

## Micro- și nanoelectronică (Dan Dascălu)

Acest capitol este dedicat dezvoltării în România a domeniului de dispozitive semiconductoare, circuite integrate, micro- și nanoelectronică. Se jalonează traseul urmat de școala doctorală de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații de la Politehnica din București, cercetarea științifică și dezvoltarea tehnologică pe platforma industrială Băneasa, activitățile de cercetare și de proiectare din țară de după decembrie 1990, inclusiv cele din domeniul electronicii nucleare, urmărind în final împlinirea profesională în cadrul unor companii și universități importante de pe glob a unor specialiști formați în România. Încercăm să subliniem varietatea abordărilor ingineresti și caracterul multidisciplinar al acestui domeniu, precum și importanța formării și valorificării experienței profesionale într-un ecosistem educație-cercetare-inovare. În final, rămâne întrebarea retorică: există o masă critică de resurse și o strategie care să asigure o perspectivă favorabilă pentru implicarea României în domeniu?

### 1. Sub spectrul *legii lui Moore* – un tur al domeniului, ghidați de Andreas Wild.

Turul de orizont care urmează se bazează pe largi extrase (reproduse cu permisiunea autorului) din *Micro- and nanoelectronics today*<sup>1</sup>. Micro- și nanoelectronică este numele folosit în prezent pentru industria de semiconductori, bazată în principal pe folosirea siliciului ca material semiconductor de bază. Aici, după apariția tranzistorului și a circuitului integrat, acum mai bine de o jumătate de secol a apărut și o predicție legată de evoluția domeniului, denumită ulterior *legea lui Moore*. Cităm: *Una dintre cele mai importante contribuții ..... legea lui Moore care prezicea dublarea numărului de tranzistoare pe un cip la intervale regulate*<sup>2</sup> ..... în *cvasi-sincronizarea evoluției tehnologice în lungul lanțului valoric, ceea ce a rezultat într-o relativă predictibilitate a cererii, facilitând enorm investițiile: furnizorii de echipamente, materiale și sisteme de proiectare automatizate puteau identifica noi capacități necesare ... și investi cu suficient timp înainte (tipic, trei-cinci ani) pentru a avea soluții disponibile când urma să fie cerute; fabricanții de semiconductoare se grăbeau să le preia pentru a duce la bun sfârșit dezvoltarea .... înaintea competitorilor; la rândul lor fabricanții de echipamente anticipaseră noua generație de produse semiconductoare și erau gata să o integreze în proiectele lor.*

Andreas Wild se ocupă în continuare de un prim subdomeniu. Cităm: *Sub nume puțin atractive, cum ar fi inginerie sau proiectare asistată de calculator, modelare, simulare etc. se înțelege de fapt modul contemporan de a face știință, constând în a formula ipoteze cu privire la fenomenele care au loc într-un sistem (fie el o cameră de reacție, un strat subțire, o structură de tranzistor, un circuit electronic, o arhitectură de calcul, o fabrică – orice!), a le descrie cu mijloace matematice, a verifica formulele prin confruntare cu date experimentale, dar și a exersa noua teorie pentru a face preziceri în cazuri încă neexplorate..... În anumite domenii, cum ar fi proiectarea circuitelor, s-a ajuns la un nivel de precizie excepțional, fără de care ar fi imposibilă realizarea circuitelor integrate cu miliarde de componente. În altele, rezultatele experimentale încep abia să fie descrise prin aproximații matematice fără conținut fizic, iar nivelul de înțelegere trebuie încă să facă progrese importante înainte de a se putea formula o teorie.*

*Acest paragraf este un tribut adus specialiștilor în „modelare și simulare“, rareori vizibili în afara cercului colegilor de specialitate, dar care creează baza științifică fără de care domeniul nu ar putea avansa în ritmul rapid pe care îl susține de decenii.*

Domeniul simulării și proiectării asistate de calculator a supraviețuit în țara noastră industriei de semiconductori – proiectele realizate în firmele din România sunt implementate în siliciu în facilități din exterior (exemple în secțiunea 3.3). Concomitent, trebuie menționat faptul că un român, *Andrei Vladimirescu* (secțiunea 6.3.3), lucrând

<sup>1</sup> Capitol scris de Andreas Wild pentru volumul *Advances in micro- and nanoelectronics*, în pregătire, Editura Academiei, 2018. Autorul și-a luat diploma de inginer la Facultatea de Electronică a Politehnicii bucureștene și cea de doctor inginer la Institutul de Fizică Atomică (o notă biografică apare în secțiunea 6.2).

<sup>2</sup> Moore, G.E., “Cramming More Components on to Integrated Circuits”, *Electronics*, 19 aprilie, 1965, p. 114; reluat în *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, nr. 1, p. 82, ianuarie 1998.

într-o echipă a Universității California, la Berkeley, a avut o contribuție unanim recunoscută la elaborarea programului de simulare SPICE, folosit în proiectarea tuturor circuitelor integrate.

Micro- și nanoelectronica implementează în siliciu sisteme predominant digitale. Acestea trebuie să lucreze cu două semnale standard, două cifre, corespunzând algebrei boole<sup>3</sup>. Cităm din nou: *Pentru a implementa algebra booleană mai este nevoie de un singur element: un inversor; în plus, acesta trebuie să fie și amplificator pentru a compensa pierderile termodinamice care altfel ar duce la atenuarea continuă a semnalului util până la dispariția lui sub zgomot.*

*Până acum, omenirea a inventat trei tipuri de inversor amplificator: trioda (1907), tranzistorul bipolar (1947) și tranzistorul cu efect de câmp (brevetat în 1929, demonstrat ca structură Metal-Oxid-Semiconductor – MOS în 1960). Nici o descoperire nu a mai avut loc în ultimii 70 de ani!*

*Tentativele de a utiliza alte efecte (de exemplu, din istorie, joncțiunea Josephson; mai recent, efecte de spin) studiază dispozitive care inversează semnalul dar nu au amplificare, deci pot fi luate în considerare numai ca supliment pentru tehnologia tradițională.*

*Câtă vreme nu există nici o alternativă la logica booleană implementată cu tranzistoare MOS, micro/nanoelectronica va continua să progreseze evolutiv. Pare din ce în ce mai probabil că evoluția va stagna la un moment dat din cauza atingerii unor limite inevitabile, cum ar fi structura atomică a materiei sau absența materialelor cu proprietăți adecvate. De aceea este fundamental ca cercetarea dispozitivelor „dincolo de CMOS” să continue și să se amplifice<sup>4</sup>.*

Legat de necesitatea unor cercetări care să implice principii noi, cum ar fi *efecte de spin* notăm implicarea cercetătorilor români din IMT București conduși de *Alexandru Müller* (secțiunea 4.5.10) într-un nou proiect european, CHIRON<sup>5</sup>. De studiul unor tipuri complet noi de tranzistoare (cu un singur electron) s-a ocupat și *Adrian Ionescu*, la EPFL, Laussane (secțiunea 6.4.2), în timp ce *Sorin Melinte* studiază posibilitatea ca funcțiile electronice să fie realizate la nivelul unei molecule sau grup de molecule (secțiunea 6.4.4).

O altă direcție de acțiune este legată de folosirea unor noi materiale semiconductoare. *Andreas Wild* continuă: *O altă direcție de cercetare constă în păstrarea inversoarelor amplificatoare existente, dar înlocuirea siliciului cu alte materiale. Între materialele luate în considerație se numără straturi de siliciu depuse pe safir; cristale de diamant; semiconductoarele compuse (din grupele III-V sau II-VI ale tabelului periodic) cărora se aștepta că le va aparține viitorul; mai recent, materiale cu bandă interzisă mare, ca nitru de galiu sau carbura de siliciu. Aceste materiale prezintă o proprietate sau alta superioară siliciului, de pildă mobilitatea electronilor este mult mai mare în GaAs decât în siliciu, dar prezintă dezavantaje în alte privințe. Numeroase încercări nu au reușit până acum să valorifice avantajele și să compenseze dezavantajele decât, în cel mai bun caz, într-o nișă. Ca urmare, siliciul continuă să fie materialul larg utilizat, în timp ce materialele alternative rămân un subiect de cercetare.*

*În ultimul timp a crescut interesul pentru materiale pe bază de carbon (nanotuburi, grafen). Alte materiale, de pildă polimeri, au performanțe mult inferioare siliciului pentru prelucrarea datelor, dar există speranța de a*

<sup>3</sup> Boole, G., „An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities”, Macmillan, 1854. Retipărită cu corecții de Dover Publications, New York, NY, 1958, apoi de Cambridge University Press, 2009; ISBN 978-1-108-00153-3.

<sup>4</sup> În raportul semnat de Erica Wiseman „Next Generation Computing” (National Research Council of Canada [http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc268/p805200\\_A1b.pdf](http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc268/p805200_A1b.pdf)) se face un studiu scientometric care evidențiază, printre altele, direcția de cercetare *biocomputing* (modele de calcul inspirate din materia vie). Aici este citat acad. Gh. Păun, ca fiind inițiatorul alternativei *membrane computing* (a se vedea capitolul de Informatică teoretică din acest volum).

<sup>5</sup> Este vorba de acceptarea pentru finanțare în *Orizont 2020, tehnologii viitoare emergente* (FET) a proiectului *Spin Wave Computing for Ultimately Scaled Hybrid Low Power Electronics* (CHIRON), care urmărește dezvoltarea *quantum computing* pe bază de *unde de spin*, ca un supliment al tehnologiilor CMOS. Laboratorul Dr. Al. Müller (partener în acest proiect coordonat de către IMEC, Belgia) se va ocupa de caracterizarea nanorezonatorilor magnetoelectrice și multiferoici care asigură cuplajul, precum și de fabricarea de dispozitive cu rezonanță acustică de volum (FBAR), cu dimensiuni laterale de cca 100 nm și frecvențe de rezonanță mai mari de 10 GHz, parametri ambițioși chiar și pentru acest colectiv care deține priorități europene în domeniu (*comunicare personală*).

*prograsa sau de a identifica nișe unde anumite proprietăți existente, de pildă, flexibilitatea mecanică a substratului, ar putea găsi aplicații.*

Menționăm și aici interesul cercetătorilor români din țară (*Gheorghe Brezeanu*, secțiunea 2.5) și din străinătate (*Viorel Banu*, *Florin Udrea*, secțiunile 6.3.6, respectiv 6.4.3) pentru utilizarea semiconductorilor cu bandă interzisă mare, dar și inaugurarea relativ recentă a unui centru de cercetare (CENASIC) dedicat (nano)materialelor pe bază de carbon (secțiunea 4.3). Cercetările sunt coordonate de *Mircea Dragoman* (secțiunea 4.5.4).

Așa cum am arătat, progresul industriei de profil este strâns legat de aspectele economice. Reducerea costului pe dispozitiv se poate face și prin utilizarea de noi tipuri de tranzistoare MOS. Cităm din nou:

*În acest moment industria utilizează în circuitele integrate trei tipuri de tranzistoare MOS<sup>6</sup>: structura planară tradițională; structura de siliciu pe izolator, ambele ultra subțiri, cu substrat total sărăcit de purtători (FDSOI – UTBB); respectiv structura cu „creastă” de siliciu („Fin”) a tranzistoarelor FinFET. Industria produce și alte tipuri de tranzistoare, adesea numai ca dispozitive discrete, cum ar fi tranzistoare bipolare cu joncțiuni, tranzistoare FET cu poartă-joncțiune (JFET), tranzistoare bipolare cu poartă izolată (IGBT) etc., care se regăsesc în aplicații de nișă. Efortul de a reduce costurile de fabricație utilizează două metode: miniaturizarea și creșterea diametrului plăcilor de siliciu; în plus, succesul comercial al tuturor inovațiilor depinde esențial de menținerea randamentele de fabricație cât mai aproape de 100%.*

Realizarea tranzistoarelor ultrasubțiri este legată de tehnologia SOI (*silicon on insulator*), al cărui promotor a fost un român, *Sorin Cristoloveanu*, într-un centru pe care îl coordonează la Grenoble (detalii în secțiunea 6.1). După patru decenii, Dr. Cristoloveanu a fost al doilea european care a primit Premiul anual A.S. Grove acordat de IEEE în domeniul semiconductorilor.

Turul de forță legat de miniaturizarea continuă a tranzistoarelor impune perfecționarea proceselor tehnologice și găsirea materialelor celor mai potrivite, așa după cum rezultă din citatele care urmează. *Andreas Wild* menționează: *Tehnologia crucială a miniaturizării este fotogravura. Azi se utilizează expunerea în ultravioletul adânc cu lungimea de undă de 193 nm generată de laserul cu ArF, care a putut fi extinsă spre dimensiuni minime mult sub limita de difracție ..... În viitorul apropiat se anticipează introducerea expunerii în ultravioletul extrem (EUVL) cu o lungime de undă de 13,5nm, care se află într-o fază avansată de dezvoltare la fabricantul echipamentului (ASML) împreună cu furnizorii și colaboratorii săi.*

În acest punct menționăm faptul că la ASML lucrează exact în acest domeniu cel mai talentat inginer român în fotogravură, *Mircea Dușa*, care a plecat în 1990 în SUA (secțiunea 6.3.3).

Următorul citat subliniază importanța noilor materiale și în tehnologia consacrată (CMOS): *Reducerea dimensiunilor a necesitat uneori modificări structurale importante, inclusiv înlocuirea materialelor utilizate anterior. Astfel, pentru nodurile cu dimensiune minimă sub 45 nm, grosimea bioxidului de siliciu nitrurat utilizat ca izolator între poartă și canalul conductor ar fi trebuit să scadă sub 1 nm pentru ca poarta să mențină controlul electrostatic asupra canalului, dar aceasta ar fi dus la un curent de fugă excesiv între poartă și canal, deoarece electronii puteau traversa izolatorul prin efect tunel. Ca urmare, a fost nevoie de un izolator cu constantă dielectrică mult mai mare, pentru a permite același control electrostatic cu un strat mult mai gros. După enorm de multe încercări s-au selecționat materiale pe bază de hafniu: bioxid de hafniu cu diferite adaosuri.*

S-a demonstrat recent că acest nou izolant, HfO<sub>2</sub>, utilizat în locul SiO<sub>2</sub>, dacă este dopat cu zirconiu capătă proprietăți feroelectrice, ceea ce este de interes pentru realizarea memoriilor nevolatice și deschide perspective de realizare ale unei noi generații de memorii semiconductoare, cu un consum mult mai mic de energie. Această cercetare este finanțată dintr-un proiect european și implică un colectiv din INCD Fizica Materialelor<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Tranzistoarele MOS (Metal-Oxid-Semiconductor) au fost construite inițial cu bioxid de siliciu (SiO<sub>2</sub>) pe post de oxid (izolant) între poarta metalică (M) și canalul conductor de la suprafața semiconductorului (S), formând un capacitor MOS. *Constantin Bulucea* (secțiunea 6.3.1) a avut contribuții la studiul injecției în oxid. *Radu Bârsan* (secțiunea 6.3.5), *Cornel Cobianu* (secțiunea 4.5.2) ș.a. au contribuit la dezvoltarea în țară a tehnologiei MOS.

