica ca semnalele purtatoare sa depaseasca 100 GHz. Tinad cont ca frecventa cea mai inalta atinsa de un circuit integrat este de 125 GHz, si ca dispozitivele electronice care lucreaza peste 60 GHz sunt rare, acest obiectiv este de maxima importanta. Se prevad utilizarea circuitelor bazate pe GaN, SiGe si semiconductori compusi.

- nanosenzori in constructii, aviatie, industria automobilului.

II. Proiecte de tip Nanoelectronics assisted:

1. Circuite electronice multifunctionale pentru automobilul electric (E-mobile, and hybrid mobile).

Pentru automobilul electric sunt necesare circuite nanoelectronice cu consum scazut de energie si circuite care sa immaganizeze energie din mediul inconjurator (de exemplu energie solara, RF, etc.), ecrane transparente, circuite flexibile, senzori care monitorizeaza parametrii electrici si mecanicii ai automobilului.

2. Circuite nanoelectronice pentru stocarea energiei electrice, mecanica pneumatica
3. Circuite nanoelectronice pentru sisteme de control pentru reducerea insecuritatii rutiere
4. Circuite nanoelectronice pentru favorizarea si imbunatatirea mobilitatii persoanelor.

5. Micro-nano-bio -sisteme-: sisteme inteligente combinand micro/nano-senzori, micro/nano-electronica, nanofotonica, optofluidica, biologia moleculara, biochimia, tehnici de masura, etc

4.3 Obiective de natură administrativă, legislativă și logistică

Trei firme multinationale care activeaza in Romania ca producatori si utilizatori de circuite nanoelectronice, si anume Infineon, Honeywell si Renault au adresat scrisori catre ANCS in contextul proiectului Nanopropect si solicita:

1. Armonizarea legislatiei referitoare la proprietatea intelectuala cu cea din UE.
2. Clarificarea legislatiei referitoare la efectele nanomaterialelor asupra sanatatii.
3. Subventionarea directa a fortei de munca din cercetare
4. Simplificarea procedurilor de accesare si derulare a proiectelor.

4.4 Beneficii / impact estimat:

- crearea de noi locuri de munca in industria high tech
- crearea unei industrii de nanoelectronica in Romania la nivelul anului 2020 cu capacitate mare de export si beneficii finaciare considerabile intr-un termen scurt
- prezervarea specialistilor inalt calificati in tara.
- produse noi, cu un inalt grad de inovare.

4.5 Autoritatea initiatore si institutii participante

Initiatori: ANCS

Institutii participante: Consoritiul Nanopropect

5. Grupuri tinta:

Industria de electronica, comunicatii si automobile din Romania

6. Resursele necesare (umane, echipamente și financiare);

6.1 Resurse umane: tinand cont ca Romania are in acest moment un numar de cercetatori/cap de locuitor cu cca 40 % mai putin, este nevoie de cca 2000-3000 de cercetatori noi pentru anul 2020 in domeniul nanoelectronica

6.2 Infrastructura: o infrastructura existenta la nivel national (Anexa 2)

6.3 Resurse financiare: aproximativ 70-100 mil Euro.

7. Analiza/estimarea riscurilor de eșec în realizarea obiectivelor

1. Romania isi va pierde in continuare specialistii pe care ii produce cu eforturi bugetare considerabile
2. Unele firme multinationale vor parasi Romania pana in 2020, efectul fiind diminuarea incasarilor bugetare si o lipda de credibilitate externa
3. Infrastructura care a costat statul roman cca 100 milioane Euro in perioada 2008-2010 nu va fi folosita la capacitatea ei, nu va fi reînnoita si va valora extrem de putin Euro in 2020.

Anexa 1.

Proiecte (selectie).

Nr.	Institutul	Proiect	Durata	Budget (Euro)
1	<u>Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Romane - IMSAR</u>	1. Knowledge-based characterization of damping capacity of nanocomposites with auxetic materials and carbon nanotubes	(2007-2010)	170000
		2. Post-doctoral program for development of new coupled atomistic-continuum theories with applications to modeling of nanocontacts and indentation	2006-2008	90 000
2	<u>Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Tehnica – IFT Iasi - INCDFI-IFT Iasi</u>	1. <u>Euroregional Advanced Research Centre for Sensors and Sensor Systems based on Magnetic Micro and NanoMaterials (POS –CEE)</u>	2010-2012	5,737,064
		2. <u>Novel Nanostructured Metal Diborides and Hydrides for Hydrogen Storage</u>	2008-2011	500000
		3. <u>Implantable Magnetic Microsensors for Medical Applications</u>	2008-2011	487500
		4. <u>Acoustic Microsensors based on Magnetostrictive Nanowires for Medical Applications</u>	2008-2011	500000
3	<u>Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor - INCDFM</u>	1. <u>Quantum confinement in the electron paramagnetic resonance of transition ions in wide band gap nanomaterials</u>	2009-2011	115300
		2. <u>Tailoring the semiconducting and magnetic properties of nanostructured ZnO for applications in optoelectronics and nanospintronics</u>	2006-2008	350.000
		3. <u>Investigation of metal-ferroelectric interface at macro and nanoscale (IFA-CEA)</u>	2010-2013	600.000
		4. <u>Spin Valves: from combinatorial processing towards enhanced properties</u>	2006-2009	
		5. <u>Hybrid structure material for thermoelectric devices</u>	2009-2011	210 000
		6. <u>Electrical transport in low dimensional Ge-Si-O systems: Experiment and Modelling</u>	2007-2011	270 271
4	<u>Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Microtehnologie - IMT-Bucuresti</u>	1. <u>Microfluidic Factory for Assisted Self-assembly of Nanosystems (Structural founds)</u>	2010-2013	1 100 000
		2. <u>Nanoelectronics for Safe, Fuel Efficient and Environment Friendly Automotive Solutions (ENIAC)</u>	2009-2011	
		3. <u>Micro and Nano Technologies Based on Wide Band Gap Materials for Future Transmitting Receiving and Sensing Systems (ENIAC)</u>	2010-2013	