<sup>7</sup> *Lucian Pintilie*, *INCDFM participă la elaborarea viitoarei generații de memorii nevolatice*, Market Watch, Nr. 200, decembrie 2017. Preocupări legate de utilizarea acestui material există și în INCD Microtehnologie (în 2017 se realizează

În continuare preluăm un extras care scoate în evidență importanța microsistemelor și implicit a microtehnologiilor care permit construcția lor. Cităm: *Una dintre cele mai spectaculoase extinderi în utilizarea tehnologiei de semiconductoare este inventarea sistemelor electro-mecanice micro- sau nanometrice (MEMS, NEMS). În particular, posibilitatea de a crea bârne, mase suspendate, membrane etc. și de a sesiza sau a determina mișcarea lor prin mijloace electrice (variații de capacitate, de frecvență etc.) a dus la o nouă clasă de senzori inerțiali (accelerometre, girometre), de senzori sau activatori de presiune (microfoane, micro-pompe), de senzori chimici sau moleculari. Astfel de structuri și-au găsit repede utilizatori, ceea ce a dus la o activitate de cercetare susținută, care va continua și în viitor, pentru a construi MEMS / NEMS capabile să sesizeze mărimi și fenomene variate și a le integra în sisteme urmând modelul „sistemului pe un cip” (SoC) pentru a crea un laborator de analize chimice pe un cip, un monitor de sănătate sau de exerciții fizice pe un cip etc.*

Ca și domeniul dispozitivelor de putere, cel al MEMS reprezintă un domeniu de nișă, în care legea lui Moore nu se aplică. Domeniul este însă extrem de important pentru că permite realizarea interfețelor între modulele electronice inteligente (care procesează informația) și mediul înconjurător, cu integrarea (eventual hibridă) a unui sistem complet într-o unică componentă. Acest domeniu este strâns legat de obiectul de activitate al INCD pentru Microtehnologie (IMT București), a se vedea secțiunea 4.3. De pildă, tehnologia MEMS a fost aplicată cu succes în proiecte europene pentru realizarea unor senzori sau a unor componente pentru frecvențe foarte înalte (microunde și unde milimetrice), după cum au demonstrat *Alexandru Müller* (secțiunea 4.5.10), respectiv *Dan Neculoiu* (secțiunea 2.4.4). Preocupări similare și rezultate similare au cercetători români cum sunt *Sorin Voinigescu* (secțiunea 6.4.1) sau *Daniel Lăpădatu* (secțiunea 6.4.5). O lucrare a celui din urmă este menționată și la sfârșitul citatului următor. *Frontiera dintre fabricanții de semiconductoare și clienții lor este în continuă mișcare. Astfel, asamblarea componentelor electronice pentru a produce circuite a fost în mare măsură preluată de firmele producătoare de circuite integrate. În mod similar se constată că există deja cazuri concrete de aplicare a unor tehnologii dezvoltate inițial pentru semiconductoare, sau inspirate din tehnologia semiconductoarelor pentru a genera produse care se pot caracteriza drept sisteme. Fabricanții de componente au conceput și realizat deja proiecte și produse de sisteme integrate, în versiunea lor cea mai simplă descrise ca „sistem într-o capsulă” (System in Package, SIP). În ultimul timp au fost raportate proiecte ambițioase, adresând domenii tradițional rezervate fabricanților de echipamente, pentru care tehnicile inspirate de semiconductori aduc elemente importante de inovație – anumite soluții punctuale ajungând până într-o fază industrială<sup>8</sup>.*

În final, sistemele și arhitectura acestora sunt subiectul comentariilor lui Andreas Wild (lucrarea citată). Cităm: *Se consideră patru domenii despre care se anticipează că vor determina cererea de componente: sisteme mobile; micro-servere; centre de calcul; și internetul obiectelor (IoT). De asemenea, se listează aplicațiile de interes: analiza bazelor de date uriașe; recunoașterea formelor; simularea evenimentelor discrete: simularea sistemelor fizice; optimizarea; reprezentarea grafică; prelucrarea datelor din media; codificarea / decodificarea criptografică. În legătură cu cele de mai sus, preluăm următoarea remarcă. Prin creșterea numărului de tranzistoare pe „cip” în concordanță cu legea lui Moore nu crește în mod automat și funcționalitatea sistemului, deoarece „populația” tot mai numeroasă de dispozitive este greu de organizat și „activat” printr-un software convențional. După Prof. Gh. Ștefan<sup>9</sup>, soluțiile trebuie căutate mai întâi în utilizarea unei arhitecturi modulare și de procese de autoorganizare bazate pe rețele neurale, pentru ca într-o a doua etapă sistemele modulare să fie programate prin tehnici tip „machine learning”.*

## 2. Școala de dispozitive semiconductoare a profesorului Mihai Drăgănescu

### 2.1 Mihai Drăgănescu – profesor și conducător de doctorat (Gheorghe Brezeanu)

La începutul anilor 60 în Facultatea de Electronică a Politehnicii din București exista Catedra de Tuburi,

---

primele defazoare și arii de antene pentru comunicații 5G pe baza feroelectricilor din familia HfO<sub>2</sub> având grosimea câtorva straturi atomice, cf. *Mircea Dragoman*, secțiunea 4.4.4).

<sup>8</sup> Lăpădatu, D., „Heterogeneous Systems”. În: Puers, E., Baldi, L., Van de Voorde, M., van Nooten, Sebastiaan E., „Nanoelectronics. Materials, Devices, Applications”, WILEY-VCH, 2017, p. 397.

<sup>9</sup> Gh. Ștefan. „New Developments in functional electronics triggered by artificial intelligence”, Romanian Journal for Information and Technology, vol. 20, p. 185 (www.romjist.ro).

Tranzistoare și Circuite Electronice, condusă de profesorul **Tudor Tănăsescu**, membru corespondent al Academiei (din 1952). Profesorul Tănăsescu a fost și director tehnic al Institutului de Fizică Atomică (IFA). Din nefericire, a dispărut în 1961, la numai 60 de ani.

Ștafeta a fost preluată de către profesorul **Mihai Drăgănescu** (Fig. 2.1), care a fost șeful Catedrei de specialitate (până în 1990) și a condus numeroși doctoranzi (începând cu anul 1966). Rolul profesorului Mihai Drăgănescu ca șef de școală este prezentat pe larg într-un volum în curs de apariție, din care cităm<sup>10</sup> o serie de pasaje.



Fig. 2.1 Academician Mihai Drăgănescu

*A debutat în cariera universitară la Universitatea POLITEHNICA București, unde a devenit profesor la numai 33 de ani. În activitatea didactică a constituit un model de referință care s-a individualizat prin vigoare, rigurozitate științifică, noutatea cunoștințelor. Prelegerile de curs<sup>11</sup>, întotdeauna, clare, explicite, bine documentate, s-au bazat pe un suport matematic adecvat, cu modele fizice intuitive și noutăți de ultimă oră din cercetări proprii și literatura de specialitate.....*

*În circa 30 de ani a coordonat aproape tot atâtea programe de doctorat în Microelectronică<sup>12</sup>. Doctoranzii care au finalizat tezele în deceniul al șaptelea al secolului trecut (până în 1982, mai precis) au format prima generație de elită a școlii românești de microelectronică. Patru dintre aceștia au devenit membri ai Academiei Române, mulți sunt profesori universitari în electronică și microelectronică, alții sunt specialiști de marcă în Silicon Valley (la Sun Disk, National Semiconductor etc.). La rândul lor opt dintre doctorii îndrumați de Profesor au obținut abilitarea. Cei peste 100 de doctori coordonați de acești conducători constituie a doua generație de specialiști în microelectronică. Sunt cercetători remarcabili care activează la universități de prim rang (University of Cambridge, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, UPB etc.), institute de cercetare cu obiective în Microelectronică (mulți la IMT București), sau la companii multinaționale de dispozitive și circuite integrate (ON-Semiconductor, Infineon, Microchip etc.).*

*În perioada 1961-1990 Profesorul Mihai Drăgănescu a condus, la Facultatea de Electronică și Telecomunicații (în prezent facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologie Informației- ETTI) o catedră<sup>13</sup> specializată în microelectronică.*

*În 1961 se publică prima carte de circuite cu semiconductoare<sup>14</sup> la care Profesorul a scris (ca unic autor sau în colaborare cu Andrei Mircea) toate capitolele dedicate tranzistorului bipolar., **Procese electronice...**<sup>15</sup> este prima lucrare de autor a Profesorului Mihai Drăgănescu și totodată întâia monografie științifică despre tranzistor și joncțiunea pn publicată în România, una din primele apărute în lume. .... Profesorul Mihai Drăgănescu propune o nouă teorie a nivelurilor mari de injecție care s-a concretizat printr-un set de expresii analitice pentru curenții tranzistorului în regim staționar și pentru factorii statici de amplificare de curent, precum și pentru dependența unor parametri dinamici (conductanța de transfer, conductanțele colector-emitor,*

<sup>10</sup> A se vedea secțiunea 2.2 Profesorul Mihai Drăgănescu – fondatorul Microelectronicii în România (Gh. Brezeanu) în volumul **Școala românească de micro- și nanoelectronică** (coordonator Dan Dascălu), în curs de apariție în Editura Academiei, 2018. Acest volum va fi citat frecvent în capitolul de față sub denumirea prescurtată de **SRMN 2018**. Lucrarea poate fi deja consultată on-line la adresa [www.link2nano.ro/acad/SRMN](http://www.link2nano.ro/acad/SRMN).

<sup>11</sup> A fost profesor la disciplinele: *Tuburi, Tranzistoare și Circuite Electronice* (în perioada: 1961-1965), *Teoria și Proiectarea circuitelor integrate* (1971-1972), *Dispozitive și Circuite Electronice* (1985-1989).

<sup>12</sup> Tematica acestor doctorate a fost legată de două direcții fundamentale: *Electronica corpului solid și Știința și ingineria dispozitivelor semiconductoare și circuitelor integrate*.

<sup>13</sup> Catedra s-a numit la început de *Tuburi și Circuite Electronice* și apoi *Dispozitive, Circuite și Aparatură Electronice* –DCAE.

<sup>14</sup> Tudor Tănăsescu (coordonator), *Circuite cu tranzistoare*, Editura Tehnică, București, 1961.

<sup>15</sup> M. Drăgănescu, *Procese electronice în dispozitive semiconductoare de circuit*, Editura Academiei, București, 1962.

*bază-emitor și bază-colector, capacitățile interne) de nivelul de injecție.*

**Electronica corpului solid**<sup>16</sup> este o lucrare fundamentală despre semiconductori, un manual de referință în pregătirea doctoranzilor în microelectronică și fizica semiconductoarelor. În lucrare se investighează fenomenele de conducție electronică în corpul solid. Conducția curentului electric, realizată în semiconductori și metale prin mișcarea dirijată a electronilor, este esențială pentru înțelegerea funcționării dispozitivelor semiconductoare. Se reușește pentru prima dată o tratare inginerescă a proceselor electronice din corp solid. Cartea este astfel, o replică inginerescă a tratatelor de fizica corpului solid sau, din alt unghi, o punte între electronică și fizica solidului.

**Electronica Funcțională**<sup>17</sup> este, așa cum se subliniază în prefața cărții (scrisă de Profesor), un mod nou de a privi electronica prin funcțiunile pe care ea urmează să le realizeze în raport cu realitatea tehnologică, umană și socială, precum și cu mediul înconjurător. Electronica funcțională este considerată o parte a tehnologiei funcționale, deoarece în primul rând interesează funcțiunea realizată de un anumit ansamblu tehnologic, care poate fi, parțial sau total, electronic.

Pentru microelectronică românească Profesorul Mihai Drăgănescu este fondatorul, iar cărțile sale pietre de temelie. Creator, așa cum s-a demonstrat mai sus, al școlii românești de microelectronică, Profesorul a contribuit la făurirea industriei<sup>18</sup> și cercetării<sup>19</sup> în domeniu.

Important de menționat este că în 1966, cunoscând evoluția pe plan mondial a cercetărilor și realizărilor din domeniul circuitelor și dispozitivelor electronice folosite în fabricația de calculatoare, Profesorul a inițiat asimilarea tehnologiei siliciului la IPRS-Băneasa cu performanțe net superioare tehnologiei bazată pe germaniu. Astfel în România avea loc „trecerea la dezvoltarea unei industrii electronice profesionale”<sup>20</sup>.

Profesorul Mihai Drăgănescu a coordonat 26 de doctoranzi<sup>21</sup>, astăzi personalități de elită în domeniul microelectronicii, membri ai Academiei Române, cercetători în Silicon Valley, universitari la Departamentul de Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice de la actuala Facultate de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației (ETTI). Dintre aceștia 8 profesori conduc în prezent programe de doctorat în **Școala doctorală de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din București**, coordonată de către profesorul Gheorghe Brezeanu.

---

<sup>16</sup> M. Drăgănescu, *Electronica Corpului Solid*, Editura Tehnică, București, 1972.

<sup>17</sup> M. Drăgănescu, G. Ștefan, C. Burileanu, *Electronica Funcțională*, Editura Tehnică, București, 1991.

<sup>18</sup> În 1962 a luat ființă IPRS Băneasa cu tehnologie pentru dispozitive și circuite integrate bipolare (a se vedea capitolul 3, iar în 1983 *Microelectronica* pentru fabricarea de circuite integrate CMOS (a se vedea capitolul 5).

<sup>19</sup> În 1969 a fost creat (lângă IPRS) un centru de cercetări pentru componente electronice, care s-a transformat ulterior (1974) în *Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE)*. Evoluția acestui institut (care în 1996 a fuzionat cu *Institutul de Microtehnologie* devenind *INCD-Microtehnologie* sau *IMT București*) este descrisă în capitolul 4.

<sup>20</sup> Marius Guran, *Începuturile și dezvoltarea informaticii în România. Contribuțiile academicianului Mihai Drăgănescu ca om de știință și manager vizionar*, Academica, Anul XXVII, Nr. 5-6, mai-iunie 2017, pp. 58-66.

<sup>21</sup> **Lista doctoranzilor Profesorului Mihai Drăgănescu** (cu anul susținerii tezei în paranteză) este următoarea: Dan Dascălu (1970), Roman Stere (1972), Constantin Bulucea (1974), Adrian Rusu (1975), Emil Sofron (1977), George Samachișă (1977), Ion Costea (1977), Anca Manolescu (Popescu) (1978), Anton Manolescu (1978), Vladimir Doicaru (1979), Gheorghe Ștefan (1980), Gheorghe Brezeanu (1981), Ali Muheidli Hussein (1981), Ioan Drăghici (1985), Corneliu Burileanu (1986), Dan Steriu (1986), Cornel George Mândușeanu (1987), Radu Alexandru Dragomir (1987), Petru Alexandru Dan (1988), Nicolae Mihai Iosif (1988), Mircea Bodea (1993), Mihai Mihăilă (1997), Nicolae Marin (1997), Dan Silvestru Popescu (1998), Grigore Stolojanu (1998), Ion Mihuț (1999).

## 2.2 Școala doctorală ETTI și formarea de specialiști în microelectronică<sup>22</sup>

Școala doctorală de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din București (SD-ETTI-B) a fost fondată în aprilie 2012 la facultatea cu același nume (ETTI). Are peste 300 de doctoranzi în stagiul, coordonați de 50 de profesori abilitați să conducă programe de doctorat pe mai multe direcții de cercetare: prelucrarea semnalelor, transmisia și tehnologia informației, știința și ingineria calculatoarelor, comunicații, rețele, microelectronică, electronică aplicată. La 6 ani de la înființare, la SD-ETTI-B mai mult de 150 de teze de doctorat au fost susținute public, toate confirmate de către CNATCU.

Doctoratele în parteneriat au la bază acorduri încheiate de SD-ETTI-B cu institute de cercetare și companii multinaționale cu activități de cercetare în microelectronică și telecomunicații prin care o serie de programe de doctorat sunt circumscrise obiectivelor unor proiecte de cercetare ale institutului/companiei. Pentru realizarea practică și măsurători se folosesc facilitățile tehnologice și echipamentele institutului de cercetare sau ale companiei iar laboratoarele din facultate asigură programe specializate de modelare și simulare și pot contribui la procesele caracterizare și testare.

**Colaborarea cu INCD Microtehnologie** (IMT București), singurul institut de cercetare din țară cu obiectul de activitate legat de microelectronică, s-a concretizat prin teze de doctorat cu subiecte extrem de diverse. În domeniul **microfluidicii** s-au proiectat, realizat, caracterizat și testat două sisteme complexe de tip *lab-on-chip* pentru diagnosticare bazată pe analiza fragmentelor de acid dezoxiribonucleic (ADN)<sup>23,24</sup>. O altă teză de microfluidică a propus o metodă de estimare a efectelor dispersiei în procesul de fabricație<sup>25</sup>. Un alt domeniu este cel al **componentelor pentru microunde și unde milimetrice**. Una din teze a propus extensia diagramei Smith de la 2D la 3D<sup>26</sup>. În altă lucrare s-a realizat o matrice de antene de unde milimetrice cu câștig ridicat (la frecvențe între 35 GHz și 220 GHz), conectată la un detector cu diodă<sup>27</sup>. **Senzorii pe carbură de siliciu (SiC)** pentru măsurarea temperaturilor ridicate<sup>28</sup> și respectiv detecția de hidrocarburi de concentrații foarte mici<sup>29</sup> au reprezentat o altă direcție de cercetare (industria aerospațială și cea auto, industria cimentului, pile de combustie, etc.). Alte teze au fost legate de **structuri MEMS**<sup>30, 31,32</sup>.

**Parteneriatul cu companiile ON Semiconductor, INFINEON și Microchip** s-a concretizat prin teze de **circuite integrate analogice** în tehnologiile CMOS și BiCMOS, care au cunoscut o evoluție spectaculoasă în ultimii ani. Prin arhitecturile de circuit propuse în lucrările de doctorat s-a urmărit ca odată cu creșterea densității de integrare

<sup>22</sup> Realizările acestei școli doctorale sunt prezentate detaliat de către prof. Gh. Brezeanu în secțiunea 3.3 a **SRMN 2018** (*op. cit.*).

<sup>23</sup> Fiz. Monica Simion, *Noi structuri pe siliciu pentru aplicații biomedicale*, 2011, Coordonator Prof. Gheorghe Brezeanu.

<sup>24</sup> Mat. Oana Nedelcu, *Componente pentru microfluidică integrabile în corp solid simulare, proiectare, modelare și caracterizare*, 2011, Coordonator Prof. Gheorghe Brezeanu.

<sup>25</sup> Mat. Irina Codreanu, *Estimarea variației parametrilor funcționali ai componentelor microfluidice ca urmare a dispersiei de fabricație*, 2011, Coordonator Prof. Dan Dascălu.

<sup>26</sup> Ing. Andrei Müller, *O teorie de proiectare în microunde bazată pe geometria lui Klein*, 2011, Coordonator Prof. Dan Dascălu.

<sup>27</sup> Ing. Alina Bunea, *Contribuții la antene de unde milimetrice pentru aplicații de imagistică*, 2015, Coordonator: Prof. Gheorghe Brezeanu.

<sup>28</sup> Ing. Gheorghe Pristavu, *Caracterizarea diodelor Schottky pe carbura de siliciu pentru aplicații de înaltă temperatură și tensiune*, 2015, Coordonator: Prof. Gheorghe Brezeanu.

<sup>29</sup> Ing. Răzvan Pascu, *Modele și tehnologii de realizare de senzori pe carbură de siliciu (SiC) pentru medii ostile*, 2015, Coordonator Prof. Dan Dascălu.

<sup>30</sup> Ing. Carmen Moldovan, *Microsenzori rezonanți integrați*, 2003, Coordonator: Prof. Anca Manuela Manolescu.

<sup>31</sup> Fiz. Cristina Tuinea Bobe, *Micromembrane realizate prin tehnici de microprelucrare utilizate în senzori și micro sisteme inteligente*, 2011, Coordonator: Prof. Adrian Rusu.

<sup>32</sup> Ing. Angela Baracu, *Contribuții la realizarea tehnologică de senzori și structuri MEMS*, 2017, Coordonator: Prof. Gheorghe Brezeanu.



și a numărului de componente pe chip, și frecvenței de lucru<sup>33</sup> să se reducă tensiunea de alimentare și puterea disipată pe circuit<sup>34,35</sup>. Colaborarea cu ON Semiconductor pe linia **comenzii LED-urilor** s-a finalizat prin teze care se proiectează o nouă arhitectură de circuit de control pentru convertoare buck flotante<sup>36</sup> și respectiv două structuri inovative de convertoare optimizate<sup>37</sup>.

## 2.3 Cercetare în Departamentul de Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice

### 2.3.1 Domeniul dispozitivelor și circuitelor electronice<sup>38</sup>

Colectivele de cercetare „*Dispozitive semiconductoare de microunde*“ (1973) și respectiv „*Electronica Fizică*“ (1990) au fost formate și conduse de către profesorul **Dan Dascălu**<sup>39</sup>.

Profesorul **Marcel Profirescu** a înființat în 1976 *Centrul de cercetare și dezvoltare în domeniul microelectronicii* (EDIL), cu activități în domeniul simulării, extragerii de parametri, proiectarea sistemelor analogice și digitale.

Cercetările realizate de către profesorul **Adrian Rusu**<sup>40</sup> se referă la: dioda Schottky cu gradient lateral al concentrației de impurități, capacitor variabil electronic, tetroda cu inducție statică, curbele de calcul ale străpunerii capacitorului MOS, optimizarea străpunerii joncțiunilor PN cu electrod de câmp, modele electrice unificate pentru tranzistoare MOS, diode Zener și tranzistoare cu inducție statică. În cadrul grupului său de cercetare, în care a lucrat cu mult entuziasm, a enunțat, demonstrat și dezvoltat teorema conducției electrice neliniare. Aceasta a fost aplicată în cazul a numeroase structuri semiconductoare. De asemenea, a dat numele unui model pentru tranzistorul MOS bazat pe un circuit echivalent.

Menționăm următoarele proiecte de dispozitive și circuite integrate:

- o Primul CI CMOS cu semnale mixte analogice și digitale din România (1987, **Claudius Dan**)
- o Analiza termică a dispozitivelor semiconductoare și a CI (**Mircea Bodea, Andrei Silard**<sup>41</sup>).

Proiectul de *Dispozitive Avansate pe Carbură pe Siliciu și Diamant și Proiectul terminația cu profil rampă de oxid*, coordonat de către profesor **Gheorghe Brezeanu**<sup>42</sup>.

În fine, cităm *laboratorul de Tehnologii micro- și nanoelectronice*<sup>43</sup>, coordonat de către profesor **Anca Manolescu** și profesor **Anton Manolescu**.

<sup>33</sup> Ing. Sivian Spiridon, *Analysis and design of monolithic CMOS software-defined-radio receivers*, 2011 Coordonator: Prof. Mircea Bodea.

<sup>34</sup> Ing. Horia Iacob, *Enhanced performance VLSI circuits, with emphasis on current references, voltage references and low-dropout voltage regulators*, 2010, Coordonator: Prof. Anca Manuela Manolescu.

<sup>35</sup> Ing. Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice cu performante îmbunătățite*, 2003, Coordonator: Prof. Anton Manolescu.

<sup>36</sup> Ing. Vlad Anghel, *Circuit de control hibrid pentru alimentarea în comutație a ledurilor*, 2014, Coordonator: Prof. Gheorghe Brezeanu.

<sup>37</sup> Ing. Anca Vasilica, *Proiectarea circuitelor integrate de mică putere folosite pentru comanda ledurilor*, 2015, Coordonator: Prof. Gheorghe Brezeanu

<sup>38</sup> **Gheorghe Samachișă**, inventatorul *split gate flash memory*, membru fondator al SanDisk (vice-președinte responsabil cu tehnologia), în Silicon Valley a părăsit țara la începutul anilor '80.

<sup>39</sup> Informații apar în secțiunea 2.4 (inclusiv note biografice ale profesorilor Dan Dascălu și Dan Neculoiu).

<sup>40</sup> O notă biografică apare în secțiunea 2.7 (In Memoriam).

<sup>41</sup> O nota biografică Andrei Silard apare în secțiunea 2.7 (In Memoriam).

<sup>42</sup> Detalii apar în secțiunea 2.5, inclusiv o notă biografică a prof. Gh. Brezeanu.

<sup>43</sup> O scurtă prezentare a acestui laborator apare în secțiunea 2.6.



### 2.3.2 Domeniul sistemelor și arhitecturilor electronice<sup>44</sup>

- Dezvoltarea de aplicații ale microelectronicii în *CNAE* (Centrul pentru Noi Arhitecturi Electronice), înființat de Mihai Drăgănescu, cotutelat de Academia Română și catedra DCAE din Politehnică, v. <http://cnae.racai.ro/>.
- Dezvoltarea de aparate și circuite electronice în catedra de Dispozitive, Circuite și Aparat Electronice.
- Laboratorul *Speed* (*Speech and Dialogue*) destinat cercetărilor în domeniul tehnologiilor limbajului natural, fondat în 1984, în care s-au dezvoltat sisteme de recunoaștere automată pentru limba română, v. <https://speed.pub.ro/>.
- Laboratorul de Electronică Funcțională, astăzi laboratorul de Circuite Digitale și Arhitecturi, *ARH*<sup>45</sup>, în care s-au dezvoltat de-a lungul timpului proiectele *DIAGRAM*<sup>46</sup>, *DIALISP*<sup>47</sup>, *CONNEX*<sup>48</sup>.



- Proiectul *CORAL*: minicalculator cu arhitectură PDP-11, introdus în fabricație, într-o versiune originală, la FCE, v. <https://ro.wikipedia.org/wiki/CORAL>.
- Proiectul *Free Linux for Romania*, v. <http://linux.punct.info/>.

### 2.4 Colective de cercetare (dispozitive semiconductoare de microunde ș. a.) conduse de către profesor Dan Dascălu (fig. 2.2)

Fig. 2.2 Academician Dan Dascălu

#### 2.4.1 Dan Dascălu: notă biografică

S-a născut în 1942. A absolvit în 1965 Universitatea „Politehnică” din București, *Facultatea de Electronică și Telecomunicații*. A desfășurat o activitate didactică neîntreruptă în aceeași facultate, din 1965 până în prezent, devenind profesor (1990) la Catedra de *Dispozitive, circuite și aparate electronice* (pe care a condus-o cu delegație în intervalul 1981-1985); a predat (până în 2011) cursul de Dispozitive electronice în limba engleză la Facultatea de inginerie în limbi străine (FILS) din Politehnică, precum și cursurile de Microsenzori, Senzori inteligenți și micro sisteme – master (2009). Din 2011 este *profesor emerit* al Universității „Politehnică” din București, predând în continuare cursurile de *Dispozitive electronice* și respectiv *Circuite electronice fundamentale* la Facultatea ETTI. A coordonat manuale apărute la Editura Didactică și Pedagogică: *Circuite electronice* (1981); *Dispozitive și circuite electronice* (1982). A fost autor sau coautor al altor lucrări didactice.

A obținut primul titlul de doctor inginer sub conducerea prof. Mihai Drăgănescu, cu teza: *Curenți limitați de sarcină spațială în corpul solid* (1970), urmare a unui stagiu în Anglia (*research fellow* la Microelectronics Laboratory, University of Birmingham, 1968-1969). Lucrările științifice din primul deceniu după absolvirea facultății au abordat efectele de timp de tranzit, urmărind obținerea unui efect de rezistență negativă în semiconductori. De aici a rezultat o monografie științifică publicată direct în limba engleză<sup>49</sup>. O a doua monografie publicată în condiții similare este dedicată dispozitivelor unipolare<sup>50</sup>, fiind dintre primele lucrări de acest gen din lume, într-o perioadă în care electronica era dominată de dispozitivele bipolare. După știința noastră, este vorba

<sup>44</sup> Redactat de către profesor Gheorghe Ștefan. Informații suplimentare privind acest domeniu de cercetare apar în capitolul dedicat „inteligenței artificiale” din același volum.

<sup>45</sup> <http://arh.dcae.pub.ro/>

<sup>46</sup> <https://www.cocoon.ro/948/#>

<sup>47</sup> <https://ro.wikipedia.org/wiki/DIALISP>

<sup>48</sup> <http://users.dcae.pub.ro/~gstefan/2ndLevel/connex.html>

<sup>49</sup> Dan Dascălu, „*Transit-time effects in unipolar solid-state devices*”, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Publishing House of the Romanian Academy (1974).

<sup>50</sup> Dan Dascălu, „*Electronic processes in unipolar solid-state devices*”, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Publishing House of the Romanian Academy (1977). Aceasta este o versiune mai elaborată a monografiei Dan Dascălu „*Injecția unipolară în dispozitive electronice semiconductoare*”, Editura Academiei (1972).

de primele monografii dedicate dispozitivelor semiconductoare care au fost publicate în străinătate de autori români. Ele totalizează peste 1000 de pagini.

Începând din anul 1973 a condus un colectiv de cercetare al Catedrei care s-a ocupat de „Dispozitive semiconductoare de microunde“, în colaborare cu specialiști de pe platforma Băneasa. Acest colectiv a realizat primele dispozitive generatoare de microunde (diodele IMPATT), introduse ulterior în fabricație și exportate. Cercetarea s-a orientat apoi spre folosirea diodelor IMPATT în realizarea primelor radiorelee digitale pentru unde centimetrice, în timp ce colaborarea tehnologică cu IPRS-Băneasa a deschis un front nou de cercetare, cel legat de contactul metal-semiconductor (v. mai departe). Conduce doctorate începând din 1990. A coordonat (2010-2013) un proiect de studii postdoctorale, cu 35 de bursieri în „micro- și nanotehnologii“.

Este membru titular al Academiei Române din 23 martie 1993 (a fost ales membru corespondent la 13 noiembrie 1990). În perioada 1994-1998 a fost Președintele Secției de Știința și Tehnologia Informației. Din 1998 este Editorul șef al revistei „Romanian Journal for Information Science and Technology“, publicație ISI a Academiei Române și Președintele Comisiei de Știința și Tehnologia Microsistemelor a Academiei Române. A organizat, sub egida Academiei Române, „Seminarul Național de Nanoștiință și nanotehnologie“ (în 2017 la a 16-a ediție). Este coordonatorul seriei „Micro- and Nanoengineering“, care apare în Editura Academiei Române (25 de volume în limba engleză până în 2017). A fost (1998-2016) președinte al Conferinței Internaționale de Semiconductoare (CAS, eveniment IEEE, în 2016 la a 39-a ediție). În 2013 a fost președinte al Comitetului de Program al ESSDERC (European Solid-State Device Research Conference), care și-a desfășurat cea de a 43-a ediție la București (pentru prima oară în estul Europei).

A fondat și a condus în calitate de director și respectiv director general Centrul de Microtehnologie (1991), devenit în 1993 Institutul de Microtehnologie, iar în 1996 (după fuziunea cu ICCE), **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie** (IMT București), până în iunie 2011, moment în care institutul era creditat de către Comisia Europeană cu cea mai bună participare la programele europene dintre toate cele 46 de institute naționale, iar infrastructura sa experimentală performantă era grupată în Centrul de Micro- și NanoFabricație, prima facilitate „deschisă“ în domeniu din estul Europei. A continuat să lucreze în Institutul de Microtehnologie până în iunie 2017<sup>51</sup>. A coordonat proiecte ale Uniunii Europene din programul TEMPUS (1991-1993), din Programul Cadru 6 (MINAEAST, ROMNET-ERA, MINOS-EURONET) și a reprezentat România în alte proiecte europene.

A coordonat (1997-2000) elaborarea programului național „Societatea informațională“. A avut alte activități pe plan național și european pentru dezvoltarea în țară a domeniului micro- și nanotehnologii. A fost distins cu Ordinul „Serviciul Credincios“, în grad de Ofițer (2000).

#### 2.4.2 Colectivul de cercetare „Dispozitive semiconductoare de microunde“ (din 1973)

**Realizarea diodelor IMPATT (IMPact-Avalanche Transit-Time).** În urma unei cercetări inițiate de către un colectiv din Institutul Politehnic București (în prezent UPB) s-au realizat **diodele IMPATT de mică și medie putere**, capabile să genereze și să amplifice microunde (cu performanțele din foaia de catalog Hewlett Packard)<sup>52</sup>, dispozitive aflate sub embargo. Aceste dispozitive au fost ulterior fabricate în serie de către IPRS-Băneasa și exportate. Folosind aceleași diode IMPATT, primele dispozitive semiconductoare active de microunde realizate în țară, colectivul din IPB s-a implicat în realizarea primelor radiorelee digitale din domeniul undelor centimetrice, concepute și realizate integral în țară<sup>53</sup>.

Colectivul de cercetare format în 1973 a cuprins cadre didactice din facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic din București (s.l. dr. ing. Dan Dascălu, asist. ing. Ioan Costea, asist. ing. Gh. Brezeanu) și proaspeții absolvenți ai aceleiași facultăți (ing. Nicolae Marin, ing. Andrei Mihnea) angajați la Institutul de

<sup>51</sup> Detalii privind activitatea Prof. Dan Dascălu, în particular în IMT București apar în **SRMN 2018** (op. cit.).

<sup>52</sup> Diodele generau 100 mW, respectiv 500 mW în banda X (8-12 GHz).

<sup>53</sup> Dan Dascălu, „De la tuburi electronice la dispozitive semiconductoare generatoare de microunde“, Noema, vol. XVI, pp. 315-325 (2016).

Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE). În această activitate a fost angrenat ulterior și asist. ing. Teodor Tebeanu care s-a alăturat colectivului din Catedra de Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice condusă de Prof. Mihai Drăgănescu, precum și asist. ing. Radu Dragomir. Contractul de cercetare cu titlul *Dispozitive semiconductoare neconvenționale de microunde* a fost semnat inițial (1973) între Institutul Politehnic București și CNȘT, fiind transferat în anul următor la Institutul Tehnic de Cercetări și Proiectări al Armatei (ITCPA), în calitate de beneficiar (urma să fie utilizată în radiolocoatoare)<sup>54</sup>. Deoarece Institutul Politehnic nu dispunea de dotări și expertiză tehnologică, s-a apelat la ICCE, dar până la urmă dezvoltarea tehnologiei și punerea în fabricație (1978) au avut loc la IPRS Băneasa. Dioda IMPATT ca atare a fost realizată tehnologic de către ing. Nicolae Marin, proaspăt absolvent repartizat la ICCE, care *a lucrat practic tot timpul în secțiile de la IPRS-Băneasa* (în secția de dispozitive de putere), *întreprindere în care s-a și transferat în momentul în care a trebuit finalizată cercetarea*. Modelul experimental IMPATT grupat cu o monografie științifică (Dan Dascălu, 1974) sub denumirea de „*Dispozitive neconvenționale de microunde*“ (autori Dan Dascălu, Nicolae Marin, Andrei Mihnea, Ioan Costea, Gheorghe Brezeanu) a primit Premiul „Traian Vuia“ al Academiei Române (1974)<sup>55</sup>. Între timp, colectivul din Politehnica a trecut la **realizarea unor echipamente de radiocomunicații în bandă X, folosind diodele IMPATT** indigene atât la emisie, cât și la recepție (în oscilatorul local)<sup>56</sup>. S-au dezvoltat (în colaborare cu Fabrica de Calculatoare Electronice, ulterior cu Electromagnetica și cu ICRET) radiorelee digitale cu două destinații diferite: a) interconectarea calculatoarelor prin modemuri cu viteza de transmisie de 2 Mb/s (prototip omologat); b) telefonie digitală, cu o capacitate de 8 Mb/s (numai până în faza de model experimental, după care au intervenit evenimentele din decembrie 1989)<sup>57</sup>.