		4. Reconfigurable Microsystem Based on Wide Band Gap Materials, Miniaturized and Nanostructured RF-MEMS 5. Nanoelectronic devices for high frequencies based on carbon nanostructures for communications and environment monitoring 6. R&D centre for nanotechnologies and carbon –based nanomaterials 7. Romanian Technological Network for integration in the European Platform for NANOElectronics (ENIAC) 8 Electronic Nanodevices Based on Oxidic Materials 9. Characterization of semiconductor oxides for gas sensing applications (NATO grant) 9. Miniaturised power source for portable electronics realised by 3D assembling of complex hybrid micro- and nanosystems 10. Carbon nanotube technology for high-speed next-generation nano-interconnects (FP7 project)	2011-2015 2007-2010 2010-2013 2006-2008 2007-2010 2003 2007-2010 2008-2010	300 000
5	<u>Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei – INFLPR</u>	1. Doped TiO₂ based nanoparticles as elements of photo-voltaic cells or bactericide elements (IFA-CEA) 2. Nanostructured Photonic Sensors 3. Two-dimensional carbon nanostructures, plasma synthesis and potential applications 4. Organic thin films for transparent and flexible electronics	2010-2013 2002-2005 2007-2010 2007-2010	50 000 75780 265000
6	<u>Institutul de Chimie Macromoleculara – ICMPP- Petru Poni, Iasi</u>	1. Nanostructured organic and hybrid conducting materials for multifunctional applications	2009-2011	115 000
7	Univ. Dunarea de Jos ,Galati	Printable Organic-Inorganic Transparent Semiconductor Devices (FP7)	2011-2013	

25 proiecte interne si internationale cu o valoare de peste 12 milioane EUR.

Nota: Valoarea in Euro a proiectelor in Nanoprospect a fost optionala. Suma totala se ridica in jurul a 20 mil Euro.

Anexa 2.

Echipamente si infrastructuri (selectie): Nanoelectronica

1. Echipamente

Organizatia	Echipamentul	Anul achizitiei	Pret (Euro)
IMT	Near Field Optical Scanning Microscope	2008	150 000
IMT	Optical profiler - White light interferometry (WLI)	2008	150 000
IMT	Electron beam lithography and nanoengineering workstation	2008	1 000 000
IMT	Scanning Probe Microscope, Ntegra Aura	2007	200 000
IMT	Dip pen nanolithography system NScriptor	2009	200 000
IMT	Semiconductor Characterization System (DC) with Wafer Probing Station	2008	70 000
IMT	Reactive Ion Etching - SI 220	2006	150 000
Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Tehnica – IFT Iasi	Focused Ion Beam - Scanning Electron Microscope	2007	785,000
Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Tehnica – IFT Iasi	Complex equipment for thin film deposition in vacuum - ATC-2200/AJA International, Inc.	2008	295,189
Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Tehnica – IFT Iasi	Scanning Electron Microscope and EDS Module - JEOL JSM 6390, equipped with an electron beam lithography module - XENOS XP G2	2007	469,164
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrica ICPE-CA	Laser lithography system DWL 66RS	2009	240 000
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrica ICPE-CA	Scanning tunneling microscope STM-Ntegra	2010	200 000
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrica ICPE-CA	Scanning electron microscope (FESEM-FIB) Auriga Zeiss	2010	800000
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrica ICPE-CA	Spectrometer THz TPS3000	2008	500 000
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	Physical Property Measurement System, QD-PPMS-14	2010	500000
Institutul National de	SEM, FIB, TEM, XRD - beam	2011	2.200.000

Organizatia	Echipamentul	Anul achizitiei	Pret (Euro)
Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	characterization		
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	Computer controlled gas mixing station (GMS)	1999	120.000
Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti	PHILIPS EM410 Transmission Electron Microscope	1986	>500 000
Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei	Scanning electrons Microscope (SEM) InspectTM S50	2008	120 000
Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei	Equipment for synthesis of carbon nanowalls, carbon nanofibers, carbon nanotubes by radiofrequency plasma jet assisted chemical vapor deposition	2010	40 000
Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei	Clark femtosecond laser - CPA2101	2005	200 000
Institutul de Chimie Fizica	Surface Plasmon Resonance (SPR) Model Esprit - Autolab	2010	75000

Peste 90 milioane Euro

2. Infrastructuri

Organizatia	Infrastructura	acreditare
IMT-MINAFAB	<u>Center for Micro-Nanofabrication</u>	In curs
Institutul National de Cercetare – Dezvoltare pentru Fizica Tehnica – IFT Iasi	Clean room	nu
SC OPTOELECTRONICA-2001 SA	Microoptica	ISO 9000/2008
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	Surface and interface characterization	
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	Cleanroom	nu
Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Materialelor	High-resolution transmission electron microscopy laboratory	nu