**Cercetări în domeniul contactelor metal-semiconductor.** În 1975, la IPRS-Băneasa au apărut probleme legate de realizarea contactelor metalice la unele dispozitive semiconductoare de putere. Colectivul din Politehnică (Dan Dascălu, Gh. Brezeanu) a demarat (în colaborare cu Petru Dan ș.a.) cercetările legate de structura și proprietățile electrice ale contactului realizat prin *metalizarea siliciului*, la dispozitivele semiconductoare și circuitele integrate. S-au studiat în special contactele de Al depuse în vid și cel de Ni depus chimic. Pe parcursul cercetării: (a) S-au conceput structuri speciale de test pentru evaluarea parametrilor electrice ai contactelor Schottky și ohmice (b) S-au făcut investigații microfizice și o modelare avansată a contactelor Schottky, respectiv ohmice; (c) S-au dezvoltat noi tehnologii de metalizare bazate pe siliciuri; (d) S-au făcut teste de fiabilitate. Dincolo de utilizarea industrială, rezultatele au fost publicate în reviste din străinătate și sintetizate într-o monografie apărută la Editura Academiei<sup>58</sup>. Este interesant faptul că lucrarea de modelare a contactelor neuniforme *Al/Si*, publicată în 1981 în *Solid State Electronics*<sup>59</sup> a devenit una de referință în domeniu, fiind citată cu regularitate la decenii după publicarea ei.

**Alte cercetări în domeniul dispozitivelor de microunde** (Dan Neculoiu, secțiunea 2.4.4). Înainte de 1990, un grup din care faceau parte *Dan Neculoiu*, *Sorin Voinigescu* (secțiunea 6.4.1) și *Valeriu Constantinescu* a desfășurat o activitate de pionierat în România în domeniul modelării zgomotului în dispozitivele și circuitele de microunde, al tehnicilor de proiectare prin optimizare a circuitelor liniare de microunde, precum și al caracterizării experimentale a dispozitivelor de microunde. Rezultatele au fost integrate în programele de analiză și optimizare, obținând produse software (MICROCAD) cu performanțe comparabile cu cele ale produselor similare existente la acea dată (1989) pe plan internațional și livrat prin contract la ICCE „*Pachet de programe pentru analiza și*

<sup>54</sup> Andrei Ciontu, „*Istoria diodei IMPATT românești*“, în *File din Istoria Radiotehnicii și Electronicii Românești: Realizări*, Lugoj, Editura NAGARD, 2013 (Andrei Ciontu – coordonator).

<sup>55</sup> Detalii privind participanții la această cercetare și despre problemele tehnice rezolvate și lucrările publicate apar în cap. 2 al **SRMN 2018** (*op. cit.*).

<sup>56</sup> D. Dascălu, I. Costea, T. Tebeanu, A. Zamfir, Al. Boian – Experimentarea unui sistem de interconectare a calculatoarelor pe purtătoare de microunde, în *Probleme de automatizare, vol. 13 – Progrese în electronică și informatică*, Editura Academiei RSR, 1983, pp. 79-86.

<sup>57</sup> De remarcă faptul că toate aceste rezultate au fost obținute de colectiv cu ZERO investiții în baza materială proprie (s-a lucrat pe aparatură împrumutată sau donată cu ocazia cutremurului din 4 martie 1977).

<sup>58</sup> D. Dascălu, G. Brezeanu, P.A. Dan, „*Contactul metal-semiconductor în microelectronică*“, monografie, Ed. Academiei Române, București, 1988.

<sup>59</sup> D. Dascălu, G. Brezeanu, P.A. Dan, C. Dima, „*Modelling electrical behaviour of non-uniform Al/Si Schottky diodes*“, *Solid State Electronics*, vol. 24 (1981), pp. 897-904.

optimizarea circuitelor liniare de microunde“). În perioada 1991-1993 grupul de mai sus a lucrat la tema „Investigarea și modelarea fenomenelor fizice din dispozitivele și circuitele integrate cu compuși AIIIbV“<sup>60</sup>. După participarea la un proiect TEMPUS (v. mai jos), activitatea grupului s-a reorientat spre modelarea și studiul aplicațiilor diodelor cu tunelare rezonantă cu dublă barieră (DBRT) iar Dan Neculoiu a dezvoltat un model original în PSPICE al acestui dispozitiv. A fost analizată generarea de putere de microunde în oscilatoare și multiplicatoare de frecvență. În acest scop s-au dezvoltat (cu contribuția regretatului prof. Teodor Tebeanu) noi tehnici pentru modelarea neliniară a circuitelor de microunde bazate pe metoda balansării armonicilor.

### 2.4.3 Colectivul de cercetare „Electronica Fizică“ (după 1990)

- A continuat activitatea colectivului de „Dispozitive semiconductoare de microunde“ (grup Dan Neculoiu, detalii deja prezentate mai sus)
- Au fost propuse și derulate două proiecte TEMPUS<sup>60</sup> (1991-1993) care au facilitat formarea de specialiști în domeniul „microtehnologiilor“.
- A fost înființat un prim laborator didactic de proiectare asistată de calculator a circuitelor integrate cu stații de lucru Sun și software Cadence.
- A inițiat în 1991 formarea Centrului de Microtehnologie (CMT), devenit în 1993 Institutul de Microtehnologie (IMT), centru care a funcționat inițial în sediul și în colaborare cu S.C. Microelectronica S.A.<sup>61</sup>



Fig. 2.3 Prof. dr. ing. Dan Neculoiu

### 2.4.4 Prof. Dan Neculoiu continuă cercetările în domeniul dispozitivelor de microunde<sup>62</sup>

**Dan Neculoiu** (Fig. 2.3) s-a născut în anul 1959 și a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații, IPB, în anul 1985. În anul 1997 a obținut titlul de doctor inginer în specialitatea „Dispozitive și Circuite Electronice“ (conducător Acad. Dan Dascălu), susținând teza cu titlul „Modelarea neliniară a circuitelor integrate de microunde“, iar din 2005 este profesor universitar.

În perioada 1999-2000 a fost director de contract pentru „Modelarea, simularea și caracterizarea experimentală a microstructurilor și microsistemelor“. Au fost obținute rezultate care au constituit baza unor cercetări ulterioare, în colaborare cu IMT București: metode de modelare la înaltă frecvență a microstructurilor; algoritmi de simulare a liniilor de transmisie și a componentelor pasive realizate prin tehnologii de microprelucrare; tehnici integrate de modelare și simulare în câmp electromagnetic de înaltă frecvență a microstructurilor; proiectarea și optimizarea microstructurilor în domeniul microundelor. Din 1999 a asigurat colaborarea din partea UPB în cadrul proiectului european de cercetare INCO-COPERNICUS Proiect 977131 MEMSWAVE: „Micromachined Circuits for Microwave and Millimeter Wave Applications“, 1998-2001 (coordonator IMT București). A dezvoltat tehnicile de proiectare și caracterizare experimentală pentru filtrele de unde milimetrice realizate cu linii cuplate, antenele pentru unde milimetrice și receptoarele cu detecție directă pentru frecvențele de 38 GHz și 77 GHz (în tehnologiile

<sup>60</sup> Aceste proiecte au permis efectuarea unor stagii de specializare de durată (tipic un an) în institute de cercetare și universități renumite din vestul Europei. Unul dintre parteneri a fost IMEC Interuniversity Microelectronics Center (Leuven, Belgia) care astăzi – la 30 de ani de la înființare, este de departe cel mai puternic centru de cercetare independent din Europa. Aici au efectuat specializări prin programul TEMPUS atât realizatorul diodelor IMPATT, ing. Nicolae Marin (devenit curând după aceea doctor inginer al Politehnicii din București), cât și dr. fiz. Alexandru Müller (secțiunea 4.4.10), de la ICCE, ulterior coordonatorul centrului de excelență din IMT (secțiunea 6.3.1). Printre beneficiarii burselor TEMPUS au fost și Dr. Cornel Cobianu (secțiunea 4.4.2), Prof. Florin Udrea (secțiunea 6.4.3) și Dr. Daniel Lăpădatu (secțiunea 6.4.5). Unul din cele două proiecte a fost condus la început de către asist. ing. Cleopatra Căbuz, care a creat ulterior Laboratorul de Microsenzori al Honeywell Romania (secțiunea 4.4).

<sup>61</sup> Pentru detalii, a se vedea secțiunea 4.3.

<sup>62</sup> O notă biografică detaliată apare în capitolul 2 al volumului Școala românească..... (citată anterior).

corespunzătoare microprelucrării Si și GaAs). În cadrul acestui proiect a demonstrat în premieră internațională viabilitatea ideii integrării monolitice a unei diode Schottky cu o antenă dublu slot foldat pe aceeași membrană de GaAs cu o grosime de 2 micrometri obținută prin microprelucrare. Pentru activitatea din cadrul acestui proiect a primit (în colectiv, 2001) Premiul „Tudor Tănăsescu” al Academiei Române.

În colaborare cu IMT București (unde din 2015 funcționează ca CS 1) a obținut numeroase alte rezultate în domeniul componentelor de microunde și a structurilor SAW și FBAR realizate prin tehnici MEMS. Colaborări mai recente implică componente pe bază de grafenă. Un domeniu distinct în care expertiza sa este esențială este cel al imagisticii pasive în gama undelor milimetrice (banda 75-110 GHz, cu aplicații medicale și de securitate).



## 2.5 Colective de cercetare (dispozitive pe semiconductori de bandă largă ș.a.) conduse de către Prof. Gh. Brezeanu<sup>63</sup>

Fig. 2.4 Prof. dr. ing. Gheorghe Brezeanu

Născut în 1948, Gheorghe Brezeanu (Fig. 2.4) a absolvit în 1972 Facultatea de Electronică și Telecomunicații din IPB (secția de Ingineri Fizicieni). De atunci lucrează în Catedra de Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice. A devenit dr. ing. în Microelectronică în 1981<sup>64</sup>, apoi profesor universitar (1992) și conducător de doctorat (1994).

Primele activități de cercetare le-a desfășurat în cadrul colectivului prof. Dan Dascălu (dispozitive de microunde, contactul metal semiconductor), după cum s-a arătat mai sus.

### 2.5.1 Dispozitive Avansate pe Carbură pe Siliciu și Diamant

În 1995, a inițiat, în premieră națională, un program de cercetări sistematice a semiconductorilor de bandă largă. Conduce laboratorul de cercetare *Dispozitive și Circuite Electronice – Studii avansate (DCE-SA)* din cadrul Facultății ETTI, focalizat pe dispozitive pe SiC și diamant. În acest context remarcăm două direcții de cercetare. Cercetarea **Dispozitive pe SiC și diamant realizate pentru prima oară în țară** s-a desfășurat în perioada 1997-2015 și a avut ca rezultat dezvoltarea de diode pn, diode Schottky, capacitatoare MOS și fotodetectoare. Cercetarea **Senzori inteligenți pe SiC pentru aplicații industriale** (2010-2016) a dezvoltat *Senzori de temperatură* de mare sensibilitate capabili să opereze până la 450°C și respectiv *Senzori de hidrocarburi* cu posibilități de detecție până la 250°C. Pentru toate dispozitivele menționate s-au parcurs etapele de proiectare, simulare, fabricație, caracterizare și testare. Ca un exemplu, într-o lucrare<sup>65</sup> se propune un model original pentru contacte Schottky neuniforme realizate de siliciuri pe SiC. Ca rezultat s-au determinat condițiile în care un contact Schottky, deși cu neuniformități pronunțate în barieră, are parametrii electrici stabili și reproductibili.

Un aspect foarte important al acestor cercetări este colaborarea internațională avută cu *University of Cambridge*, *Centro Nacional de Microelectronica (CNM)* – Barcelona, *INSA* – Lyon și recunoașterea obținută prin includerea unei monografii despre dispozitive pe SiC<sup>66</sup>. În țară, recunoașterea a constat în obținerea Premiului Academiei Române „Tudor Tănăsescu” (1999) pentru un grup de lucrări cu tema: *Dispozitive pe Carbură de Siliciu*.

<sup>63</sup> Detalii privind activitatea științifică a Prof. Brezeanu pot fi găsite în secțiunea 2.5 a **SRMN 2018** (op. cit.).

<sup>64</sup> G. Brezeanu, „Modelarea contactului Al/Si din dispozitive semiconductoare și circuite integrate în vederea îmbunătățirii tehnologiei de fabricație”, 1981, teză de doctorat, conducător științific: Acad. Mihai Drăgănescu.

<sup>65</sup> G. Brezeanu ș.a., *Characterization technique for inhomogeneous 4H-SiC Schottky contacts: A practical model for high temperature behavior*. J. Applied Physics, Vol. 122 (2017), pp. 084501.

<sup>66</sup> F. Roccaforte, G. Brezeanu, P.M. Gammon, F. Giannazzo, S. Rascunà, M. Saggio, „Schottky contacts to Silicon Carbide: physics, device technology and applications” (to be published).



### 2.5.2. Terminația cu profil rampă de oxid

Tensiunea de blocare a dispozitivelor de putere poate fi crescută prin folosirea unei terminații de margine care asigură o distribuție uniformă a vectorilor de câmp atât în zona centrală, cât și la marginea electrozilor dispozitivului. Rezultă o străpungere la tensiuni, cu valori apropiate de limitele teoretice. S-a patentat o astfel de terminație, caracterizată printr-o eficiență ridicată (>90%) și bazată pe o tehnologie simplă, de temperaturi joase<sup>67</sup>. Poartă numele *terminația cu profil rampă de oxid*, pentru că se bazează pe corodarea în rampă, sub unghiuri foarte mici (<5°), a oxidului din jurul contactului principal. În lucrarea<sup>68</sup>, publicată de *Wiley Encyclopedia*, se evidențiază performanțele terminației: străpungere aproape ideală și o distribuție uniformă a curentului, fără a altera comportarea în conducție a dispozitivului. Performanțele terminației sunt evidențiate în lucrări de sinteză reprezentative<sup>69</sup>. Ea a fost experimentată pentru dispozitive Schottky și cu joncțiuni *pn* pe Si, SiC și diamant, în numeroase laboratoare din lume<sup>70</sup>.

### 2.5.3 Laboratorul de Dispozitive și Circuite Electronice – Studii Avansate (DCE-SA)

Prof. Gh. Brezeanu conduce DCE-SA din Facultatea ETTI (sediul în B 126, local Leu). Dotările și serviciile asigurate sunt prezentate în baza de date a infrastructurilor de cercetare din România, disponibilă la adresa <https://erris.gov.ro><sup>71</sup>. Echipa de cercetare are în componență specialiști recunoscuți în microelectronica, doctoranzi și studenți la master.

Laboratorul a fost fondat în 1995 pentru a susține programul de cercetare *Dispozitive pe semiconductori de banda largă*. În acest program au fost angrenate laboratoare cu notorietate în domeniu de la University of Cambridge, Centro Nacional de Microelectronica (CNM) – Barcelona, INSA de Lyon, FORTH – Crete, IOFFE – Sankt Petersburg. Cercetările finanțate prin diverse proiecte în parteneriat, s-au concretizat în principal prin fabricarea și testarea în laborator, în premieră pentru România, de dispozitive pe carbură de siliciu (SiC) și diamant cu parametri și performanțe comparabile cu cele raportate pentru dispozitive similare produse în lume: tensiuni de blocare de ordinul kV și curenți în conducție de zeci de amperi<sup>72</sup>.

După anul 2010 eforturile laboratorului se concentrează pe dezvoltarea de senzori pe SiC și diamant de mare sensibilitate. S-au proiectat, simulat, fabricat și testat două familii de senzori inteligenți, pentru detecția de hidrocarburi și, respectiv, pentru măsurarea temperaturii. Senzorii efectivi sunt: un capacitor MOS pe SiC și o diodă Schottky pe SiC sau diamant. Aceste dispozitive au fost proiectate, măsurate în temperatură, caracterizate și modelate în laboratorul DCE-SA. Biosenzori inteligenți, destinați determinării concentrației de glucoză, alcool și diverși acizi din vin în timpul procesului de fermentare, a fost un alt obiectiv finalizat în laborator. Realizarea senzorilor inteligenți (finanțate prin contracte din programele naționale) a însemnat și proiectarea circuitelor electronice de prelucrare a semnalului de la ieșirea dispozitivului senzor și conversia semnalului într-un curent din gama 4-20mA, domeniu standard de la ieșirea echipamentelor industriale de control și automatizare. Aceste circuite au fost concepute, realizate și calibrate tot în laboratorul DCE-SA. Senzorii de temperatură au fost montați

<sup>67</sup> M. Bădilă, G. Brezeanu, C. Cobianu, P.A. Dan, F. Mitu „*High capacity and voltage Schottky diodes manufactured by epitaxial doping of silica layer with phosphorus and using molybdenum@-nickel@- silver@- metallic system and chromium@ or tungsten@ contact*“, patent , nr. RO 104755/1991.

<sup>68</sup> M. Bădilă, G. Brezeanu, F. Mitu, „*Schottky Oxide Ramp Diodes*“, in the Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, vol. 18, Wiley Interscience Publication (John Wiley & Sons, Inc), New York, SUA, 1999, pp. 710-718.

<sup>69</sup> J. Baliga, *GaN and SiC Power Devices*, Word Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2017 și P.G. Neudeck, *SiC Technology*, NASA Lewis Research Center, 1998.

<sup>70</sup> L'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (Catania), Royal Institute of Technology (Kista – Stockholm), CNM (Barcelona), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Tsukuba), LAAS (Toulouse), INSA (Lyon). Pe GaN terminația a fost testată de către compania ABB, unul dintre producătorii de prim rang de dispozitive de putere.

<sup>71</sup> Detalii despre acest laborator, inclusiv colaborările internaționale în care este implicat, pot fi găsite în **SRMN 2018** deja citat (cap. 2). În același loc apar informații relevante privind *activitățile didactice și organizatorice* desfășurate de Prof. Gh. Brezeanu la nivelul Facultății și la nivel național (secretar științific al Facultății ETTI, director al școlii doctorale ETTI, vice-președinte al Comitetului de program CAS, membru al comisiilor CNATDCU etc.).

<sup>72</sup> Din păcate în țară nu mai există o industrie de profil care să fabrice aceste dispozitive.

și testați din 2014 în fabrica de ciment Fieni, unde sunt folosiți pentru monitorizarea în timp real a temperaturii din cuptoarele de fabricație. Comparațiile, realizate continuu, cu datele indicate de echipamentele standard din fabrică (ce folosesc senzorii bazați pe un termocuplu), au indicat diferențe mai mici de 5%. Ca urmare, se studiază posibilitatea înlocuirii senzorilor cu termocuplu, ce au o durată de funcționare de numai 3 luni, cu senzori pe SiC care sunt mult mai fiabili.

## 2.6 Laboratorul de Tehnologii micro și nano-electronice<sup>73</sup> (Anca Manolescu)

Laboratorul „*Tehnologii și structuri micro și nanoelectronice*“ (MNETL) al departamentului DCAE a fost înființat în 1969 datorită profesorului Mihai Drăgănescu, inițial sub numele „*Laboratorul de circuite microelectronice*“. Conform obiectivelor inițiale laboratorul s-a constituit ca un model de centru de cercetare integrat (învățământ-cercetare-microproducție) în domeniul tehnologiilor microelectronice (într-un moment de început al acestora) pentru a oferi studenților și cadrelor didactice din facultatea de Electronică posibilitatea de a-și însuși aceste tehnologii și de a-și putea afirma abilitățile de cercetare în acest domeniu.

Până în anii 1990 în cadrul laboratorului au fost prezente și activități de microproducție care s-au bazat pe valorificarea unor rezultate ale cercetărilor proprii, pe nevoia unor beneficiari interni care nu aveau acces la importuri, dar și pe suportul material constant al industriei românești de componente semiconductoare. După 1990 ultimii 2 suportți din cei amintiți mai sus au dispărut ceea ce a făcut ca activitatea de microproducție să nu se mai poată desfășura și nici justifica.

De aceea, începând cu anii '90 și mai ales după anul 2003, activitatea de cercetare bazată pe proiecte de cercetare finanțate de autoritatea de cercetare a Ministerului de resort (numele s-a tot schimbat la fiecare 2-3 ani) s-a îndreptat spre teme de actualitate ce aveau ca reazem practic capabilitățile tehnologice ale laboratorului. Aceasta a permis câștigarea unor proiecte de cercetare de interes actual (microcircuite bazate pe polimeri organici, circuite cerute de comunicațiile moderne, circuite cerute de senzorii inteligenți) care au adus fonduri importante UPB, Facultății, Departamentului și bineînțeles Laboratorului, permițând cumpărarea unor echipamente moderne..... În perioada de vârf a dezvoltării Laboratorului, 1975-1990, pe baza cercetărilor proprii s-au realizat o serie de microcircuite integrate hibride cu straturi subțiri (unice în țară) cu performanțe de nivel mondial, la nivelul unei microproducții de serie mică (sute de bucăți). Acestea erau din domeniul filtrelor active de joasă frecvență, convertoarelor D/A și A/D, amplificatoarelor de bandă largă UHF, amplificatoarelor audio de medie putere.

Pentru rezultatele științifice originale obținute în cadrul acestor cercetări un colectiv de cadre didactice a obținut premiul Academiei „Traian Vuia“ în anul 1978.

În aceeași perioadă, în cadrul Laboratorului au lucrat în activitatea de cercetare cadre didactice ce s-au afirmat mai târziu în activitatea științifică și tehnică internațională: **Gheorghe Samachișă** (cofondator și inventator la compania de memorii *Sandisk*), **Ștefan Cserveny** (cofondator al modelului EKG pentru tranzistoarele MOS, larg folosit pe plan internațional).

---

<sup>73</sup> Este vorba de singurul laborator din Catedra (Departamentul) DCAE care a avut o bază tehnologică. Restul cercetărilor experimentale legate de elaborarea unor procese tehnologice sau construcția unor dispozitive au trebuit să se desfășoare pe platforma Băneasa. Singura infrastructură experimentală specifică care mai este disponibilă în prezent în țară este cea a IMT București (a se vedea secțiunea 4.3).



## 2.7 In Memoriam.

### 2.7.1 Adrian Rusu (1946-2012)



Fig. 2.5. Profesorul Adrian Rusu, membru corespondent al Academiei Române

Prof. dr. ing. **Adrian Rusu** (Fig. 2.5) membru corespondent al Academiei Române, a fost șeful catedrei Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice (D.C.A.E.) a facultății de Electronică și Telecomunicații din Universitatea „Politehnica“ București timp de peste 20 de ani.

Născut în 1946, în anul 1968 susține proiectul de diplomă „*Proiectarea unor instalații de măsură pentru ferite*“ și devine inginer în electronică și telecomunicații, ca șef de promoție, absolvind facultatea cu media generală 10. În anul 1975 primește titlul de doctor inginer în electronică pe baza tezei de doctorat : „*Contribuții la teoria și tehnologia structurilor Schottky cu siliciu*“, având conducător științific pe prof. dr. doc. ing. Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei.

Începe cariera universitară în anul 1968 parcurgând pe rând toate treptele acesteia, astfel este preparator (1968-1969), asistent stagiar (1969-1972), asistent titular (1972-1976), șef de lucrări (1976-1990), conferențiar (1990-1991), profesor (1990-2012). Activitatea didactică, de peste 40 ani, a profesorului Adrian Rusu s-a desfășurat în special la disciplinele *Dispozitive și circuite electronice* și *Modelarea componentelor microelectronice active*. Între 1990 și 2012 a fost șeful catedrei Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice din Facultatea de Electronică și Telecomunicații. În 1994 este ales membru corespondent al Academiei Române, secția Știința și Tehnologia Informației.

Activitatea de cercetare în domeniul dispozitivelor electronice semiconductoare a avut rezultate importante ce au permis extinderea frontul cunoașterii în microelectronică. Unele dintre aceste rezultate reprezintă subiectul unor brevete de invenții și unele sunt citate în lucrări importante din literatura științifică mondială.

Printre dispozitivele electronice și circuitele integrate, realizate în calitate de demonstratori, dintre care unele au fost introduse în circuitul industrial se pot enumera: Dioda Schottky cu gradient lateral al concentrației de impurități (brevet acordat de România și Germania, utilizat în construcția MONOCIP)<sup>74,75</sup>; Circuite integrate bazate pe structuri operaționale MOS cu poartă rezistivă<sup>76,77</sup>; Condensator variabil electronic și metodă de măsurare a timpului de viață al purtătorilor în exces<sup>78</sup>; Variante de tranzistoare cu inducție statică cu performanțe crescute în ceea ce privește capabilitatea în tensiune și frecvență<sup>79</sup>; Tetroda cu inducție statică<sup>80</sup>.

Printre cărțile reprezentative care prezintă lucrările profesorului Rusu se pot enumera: S.M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, J. Wiley & Sons, ed. I și II (15 tiraje), 1982; A. Blicher, *Field-Effect and Bipolar Power*

<sup>74</sup> A. Rusu, *Dioda metal-semiconductor*, Brevet România, nr. 60829 (1974).

<sup>75</sup> A. Rusu, *Metall-Halbleiterdiode*, Brevet RFG, nr. 2452209 (1978).

<sup>76</sup> D. Steriu, A. Rusu, *Circuit integrat pentru comanda unei barete de diode electroluminiscente*, Brevet România, nr. 92259 (1985).

<sup>77</sup> A. Rusu, D. Steriu, *Rezistor electronic comandat în tensiune*, Brevet România, nr. 91460 (1985).

<sup>78</sup> A. Rusu, *Condensator variabil electronic*, Brevet România, nr. 94905 (1986).

<sup>79</sup> C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de obținere a tranzistoarelor cu inducție statică cu joncțiuni poartă retrase*, Brevet România, nr. 97880 (1989); C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de fabricare a tranzistoarelor cu inducție statică pentru tensiuni de străpungere mari*, Brevet România, nr. 98191 (1989); C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de fabricare a tranzistoarelor cu inducție statică de putere și tensiune de străpungere ridicate*, Brevet România, nr. 102481 (1990).

<sup>80</sup> A. Rusu, C. Postolache, *Tetroda cu inducție statică*, Brevet România, nr. 103530 (1991).

*Transistor Physics*, Academic Press, 1981; E.H. Nicollian, J.R. Brews, *MOS Physics and Technology*, J. Wiley & Sons, (3 tiraje), 1984; J.-P. Colinge, *Silicon-On-Insulator Technology: Materials to VLSI*, Kluwer Academic Publishers, 1997; S.M. Sze, Kwok K.Ng, *Physics of Semiconductor Devices*, J. Wiley & Sons, ed. III, 2007.

Contribuțiile mai importante ale profesorului Rusu la teoria structurilor electronice semiconductoare sunt:

- Elaborarea unor modele fizice pentru componentele microelectronice active, modele care au fost preluate de literatura științifică mondială: optimizarea tensiunii de străpungere la joncțiunile pn cu poartă și la diodele Schottky, curbele universale ale străpungerii capacitorului MOS<sup>81</sup>, modelul distribuit al tranzistorului MOS, modelul de prim ordin al tranzistorului cu inducție statică<sup>82</sup>.
- Enunțarea unei legi și a unor teoreme ale fenomenelor de conducție electrică neliniară<sup>83</sup>, care fundamentează printr-un punct de vedere unitar toate procesele de conducție din structurile electronice.
- Continuarea operei fondatorului școlii de dispozitive electronice și microelectronică românească (academician Mihai Drăgănescu) prin elaborarea a două volume de autor, bazate pe cercetări științifice originale: *Modelarea componentelor microelectronice active*, Editura Academiei Române, 1990 (premiul „T. Tănăsescu“), *Conducție electrică neliniară în structuri semiconductoare*, Editura Academiei Române, 2000, precum și prin formarea unui mare număr de cadre didactice și cercetători.

Prof. Adrian Rusu a participat la numeroase programe și proiecte internaționale de cercetare științifică, cum ar fi: (1) Dispozitive, circuite și micro sisteme electronice, D-107, 1998-2001, Banca Mondială; (2) Modele avansate pentru tranzistoare bipolare și MOS în tehnologii submicronice, C-35, 1999-2002, Banca Mondială; (3) Structuri MOS cu poartă mobilă pentru telecomunicații, Grant Swiss National Fondation (colaborare cu EPF Lausanne), 2003-2005; (4) Dispozitive semiconductoare pentru economisirea energiei electrice, Grant Royal Society UK (colaborare cu Universitatea din Cambridge, UK) 2004-2006; (5) ROMNET-ERA, proiect EU (PC6), director UPB, 2006-2008.

Profesorul A. Rusu a fost, până în anul 2011, Președinte al Comitetului de Program al Conferinței Internaționale de Semiconductoare, CAS (a se vedea secțiunea 4.3). Și-a adus, în calitate de șef de catedră, o contribuție importantă și la orientarea învățământului de microelectronică din țara noastră (studii de licență, master, doctorat) prin elaborarea planurilor de învățământ pentru secția de microelectronică și direcția de specializare de micro sisteme; atragerea în învățământ a cercetătorilor de mare valoare și promovarea cadrelor didactice pe bază de criterii de performanță. A fost membru al Senatului UPB și membru al consiliului de specialitate al Ministerului Educației (CNATDCU)<sup>84</sup>.

<sup>81</sup> A. Rusu, D. Dobrescu, C. Anghel, *The onset of the high level of injection in MOS structures*, 1999 IEEE International Semiconductor Conference, Sinaia, România, 153 (1999).

<sup>82</sup> C. Bulucea, A. Rusu, *A first-order theory of the static induction transistor*, Solid State Electronics, **30**, 1227 (1987).

<sup>83</sup> A. Rusu, *A theorem of the non-linear electric conduction*, 16<sup>th</sup> Annual Semiconductor Conference, Sinaia, Romania, 31 (1993).

<sup>84</sup> *Această succintă prezentare a activității științifice și tehnice a profesorului Adrian Rusu a fost redactată de către prof. dr. ing. Dragoș Dobrescu (născut în 1961, la București), absolvent al Facultății de Electronică și Telecomunicații (1986) și doctor inginer la aceeași facultate (1996). În prezent continuă activitățile începute în calitate de colaborator apropiat al prof. Adrian Rusu, predând cursurile de Circuite Electronice Fundamentale, Modele ale Componentelor Electronice pentru SPICE și Modelarea și Caracterizarea Experimentală a Structurilor Microelectronice Integrate (ultimele 2 introduse pentru prima oară în programă de către prof. Rusu) efectuând cercetări legate de modelarea circuitelor și dispozitivelor electronice alături de ceilalți discipoli ai profesorului Rusu.*

### 2.7.2 Andrei Silard (1944-1993)



Fig. 2.6 Prof. Andrei Silard, membru corespondent al Academiei Române

Andrei P. Silard (Fig. 2.6) n. 30.04.1944, Timișoara, d. 30.06.1993 București, dr. ing. electronică, profesor universitar.

*Studii:* 1962-1967 – Institutul de Energetică din Moscova, Fac. Electronică, 1976 – doctor inginer, Institutul Politehnic din București, 1976 – Facultatea de Istorie a Universității București.

*Carieră profesională:* 1967-1974 – cercetător la Institutul de Cercetări Electronice din București. 1974-1993 cadru didactic la Institutul Politehnic din București, prin concurs: asistent suplinitor (1 Februarie 1974), șef de lucrări, conferențiar, profesor (1 Martie 1992) la Catedra de Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice la Facultatea de Electronică, Institutul Politehnic din București.

**Activitatea didactică și de cercetare:** În afară de cursurile tradiționale pe care le-a predat („Aparate Electronice de Măsură și Control“, „Dispozitive și Circuite Electronice“), a introdus 3 noi discipline: „Dispozitive Semiconductoare de Putere“ (1987), „Dispozitive Optoelectronice de Putere“ (1990) la Facultatea de Electronică și „Dispozitive Optoelectronice și de Putere“ (1991) la Facultatea de Electrotehnică. A predat la Departamentul de Engleză al Științelor Inginerești, Institutul Politehnic București un curs de „Filozofia Istoriei“ și un curs de „Istorie Contemporană“. Din 1990 a condus Teze de Doctorat în specialitățile: „Dispozitive și Circuite Electronice“ și „Optoelectronică“. A proiectat și realizat la întreprinderile românești de profil (IPRS-Băneasa, Microelectronica) peste 20 de dispozitive electronice noi, în special de dispozitive de putere, cum ar fi tiristoare cu blocare pe poartă (GTO) de medie și de mare putere, cu două nivele de interdigitare (TIL) – priorități mondiale, tranzistoare de putere bipolare cu două nivele de interdigitare, tranzistoare de putere bipolare rapide, optotiristoare, senzori optici pe siliciu monocristalin cu răspuns spectral controlat, celule solare de mare eficiență. Principalele contribuții științifice originale sunt: formularea unitară a teoriei străpunerii dispozitivelor semiconductoare de putere și verificarea sa experimentală, introducerea conceptului de interdigitare, introducerea de soluții originale la proiectarea și realizarea celulelor solare de mare eficiență, elaborarea de noi metode pentru controlul răspunsului spectral al senzorilor optici, investigarea electrotermică a dispozitivelor și circuitelor integrate analogice de putere.

**Contribuții:** – 67 articole științifice publicate ca autor sau co-autor în reviste internaționale prestigioase cum sunt: IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE El. Dev. Lett., Solid State Electronics, Japanese Journal of App. Phys., Intl. Journ. of Electronics, Electronics Letters, Sensors and Actuators, Solar Cells, Solar Energy Materials, Electron Device News; la multe dintre acestea a fost (din 1984) consultant permanent; – 38 comunicări științifice la conferințe internaționale (SUA, Japonia, Canada etc.); – peste 50 lucrări științifice publicate în reviste românești, majoritatea în Rev. Roum. des Sci. Techn., Serie Electro-technique et Energetique, unde a fost membru al Colectivului Științific din 1992; – peste 50 comunicări științifice prezentate la conferințe românești; – 6 brevete; – 11 lucrări științifice invitate la conferințe internaționale (India, Brazilia etc.); – 4 expuneri științifice invitate la universități din SUA, Canada, Polonia etc.; – 4 cărți care sintetizează opera sa științifică; – peste 20 de lucrări în domeniile istoriei, filozofiei istoriei, despre relațiile complexe dintre științele pozitive și societate.

**Lucrări de referință:** „Diode și tiristoare de putere“ (co-autor) Editura Tehnică, București 1989, „Tiristoare cu blocare pe poarta GTO“, Editura Tehnică, București 1990.

**Distincții:** 1981 premiul „Traian Vuia“ al Academiei Române „pentru contribuții la investigarea electrotermică a dispozitivelor semiconductoare de putere“, 1975 membru IEEE și senior membru IEEE din 1982, 1990 ales Fellow IEEE „pentru contribuții la dezvoltarea dispozitivelor de putere și fotonice pe siliciu“, 1993 Membru Corespondent al Academiei Române.

### 3. Cercetare-dezvoltare în industria de semiconductori din România

Începem acest subcapitol cu o scurtă trecere în revistă. Dacă mediul universitar a reacționat cu promptitudine la apariția tranzistorului, ca vestitor a unei noi ere în tehnologia electronică și de comunicații, nu mai puțin remarcabilă a fost acțiunea statului român care a hotărât să investească în industria electronică, inclusiv să asigure componente electronice din producția internă. În felul acesta a apărut **Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori** (IPRS) de pe platforma Băneasa (1962). Dacă la început se puneau problema să se asigure tranzistoare (și alte componente electronice) pentru aparatele radio portabile (denumite popular chiar *tranzistoare*), miza a devenit mult mai mare atunci când România și-a propus să fabrice calculatoare electronice. Astfel s-a trecut la fabricarea circuitelor integrate, pe baza tehnologiei siliciului. În paralel, aplicațiile industriale au creat necesitatea fabricării de dispozitive semiconductoare de putere, cum ar fi diode redresoare și tiristoare. În IPRS s-au achiziționat licențe, dar a avut loc și o activitate proprie de dezvoltare de noi produse, noi procese tehnologice, uneori și de echipamente (așa-zisa *auto-dotare*). Această flexibilitate era necesară pentru a răspunde prompt cerințelor pieței interne, uneori și pentru a exploata oportunități de export. Nu trebuie neglijate nici restricțiile financiare sau cele de embargo.

Prezentarea succintă a evoluției IPRS Băneasa (astăzi o simplă amintire) este preluată de la un fost Director de fabrică, dr. ing. Petru Dan. O atenție deosebită este acordată secției (ulterior fabricii) de dispozitive semiconductoare de putere și aceasta din două motive. Primul – este acea zonă din IPRS care a dus cea mai lungă luptă de supraviețuire, descrisă sumar în acest subcapitol<sup>85</sup>. Al doilea – cercetarea *românească* în domeniul dispozitivelor de putere există și astăzi.

Trecerea la industria microelectronică propriu-zisă, bazată pe tehnologia MOS, a fost îndelung pregătită și a avut loc la două decenii de la apariția IPRS, cu un decalaj de mai bine de un deceniu față de situația pe plan mondial. S-au achiziționat echipamentele necesare (aflate sub embargo!), în paralel pregătind și resursele umane, prin activități de documentare, instruire, dar și cercetare-dezvoltare desfășurate în institutul de cercetare de profil (ICCE), parțial și în IPRS Băneasa. În noua întreprindere, denumită chiar **Microelectronica**, s-au dezvoltat prin efort propriu tehnologii și produse, dar s-au preluat, din câte se știe, și proiecte sau chiar structuri de circuit integrat pentru a fi încapsulate<sup>86</sup>. Producția a fost valorificată cu succes în țară, dar și la export.

Nu există o istorie oficială a întreprinderii, care a avut de altfel un *regim special*, cu personal atent selectat și legături aproape inexistente cu restul platformei Băneasa. O scurtă descriere care apare în acest capitol este bazată pe relatările Dr. *Radu Bârsan*, care a condus linia de fabricație structuri, cea mai importantă secție a fabricii. *Microelectronica* a fost privatizată și supraviețuiește și astăzi, dar ..... mai mult cu numele. Informațiile difuzate public vorbesc de o producție de componente optoelectronice (LED-uri), dar singura entitate *vizibilă și vizitabilă* pe platforma Băneasa este institutul de cercetare IMT București, despre care vom vorbi mai târziu. Percepția comună este aceea că industria de semiconductori de la Băneasa a dispărut, în sensul că nu mai există linii de fabricație. De remarcat totuși existența unor firme private de microelectronică, de regulă filiale ale unor companii internaționale, care se ocupă cu proiectarea de circuite integrate.

<sup>85</sup> O prezentare mult mai amplă, care include relatările altor doi interlocutori, apare în cap. 3 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior (SRMN 2018).

<sup>86</sup> Întreprinderea *Microelectronica* avea legături strânse în cadrul CAER (Consiliul de Ajutor Economic Reciproc, organizație a lagărului socialist), legături care au funcționat până în anul 1990, inclusiv. Prăbușirea lagărului socialist, însoțită și de dispariția CAER a dus rapid la prăbușirea economică a *Microelectronica*. Un subiect interesant de discuție este faptul că fabrica cea mai nouă de pe platformă a fost prima care a clacat în condiții de piață liberă. Trebuie ținut cont de faptul că în tehnologia microelectronică propriu-zisă progresul tehnologic este mult mai rapid, decalajele cresc mult mai repede, ca și investițiile necesare pentru a face față competiției.

### 3.1 Fabricația de dispozitive semiconductoare și circuite integrate pe platforma Băneasa

#### 3.1.1 IPRS Băneasa – Scurtă istorie (Petru Dan)<sup>87</sup>

Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare din București, cunoscută sub numele de IPRS Băneasa, a fost **principalul producător de componente electronice din industria României, furnizor major pentru cele mai importante ramuri industriale din țară:** electronică, calculatoare, automatizări, electrotehnică, comunicații, industria auto, acționări, construcții, chimie, siderurgie, transporturi CFR, agricultură etc. În timp, **IPRS a devenit și exportator semnificativ de componente și dispozitive electronice.** Marca IPRS Băneasa a fost înregistrată la OSIM în 1968.

**IPRS Băneasa a luat ființă în luna iunie 1962 prin transformarea secției Electronica II în Unitatea Băneasa a Uzinei Electronica.** Primele linii de producție (dispozitive cu germaniu și rezistențe) au funcționat la Uzinele Electronica înainte de a fi transferate în Băneasa. **Din 1962** în Băneasa au intrat în funcțiune secțiile 2700 (Componente pasive – condensatoare, rezistențe, cablaje imprimate), **2200 (Dispozitive semiconductoare cu germaniu** – diode și tranzistoare, licență Thomson CSF, Franța), Atelierul mecanic-șef, Cabinetul tehnic, Serviciul investiții și Controlul tehnic de calitate (CTC). **În 1966 s-a introdus tehnologia de tragere a monocristalelor, urmată de apariția tranzistoarelor cu siliciu.** În 1967 s-a înființat secția 2100 (Autoutilare) desprinsă din Mecanicul șef, apoi în 1969 secția de sculărie. În acest fel IPRS Băneasa a produs o mare parte din SDV-urile, mașinile și utilajele de producție proprii. În 1976 s-a înființat Serviciul colaborări, destinat creșterii gradului de integrare în țară a subansamblelor pentru producția proprie.

**În 1969 s-a înființat secția 2300 (diodă și tiristoare cu siliciu).** Profilul secției a fost dat de tehnologia mesa pentru realizarea dispozitivelor de tensiune ridicată. Producția a început cu diode de mică și medie putere sub licența Silec, Franța. În anii care au urmat au fost dezvoltate diodele de mare putere cu contacte lipite, apoi tiristoarele și triacele de mică și medie putere, în variante normale și rapide, în capsule metalice și de plastic (TO220). Din 1980 gama de produse s-a extins la diode și tiristoare de mare putere, normale și rapide, în variante constructive cu contacte presate și cu bază plată, cu tehnologie AEG, Germania. În continuare, prin efort propriu au fost concepute și introduse în producție punțile monolitice monofazate și cele trifazate pentru aplicații auto, tehnologia originală de iradiere pentru dispozitivele rapide (înlocuind tehnologia clasică de dopare cu aur), dispozitivele cu avalanșă controlată, diodele și tiristoarele de foarte mare putere, în tehnologie presată pe ambele fețe.

În același an 1969 a luat ființă Laboratorul de psihologie, în cadrul Cabinetului de protecția muncii.

**În 1970 a luat ființă secția 2400 (Circuite integrate).** Primele circuite integrate cu siliciu au fost realizate sub licență Thomson, Franța, și erau destinate Uzinei Electronica (pentru aparate de radio și televizoare) și Fabricii de Calculatoare București. În 1975 a fost introdusă tehnologia planar epitaxială pentru circuitele integrate destinate aplicațiilor industriale. Au urmat circuite specializate cum ar fi cele pentru microunde, precum și structuri de circuite integrate la cerere.

În 1973 a luat ființă Oficiul de calcul. Dezvoltarea activităților de export a condus la înființarea Serviciului de marketing în același an. S-a făcut export în Franța, Germania, SUA, Italia, Cehoslovacia, Polonia, RDG, Israel.

**În 1975 a intrat în producție secția 2500 (Tranzistoare și diode cu siliciu).** Spre deosebire de secția 2300, tehnologia dominantă a fost planară. Primele produse au fost realizate sub licență ITT. De la tranzistoare și diode de uz general, de mică și medie putere, gama de produse și tehnologii s-a extins prin efort propriu către tranzistoare de mare putere, precum și spre dispozitive de înaltă frecvență și de microunde.

În 1976 s-a înființat Serviciul colaborări, destinat creșterii gradului de integrare în țară a subansamblelor pentru producția proprie.

<sup>87</sup> Redactat pe baza informațiilor preluate din interviul dat de D-na Doina Didiv în 08.11.2010, publicat de Nini Vasilescu pe site-ul [www.radioamator.ro](http://www.radioamator.ro). D-na fiz. Doina Didiv, fost Director general al IPRS Băneasa, a lucrat în această fabrică timp de 30 de ani, de la înființarea întreprinderii până când a ieșit la pensie (1992).

O parte din produsele IPRS au fost transferate în timp către alte unități din țară. Astfel, în 1973 a fost înființată IPEE Curtea de Argeș, care a preluat producția unor game de rezistențe, condensatoare, termistoare. În 1980 producția de circuite imprimate s-a mutat la secția deschisă în acest scop în Pipera, București.

De-a lungul anilor s-au depus la OSIM peste 100 de cereri de brevete (de exemplu pentru tragerea monocristalelor de siliciu de diametru mare, punți redresoare pentru aplicații auto, dispozitive semiconductoare rapide obținute prin iradiere, celule solare, asperizarea foliei de aluminiu pentru condensatoare, tehnologii de implantare ionică etc.).

**După Revoluția din 1989** IPRS a încercat reorientarea și restructurarea producției vizând specializarea și canalizarea resurselor către produsele competitive pe piața liberă și sustenabile economic. Acest demers curajos a demarat cu succes dar a eșuat pe parcurs sub presiunile sociale ale acelor vremuri. Autoritățile locale nu au susținut în nici un fel după Revoluție menținerea și revitalizarea acestui domeniu de producție. IPRS a început să piardă constant din competitivitate, profitabilitate și piață neputând face față concurenței acerbe a produselor similare și tot mai avansate din import. În cele din urmă IPRS a încetat să producă, deci să existe. Astăzi din IPRS a rămas doar o frumoasă amintire a unei întreprinderi de elită a industriei românești.

### 3.1.2 IPRS, Fabrica de dispozitive semiconductoare de putere.

#### Impresii retrospective<sup>88</sup> (Petru Dan)

Am absolvit Facultatea de Electronică a Universității Politehnice București în 1974, ca șef de promoție, cu diplomă de merit. Împreună cu alți șapte colegi de an am primit repartitie la IPRS Băneasa. În urma cercetărilor științifice din perioada studenției în domeniul diodelor Schottky, conducerea IPRS m-a repartizat în secția 2300 (Diode și tiristoare cu siliciu), devenită mai târziu Fabrica de dispozitive semiconductoare de putere.

Ca urmare, am fost invitat să-mi demonstrez capacitatea profesională în lumea tehnologiei mesa, specifică dispozitivelor semiconductoare de înaltă tensiune. Secția a pornit de la o licență Silec, Franța, pentru producția diodelor de mică și medie putere în tehnologie mesa, lipite și pasivate organic. S-a dezvoltat apoi producția diodelor de mare putere în tehnologie mesa, lipite și pasivate organic. De la acest moment, împreună cu câțiva dintre colegii de facultate, ne-am alăturat echipei ingineresti a secției. După un stagiu ca inginer de producție mi s-a dat conducerea atelierului de dispozitive de medie putere. După aceea am devenit șeful secției, iar ulterior directorul fabricii în care s-a transformase secția. În anii în care am lucrat în această fabrică au fost dezvoltate prin efort propriu numeroase produse și tehnologii, dintre care unele cu un înalt grad de originalitate: tiristoarele și triacele de mică și medie putere, în variante normale și rapide, în capsule metalice și de plastic (TO220), tehnologii originale de pasivare mesa cu sticlă sau materiale organice, dispozitivele hibride de baleiaj (tiristoare rapide cu diodă integrată). Din 1980 gama de produse s-a extins la diode și tiristoare de mare putere, normale și rapide, în variante constructive contacte presate și cu bază plată, cu tehnologie AEG, Germania. În continuare, prin efort propriu au fost concepute și introduse în producție punțile monolitice monofazate și cele trifazate pentru aplicații auto. A fost dezvoltată tehnologia originală de iradiere pentru dispozitivele rapide (înlocuind tehnologia clasică de dopare cu aur). Gama dispozitivelor redresoare a fost completată cu dispozitive cu avalanșă controlată, tot de concepție proprie. De asemenea gama produselor de putere a fost extinsă prin efort propriu cu diode și tiristoare de foarte mare putere, în tehnologie presată pe ambele fețe, pentru acționări și tracțiune feroviară.

Cu titlu anecdotic: cea mai grea provocare inginerească pe care am primit-o la începuturi și devenită în final o izbândă profesională a fost dispozitivul hibrid de baleiaj (tiristor și diodă rapide integrate, în tehnologie mesa pasivat cu sticlă, în capsulă metalică sau plastic). A fost ultraperformant, dar nu prea viabil economic... În schimb, în decursul activității mele de conducere a acestei fabrici, principala prioritate și provocare profesională a devenit chiar asigurarea competitivității și eficienței economice a produselor proprii, precum și cultivarea unui climat de muncă profesionist, stimulat și participativ.

Am avut de asemenea prilejul să dezvolt și să valorific idei, cercetări și realizări din domeniul contactului metal-semiconductor, în care m-am inițiat în timpul studenției și în care m-am specializat prin programul de doctorat. S-a dovedit un domeniu de cercetare foarte fructuos, care m-a condus atât spre teza de doctorat cât și spre lucrările

<sup>88</sup> În **SRMN 2018** (*op.cit.*) apar reflecții suplimentare despre evoluția IPRS Băneasa în general și Secția (Fabrica) de Dispozitive semiconductoare de putere, cele ale ing. *Eugen Popa* și respectiv Dr. ing. *Viorel Banu* (v. cap. 3, **SRMN 2018**).



științifice la care am fost coautor sau autor (o carte despre electronica și tehnologia contactului metal-semiconductor, numeroase articole științifice publicate în reviste românești și internaționale, comunicări științifice la conferințe de specialitate în țară și în străinătate). De menționat că și alți colegi au valorificat oportunitatea de a desfășura activitate științifică simultan cu responsabilitățile de producție, activitate încununată cu obținerea titlului de doctor (Dr. Ing. George Mânduțeanu, Dr. Fiz. *Eugenia Hălmăgeanu*).

Revoluția din 1989 a găsit IPRS într-o poziție de furnizor dominant (chiar monopolist) de componente electronice, dispozitive semiconductoare și circuite pentru piața internă dezvoltată autarhic. De asemenea IPRS dispunea de anumite avantaje competitive pentru export către anumite nișe ale pieței mondiale. Numărul de angajați ai întreprinderii depășea nivelul de 5000. În primii ani după Revoluție IPRS a încercat o curajoasă reorientare și restructurare vizând specializarea și canalizarea resurselor către produsele competitive pe piața liberă și sustenabile economic. Acest demers a implicat creșterea eficienței, reducerea costurilor și, în mod implicit, reducerea personalului. Sub presiunile sociale ale acelor vremuri reorientarea și restructurarea au fost încetinite, chiar blocate, iar IPRS a început să piardă constant din competitivitate, profitabilitate și piață, neputând face față concurenței acerbe a produselor similare și tot mai avansate din import. Autoritățile locale nu au susținut în nici un fel după Revoluție menținerea și revitalizarea acestui domeniu de producție, odată glorios și strategic, nici a IPRS, odată întreprindere de elită, rămasă din păcate în proprietatea statului<sup>89</sup>. În acest context am hotărât să îmi pun în valoare potențialul profesional și experiența managerială în altă parte, tot în industrie, dar în mediul privat.



Fig. 3.1 Dr. ing. Petru Dan

Secțiile devenite Fabrici s-au închis una câte una, rezistând timpului doar asamblarea pentru export a unor dispozitive semiconductoare și punți redresoare din profilul fostei secții 2300.

În încheiere doresc să menționez cu adâncă prețuire și recunoștință înaintașii și artizanii acestei povești frumoase și memorabile a industriei românești, care a fost IPRS Băneasa: Acad Mihai Drăgănescu, Directorii generali Lazăr Șandra, Anton Vătășescu, Doina Didiv, echipa de elită a inginerilor și cercetătorilor care au creat substanța acestei întreprinderi și mărci, cadrelor universitare din Universitatea Politehnică prin dăruirea cărora s-au format specialiștii de nivel internațional ai IPRS și prin contribuția cărora au prins viață nenumărate proiecte remarcabile

### 3.1.3 Petru Dan – notă biografică

Dr. ing. Petru Dan (Fig. 3.1) s-a născut în București, în anul 1950.

#### *Educație*

- Absolvent ca șef de promoție al Liceului Sf. Sava (1969) și al Politehnicii din București (UPB), în prima serie de absolvenți ai Secției de Dispozitive și Componente Electronice (1974).
- Doctor Inginer în Electronică – titlu acordat de UPB (1987).
- Executive Master of Business Administration – titlu acordat de ASSEBUSS București & Universitatea Washington, Seattle (1995).

#### *Activitate profesională*

- Inginer, Șef de Atelier, Șef de Secție, Director de Fabrică – IPRS Băneasa, Fabrica de Dispozitive Semiconductoare de Putere (1974-1996)
- Director de Marketing & Vânzări, Director General – AGA Gaz România (filiala română a grupului multinațional suedez AGA, 1996-2000)
- Director Tehnic – Linde Gaz România (filiala română a grupului multinațional german Linde, 2000-2014)
- Director de Operațiuni – Regiunea sud-est europeană a grupului multinațional german Linde (2014-2017)
- Lector invitat la UPB și ASEBUSS București (1991-2010)

<sup>89</sup> Încercările nereușite de privatizare au continuat până în 2008, când fabrica și-a încetat activitatea. Ing. Eugen Popa (care descrie în volumul *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, volum deja citat, ultimii ani din existența zbuciumată a IPRS) a continuat să fabrice (dar în altă locație) dispozitive de putere pentru UE și SUA într-o mică firmă, *Silicon Băneasa SRL*, cu câțiva salariați și câteva utilaje recuperate din fabrica intrată în faliment.



*Activitate de cercetare*

- Lucrări științifice prezentate la conferințe naționale/internaționale, 30 de articole și 3 cărți de specialitate publicate (autor sau coautor) – în semiconductori (1974-1996)

*Contribuții științifice sau tehnice*

- Dioda Schottky cu protecție de margine – simulare, modelare și realizare
- Contactul metal-semiconductor – investigații, modelare și aspecte tehnologice (în particular privind contactele între siliciu și aluminiu, respectiv siliciuri)
- Dispozitiv hibrid de baleiaj (dispozitiv integrat cu tiristor și diodă rapide, pasivat cu sticlă, în capsulă metalică sau de plastic)
- Tehnologii pentru diode și tiristoare de medie putere, lipite, pasivate cu sticlă sau organic.

*Realizări manageriale*

- Performanța sustenabilă economic și competitiv a Fabricii de dispozitive de putere din IPRS Băneasa, bazată pe creativitatea inginerescă internă
- Înființarea și dezvoltarea cu succes a filialei române a concernului AGA, de la zero până la fuziunea cu Linde.
- Performanța recunoscută în grupul Linde privind dezvoltarea, restructurarea și optimizarea operațiunilor în România și regiunea sud-est europeană.

### **3.2 Microelectronica S.A., de la formarea colectivului (1976), la momentul de vârf (1990)**

(Radu Bârsan, fragmente de interviu<sup>90</sup>)

#### **3.2.1 Apariția întreprinderii.**

*Întreprinderea Microelectronica (ME) a fost în anii '80 vârful industriei de semiconductoare din România. Germenele industriei de semiconductoare a fost sădit de Prof. Mihai Drăgănescu la IPB, care a deschis drumul pentru studiul și folosirea fizicii corpului solid la tranziția de la tuburi electronice la tranzistoare pe siliciu și apoi la circuite integrate. Un moment definitiv a fost schimbarea profilului secției de „Ingineri Fizicieni“ de la Facultatea de Electronică din IPB de la tuburi electronice la „Dispozitive și Componente Electronice“ bazate pe semiconductori în 1972 (eu eram în anul 2). Un număr de profesori au pus bazele științifice care au pregătit mulți dintre viitorii ingineri de la Microelectronica: Mircea Bodea, Adrian Rusu, Dan Dascălu, George Samachișă, Anca Manolescu, Anton Manolescu și alții.*

*În paralel, ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice) a fost nucleul deja existent ales să realizeze ambițiosul proiect de a începe o întreprindere nouă într-o industrie nouă și extrem de competitivă: fabricația de circuite integrate pe scară mare pe baza tehnologiei MOS (metal-oxid-semiconductor). Rolul principal în pregătirea tehnică și de dotare a Microelectronicii l-a avut Directorul ICCE Constantin Bulucea, un conducător tehnic de excepție și un pasionat pionier al proiectului. Un grup de cercetători a fost ales pentru realizarea proiectului (construcții, echipamente, personal, tehnologii, licențe): Dorel Prisecaru, George Smărăndoiu și Gelu Voicu. Lor m-am alăturat și eu după repartiziție în 1976. Mulți alți cercetători din cadrul laboratorului de circuite integrate MOS au contribuit la punerea bazelor întreprinderii și formarea specialiștilor mai tineri care urmau să li se alăture: Radu Vancu, Andrei Vladimirescu, Mircea Dușa, Adriana Delibaltov, Dumitru Cioacă, Horia Profeta, Ervin Gurău. Reprezentativ pentru felul în care a fost creată Microelectronica este și faptul că repartizarea pe locuri de muncă a inginerilor a început cu 4 ani înainte de construirea fabricii, primele două locuri fiind alocate absolvenților de la IPB din 1976. Deoarece în vremea aceea nu se putea lucra în cercetare direct din facultate, absolvenții au fost repartizați la IPRS (întreprindere deja existentă pe platforma Băneasa care producea tranzistoare și circuite integrate bipolare) și apoi „delegați“ la ICCE pentru a se ocupa de pregătirea Microelectronicii.....*

Persoanele care au contribuit la crearea Microelectronicii au fost în totalitate din ICCE:

- Constantin Bulucea, director;

---

<sup>90</sup> În această secțiune apare o selecție din informațiile puse la dispoziție de Dr. Radu Bârsan prin interviul publicat în capitolul 5 al **SRMN 2018**, citat anterior. O notă biografică a Dr. Bârsan este disponibilă în secțiunea 6.3.5 a prezentului capitol. Subtitlurile ne aparțin (DD).

- *Mircea Dușa*, șef laborator Circuite Integrate MOS, ulterior șef laborator fabricație măști;
- *Dorel Prisecaru* și *George Smărăndoiu* – special însărcinați cu planificarea și realizarea Microelectronicii;
- *Andrei Vladimirescu*, *Horia Profeta* și *Radu Vancu* – fondatori ai proiectării asistate de calculator a circuitelor integrate MOS;
- *Radu Bârsan*, *Adriana Delibaltov*, *Șerban Jelea*, *Elena Munțiu*, *Ileana Cernica*, *Raluca Leancu* – membrii echipei „PIF” (Punere în funcțiune a tehnologiei MOS), care a dezvoltat mai întâi o linie de microfabricație circuite integrate MOS la ICCE, transferată apoi la Microelectronica;
- *Gelu Voicu* – responsabil cu linia de asamblare-testare licențiată de la SGS-Ates, Italia.

Mulți dintre cei de mai sus au continuat la Microelectronica după construirea uzinei, dar nu toți.

### 3.2.2 Structura întreprinderii și producția.

*După înființare în 1981 și punere în funcțiune în 1982, noua întreprindere a fost condusă de Directorul Gheorghe Constantinescu (în prealabil director adjunct la ICCE) și inginerul șef Dorel Prisecaru. Alături de restul echipei de conducere și de mulți specialiști (enumerați mai sus), șefii de secție (Gelu Voicu, Radu Bârsan, și Cornel Ciubotaru) au contribuit în mod deosebit la dezvoltarea întreprinderii.....*

*Microelectronica SA a avut 3 secții: Secția de „Fabricație structuri MOS” (eu am fost șeful de secție), Secția de „Asamblare-Testare circuite MOS” (șef secție ing. Gelu Voicu) și Secția „LED” (șef secție inițial ing. Herman Ciubotaru, apoi ing. Dan Stoenescu). Primele două secții formau fluxul de fabricație pentru circuite integrate MOS.. La înființare, ME a avut în jur de 40-50 angajați, majoritatea ingineri, reprezentând grupul Microelectronica (ME) de la ICCE. În 1990 avea peste 500, se lucra în 3 schimburi etc.*

*ME a fost înființată în decembrie 1982, după 6 ani de „pregătiri” tehnologice și constructive la ICCE. Eu am fost coordonatorul „programului PIF” („punere în funcțiune”) la ICCE, unde am dezvoltat primele tehnologii MOS (cu poartă de Al) după ce am revenit de la doctoratul din Belgia. Cred că mulți din cei care au lucrat cu mine atunci și apoi la ME sunt încă în țară (Munțiu, Cernica, Condriuc, Cobianu). Secția de „structuri” („fab-ul”) a fost practic construită de noi, participând nu numai la achiziționarea echipamentelor (parțial cu fonduri PNUD), dar muncind pe șantier la lucrările de instalare. În anii următori secția mea „Fabricație Structuri” a dezvoltat multe alte procese mai avansate, 1k SRAM, 4k DRAM, Seria CMOS 4000 etc., care au produs cipuri (cip, de la chip, engl.) mai avansate decât cele cu poartă de Al (folosite în special pentru „custom designs”: ceasul de bord pentru mașina Olcit, primul telefon cu tastatură digitală din România etc.). O parte din cipurile fabricate erau asamblate și vândute în țară, altele în RDG (Combinatul de Microelectronică din Erfurt). Partea de asamblare/testare a fost pusă în funcțiune cu ajutorul unei licențe complete de la SGS-ATES (Italia).*

*În afară de MOS, ME a avut și o secție de LED (o clădire mai mică, separată, amplasată mai aproape de stradă) cu tehnologiile de fabricație transferate tot de la ICCE. Din păcate, secția LED a ars într-un incendiu (1984), a fost refăcută, dar nu a mai beneficiat de aceleași echipamente. Secția producea însă cu succes display-uri pentru ceasuri electronice și diverse feluri de LED discrete.*

### 3.2.3 Ce s-a întâmplat cu specialiștii<sup>91</sup>

*Unii din specialiștii de marcă menționați mai sus s-au stabilit în SUA înainte de 1990 (Vladimirescu, Cioacă, Smărăndoiu, Bulucea, Samachișă, Vancu), dar mulți dintre cei de la Microelectronica au părăsit întreprinderea în 1990, majoritatea stabilindu-se în Valea Siliciului din California, centrul mondial al industriei de microelectronică. Fără excepție, acești specialiști s-au afirmat cu succes în cadrul unor firme de statură din domeniu. Exemple (limitate de memoria mea):*

*R. Vancu și G. Voicu – Președinți succesivi ai firmei Catalyst Semiconductor, cumpărată de ON Semiconductor,*

---

<sup>91</sup> Lista specialiștilor menționați anterior de către Dr. Bârsan în interviul original (v. SRMN 2018) este mai lungă. Mai jos se răspunde la întrebarea *Ce s-a întâmplat după 1990?*

R. Bârsan – Președinte al firmei RIO Inc, cumpărată de QinetiQ (UK), Vicepreședinte la Cirrus Logic și Power Integrations,  
G. Samachise – specialist fondator al firmei SanDisk, cumpărată de Western Digital,  
C. Bulucea – specialist de frunte la National Semiconductor, cumpărată de Texas Instruments,  
A. Vladimirescu – profesor la U.C. Berkeley,  
G. Smărăndoiu – funcții de conducere tehnică la Catalyst și ON,  
M. Dușa – expert în fotolitografie la firma ASML,  
R. Marinescu – specialist în implantare de ioni la firma Axcelis din Canada,  
P. Cosmin – specialist în tehnologii MOS la Catalyst și ON,  
M. Statovici – specialist în testare la firma Seeq și altele,  
M. Oanea – specialistă la Catalyst și ON,  
L. Mihai și A. Veron – proiectante de circuite integrate la Catalyst și ON ...și mulți alții.

Dintre specialiștii care și-au continuat activitatea în țară, unii au activat cu succes la firme americane care au stabilit sucursale în România:

H. Profeta – conducătorul Catalyst (apoi ON) România; și mulți alții care au activat la Catalyst România,  
C. Cobianu – specialist la Honeywell România,  
E. Munțiu (Manea), I. Cernica și alții – specialiști la IMT.

### 3.4 Proiectarea asistată de calculator a circuitelor integrate

După cum am arătat anterior, odată cu dispariția fabricației de circuite integrate din țară, proiectarea acestora a fost preluată de către firme private. De regulă, acestea sunt subsidiare (filiale) ale unor firme străine, care au acces la fabricație. În această secțiune prezentăm două dintre cazurile cele mai relevante.

#### 3.4.1 ON Semiconductor România (fosta Catalyst România/Essex)<sup>92</sup> (Cornel Stănescu<sup>93</sup>)

În 1995, la inițiativa lui Radu Vanco (Vancu), de la firma Catalyst (SUA), un proiectant român emigrat în S.U.A. în 1984 (v. nota biografică în secțiunea 6.3.4), se creează **Essex Com S.R.L.**, companie particulară românească, condusă de *Horia Profeta*, specialist ce condusese mulți ani colectivul de CAD de la Microelectronica. Împreună cu *Horia Profeta*, au lucrat de la început o parte din foștii angajați de marcă ai Microelectronicii, cum ar fi *Ligia Mihai*, *Adrian Tache*, *Dinu Pătrașcu*, *Corina Tache*, *Silvia Czeides* și alții, care au format nucleul colectivului de proiectare a memoriilor.

Pe lângă echipa de design, ce devenise capabilă să genereze scheme electrice noi și să facă simulări complexe, s-a dezvoltat și o echipă de generare a desenului circuitului (layout) compusă din *Luminița Bianu* și *Elena Iorgulescu*. Un colectiv puternic de testare și aplicații a fost inclus de la început prin prezența specialiștilor (foști angajați la Microelectronica sau ICCE – IMT): *Patrița Munteanu*, *Niță Codreanu*, *Cristian Rotaru* și *Cornel Rotaru*. Echipa pentru sistemele de calcul și soft era compusă din *Rodica Ciocea* și, mai târziu, *Doina Dima*.....

<sup>92</sup> Textul complet apare în **SRMN 2018** (op. cit.).

<sup>93</sup> **Autorul acestei secțiuni.** Despre mine, *Cornel Stănescu: am absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București în 1984. Între 1984 și 1997 am lucrat la I.C.C.E. (devenit I.M.T. în 1997) unde m-am ocupat de proiectarea circuitelor integrate analogice. În 1997 am devenit doctor în Microelectronică, în timp ce lucram pentru Semiconix Design. Din 1998 lucrez la firma ON (fosta Catalyst/Essex) unde în acest moment conduc colectivul de proiectare a amplificatoarelor operaționale. Am 9 brevete de invenție și peste 50 de articole de specialitate publicate (plus o carte). Din 1986 sunt și cadru didactic asociat la Facultatea de Electronică din București, unde am colaborat mulți ani cu profesorii *Anca Manolescu*, *Anton Manolescu* și *Corneliu Burileanu*, cărora le sunt recunoscător pentru îndrumare și prietenie; în acest moment susțin la Masterul profesoarei *Lidia Dobrescu* ore de curs și aplicații pentru: „Proiectarea circuitelor integrate analogice de tip LDO“ și „Proiectarea amplificatoarelor operaționale de precizie“.*

Eu am fost practic primul proiectant de circuite analogice angajat la Essex (decembrie 1998); în primul an m-am ocupat de perfecționarea amplificatorului ce citește celulele de memorie și dezvoltarea, împreună cu Adrian Tache, a primului potențiomtru digital cu *buffer* la ieșire. Apoi, pentru 12 ani, până în 2012, am dezvoltat linia stabilizatoarelor de tensiune de tip LDO. Colegii mei dezvoltau memorii seriale EEPROM din ce în ce mai perfecționate la care adăugau referințe de tensiune sau termometre electronice. Linia de potențiometre digitale fusese preluată de Otilia Neagoe, venită de la I.C.C.E. – I.M.T. în 2000. Apăruseră și supervizoarele pentru tensiunea de alimentare, dezvoltate în colectivul condus de Ilie Poenaru.

Firma mergea din ce în ce mai bine. Sub conducerea competentă a lui Horia Profeta, care a ales personal fiecare angajat, specialiștii din România plecau pe rând în stagii la firma mamă, Catalyst, unde conclucrau cu colegii lor, majoritatea tot români: Gelu Voicu (VP până în 2003, apoi CEO), Peter Cosmin la tehnologie, Radu Iacob și Carmen Stângu la proiectare, Ovidiu Tol la testare. Specialiști cu experiență s-au alăturat companiei în S.U.A.: George Smărăndoiu la proiectarea memoriilor, Marian Bădilă (fost la I.C.C.E. – I.M.T.) și Sorin Georgescu (fost la I.P.R.S.) la departamentul de tehnologie.

În 2003. În acest an, Radu Vanco s-a retras de la conducerea Catalyst, fiind înlocuit de Gelu Voicu, iar firma din România a devenit oficial o subsidiară a firmei Catalyst, schimbându-și numele în Catalyst România..... În iulie 2008, Catalyst a fost achiziționată de ON Semiconductor..... Activitatea a continuat astfel până în anul 2016, an în care contractul lui Horia Profeta nu a mai fost prelungit, consfințind încheierea unei etape importante din istoria firmei, etapa marcată de personalitatea deosebită a celui ce a construit și perfecționat un colectiv și un nume în electronica din România.

În acest moment, în sediul din România lucrează peste 80 de specialiști, împărțiți între activitățile de management, proiectare (design și layout), testare și aplicații. Majoritatea lucrează în Divizia de Circuite Integrate a ON, în grupul ce cuprinde în principal circuitele de memorie nevolatile și derivatele (translatoare de tensiune, muxes&switches, I/O expanders, logic) condus de Ligia Mihai, în grupul ce cuprinde circuitele amplificatoare operaționale și derivatele (amplificatoare operaționale de precizie, circuite de monitorizare a curentului sau current-sense, comparatoare) condus de mine, Cornel Stănescu, în noul grup ce se ocupă de circuitele de comandă pentru tranzistoare de putere condus de Vlad Anghel sau în colectivul de testare condus de Adrian Mocanu (ce funcționează și ca administrator al site-ului împreună cu Lucia Baicu). Datorită sutelor de circuite integrate proiectate și testate la București, zecilor de brevete de invenție și sutelor de milioane (poate chiar miliarde) de circuite integrate digitale, analogice sau *mixed-signal* vândute în ultimii 20 de ani în întreaga lume, **colectivul ON Semiconductor** din București (fost Essex până în 2003, apoi Catalyst până în 2008) **reprezintă o experiență unică și fructuoasă în istoria electronicii românești.**

ON Semiconductor România este în plină dezvoltare, fiind apreciată de firma-mamă pentru creativitate, competență și potențial de dezvoltare. Faptul că majoritatea activităților de proiectare ale Diviziei de Circuite Integrate a ON Semiconductor s-au mutat la București, dovedește pe deplin acest lucru. ON Semiconductor România se bazează pe experiența specialiștilor din vechea generație, cei care au lucrat pe platforma electronicii românești Băneasa în anii '70 și '80, la care se adaugă entuziasmul, dorința de afirmare și competența celor mai tineri: Andreea Creoșteanu, Răzvan Pușcașu, Cătălin Petroianu, Alina Neaguț, Mihai Agache, Mihai Samoilă, Laura Pavel, Cristian Constantin, Andrei Sevcenco, Cristian Dincă, Cristian Tudoran, Pavel Brînzoi, Constantin Păsoi, Cristian Chirițescu, Florin Drăghici, Adrian Mirancea și mulți alții care nu mă vor ierta că nu i-am menționat aici.

Mulțumiri speciale *Ligiei Mihai* care m-a ajutat să completez și corectez acest material<sup>94</sup>.

---

<sup>94</sup> Materialul complet apare în cap. 8 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior.

### 3.4.2 Infineon Technologies România<sup>95</sup> (Traian Vișan<sup>96</sup>)

**Infineon Technologies AG** este lider mondial în dezvoltarea soluțiilor bazate pe electronica semiconductoarelor pentru a face viața în societate mai ușoară, mai sigură și mai ecologică. Microelectronica dezvoltată de Infineon este cheia progresului societății moderne. În anul 2017 compania a raportat vânzări în jur de 7.1 miliarde de Euro având 37.500 de angajați pe întregul glob.

Infineon Technologies România & CO SCS a fost fondată în Aprilie 2005 ca parte a unei rețele de Cercetare-Dezvoltare Europene cu centre în Graz și Villach în Austria, München în Germania și Padova în Italia. La centrul de Cercetare-Dezvoltare Infineon din București lucrează peste 300 de experți dezvoltând produse bazate pe semiconductori de la faza de concept până la introducerea în producția de masă în domeniile de mobilitate, eficiență energetică și securitate focalizate pe:

- Semiconductori de putere inovativi și senzori inteligenți pentru utilizarea în aplicațiile industriei de automobile cum ar fi propulsie (în motoare termice și electrice), siguranță (ABS, Airbag) și confort interior al autovehiculului (aer condiționat, scaune încălzite etc.).
- Microcontrolere de securitate și module pentru carduri bancare cu chip și alte aplicații cu securitate cum ar fi: identificare, plăți, comunicații.
- Soluții software pentru automatizarea și optimizarea metodologiilor de proiectare asistată de calculator, suport pentru cultura zero-defecte și pentru reducerea ciclului de dezvoltare a produselor.

Pe lângă contribuția la gama largă de produse Infineon centrul de Cercetare-Dezvoltare din București joacă un rol important în România fiind singura companie care dezvoltă soluții inovative de semiconductori pentru industria de automobile. În centrul din București se dezvoltă specialiști români preluați încă din anii de facultate pentru practica industrială. Infineon Technologies România este angrenată prin cooperări locale și la nivel European în programe de cercetare-dezvoltare-inovare reprezentând un partener important pentru Universități și Institute de Cercetare românești ce au ca obiect de activitate dezvoltarea de soluții în micro-nanoelectronică.

## 4. Unități de cercetare în microelectronică

### 4.1 Introducere (Dan Dascălu)

Curând după apariția industriei de semiconductori pe platforma Băneasa (1962) și a școlii doctorale a profesorului Mihai Drăgănescu în Institutul Politehnic din București (1966) a apărut și un prim institut de cercetare în domeniu, la început sub forma unui centru afiliat IPRS Băneasa (1969), tot sub conducerea prof. Drăgănescu. Este vorba de **Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice** (oficializat ca atare în 1974). Acesta a avut o gamă

<sup>95</sup> Selecțiuni dintr-un material care apare în cap. 8 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior.

<sup>96</sup> **Despre autorul acestei secțiuni.** Traian Vișan este absolvent (1989) al Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației (ETTI) din Universitatea Politehnică București, secția Radiocomunicații și doctor în electronică al aceleiași universități (1999). Are o experiență de peste 25 de ani de lucru în cercetare-dezvoltare și mediu academic, în instituții de stat și private: inginer proiectant echipamente de radiofrecvență în divizia de radiotelefoane (1989-1992 IEMI București), asistent universitar (1992-1996) și șef de lucrări (1998-2000) la ETTI departamentul Telecomunicații, stagiul doctoral (1994) și cercetător invitat (1997) la Institut National de Telecommunication (Evry, Franța), Senior RF Designer la Alvarion România (2000-2005). Din anul 2005 este angajat în Infineon Technologies România unde a ocupat mai multe funcții în diferite departamente: RF Design Engineer în departamentul Communications (2005-2008), Analog and RF Design Engineer în departamentul de Sense and Control (2008-2010), din 2010 ocupă o poziție de management fiind șeful departamentului de Power Technologies Platforms în divizia Automotive. În toată perioada de când lucrează în mediul privat a continuat activitatea didactică fiind Lector Asociat la ETTI-UPB ținând cursuri de proiectare a circuitelor de Radio-Frecvență la programele de master în departamentele „Telecomunicații” și „Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice”.

foarte largă de preocupări legate de cercetare și (micro)producție, care au facilitat formarea unor nuclee de specialiști care au stat la baza apariției unor noi facilități de producție pentru materiale, componente și aplicații, dintre care cea mai importantă a fost fără îndoială întreprinderea Microelectronica. Rolul ICCE ca platformă de formare multidisciplinară și interacțiune între specialiști pe plan național a fost amplificat de organizarea unei conferințe anuale de profil (1978), care a supraviețuit până astăzi<sup>97</sup>.

După decembrie 1989, ICCE (ca și întreaga platforma Băneasa) a fost supusă unei serii de provocări. Producția pentru evitarea importurilor devenise practic inutilă, exodul specialiștilor căpătase proporții, autoritățile statului nu aveau nici un fel de strategie pentru supraviețuirea și dezvoltarea industriei autohtone în condițiile deschiderii țării în fața economiei de piață. Cercetarea a fost subvenționată un timp, fără o strategie și fără investiții în infrastructură care să îi asigure competitivitatea. Iluzia dată de legiferarea inițiativei private a dus la scindarea institutului în patru entități cu funcționalitate redusă, dintre care trei au avut o viață scurtă iar a patra (care a păstrat denumirea de ICCE) a supraviețuit într-o conjunctură favorabilă (prin fuziunea cu **Institutul de Microtehnologie**, IMT) devenind parte a unui institut național și scăpând de spectrul privatizării.

IMT a apărut în scenă în 1993 (și el precedat de un centru, în 1991). Rațiunea de a exista a acestuia (tot după o idee a acad. Mihai Drăgănescu) a fost utilizarea liniei de fabricație MOS de la Microelectronica pentru a face cercetare în domeniul *exotic* al microtehnologiilor (tehnologii de microsistem, o noutate și pe plan european). Aceasta a justificat crearea (în 1993) a unei direcții de finanțare în *microtehnologii*, finanțare care a supraviețuit sub o formă sau alta timp de două decenii, chiar și atunci când colaborarea dintre IMT și Microelectronica devenise o amintire. *Viziunea creatorului școlii de microelectronică din România s-a dovedit încă odată inspirată*. Astăzi microsistemele sunt parte a industriei microelectronice, iar IMT, consolidat cu resursele umane din ICCE (1996), a performat în programele de cercetare europene, a reușit să-și aducă la zi infrastructura experimentală și să atragă colaborarea unor firme inovative în domenii de mare interes, cum este cel al *securității*. Interesul pentru microtehnologii a fost confirmat și de firma americană Honeywell care a creat în România un laborator de cercetare pe profil apropiat preocupărilor din IMT. După închiderea acestui laborator în ianuarie 2017, o parte dintre cercetătorii laboratorului s-au regrupat în IMT.

#### **4.2 Cercetare și microproducție în Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE)** (text adaptat după Marius Băzu<sup>98</sup>)

Prima instituție de cercetare românească în domeniul microelectronicii a fost Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE), înființat în 1969, ca un centru de cercetare al fabricii IPRS Băneasa, cu scopul declarat de a realiza în țară primele tranzistoare planare de mică putere pe siliciu, dar și pentru a dezvolta tehnologiile pentru componentele electronice din profilul de fabricație al fabricii: diode, tiristoare, tranzistoare, componente pasive, apoi și circuite integrate. Cel care a avut un rol decisiv în înființarea centrului, fiind și primul director, a fost academicianul Mihai Drăgănescu.

##### **4.2.1 Etapa CCPCE (1969-1974)**

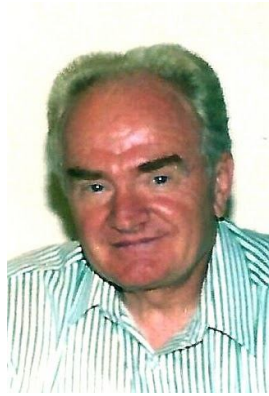
Fondatorul și primul director al institutului a fost acad. Mihai Drăgănescu, cel care a fondat și alte instituții reprezentative pentru electronica românească. Între 1970 și 1974, Director al CCPCE Băneasa a fost dr. Ing. Ioan Bătrâna (fig. 4.1), cel care fusese între 1966 și 1969 director adjunct științific al Institutului de Cercetări Electronice (ICE); apoi, în 1974, dr. ing. Ioan Bătrâna a devenit director general al Centralei Industriale pentru Electronică și Tehnică de Calcul (CIETC), revenind din 1983 la conducerea institutului. CCPCE a colaborat strâns cu IPRS-Băneasa. În această perioadă au fost omologate și puse în fabricație la IPRS-Băneasa mai multe tipuri de tranzistoare, diode și tiristoare.

<sup>97</sup> Este vorba de **Conferința Anuală de Semiconductori (CAS)**, care este prezentată în secțiunea 4.2.5.

<sup>98</sup> Textul de bază, al cărui autor este Marius Băzu se găsește în Cap. 4 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior (SRMN 2018).

#### 4.2.2 Etapa dezvoltării accelerate (1974-1989)

Între 1974 și 1983, director al institutului a fost dr. ing. *Constantin Bulucea* (fig. 4.2, v. biografie în secțiunea 6.3.1). Ca director adjunct a funcționat ing. *Gheorghe Constantinescu*, cel care a devenit în 1981 primul director al întreprinderii Microelectronica. De notat că pe întreaga durată de funcționare a ICCE, tehnologul principal al institutului a fost dr. fiz. *Constantin Postolache* (fig. 4.3).



**Fig. 4.1** Dr. ing. Ioan Bătrâna, director al ICCE în 1970-1974 și 1983-1991.



**Fig. 4.2** Dr. ing. Constantin Bulucea, director al ICCE în 1974-1983, director adjunct în 1970-1974 și 1983-1986.



**Fig. 4.3** Dr. fiz. Constantin Postolache, tehnolog principal al ICCE.

Între 1983 și 1991, a revenit ca director dr. ing. Ioan Bătrâna, avându-l ca director adjunct științific pe Constantin Bulucea, apoi, din noiembrie 1986 (după plecarea dr. Bulucea din țară), pe dr. ing. *Dănuț Olteanu*.

În anul 1974, institutul s-a mutat într-un nou sediu, în vecinătatea IPRS-Băneasa, cuprinzând un ansamblu de trei clădiri. În perioada 1976-1978 s-a construit secția de microproducție pentru componente electronice, o clădire cu parter și trei etaje, iar după 1980 s-a construit o nouă clădire, cu trei etaje, unde s-au mutat mai multe laboratoare. Acolo își avea sediul și a doua secție de microproducție a ICCE, cea de utilaje tehnologice.

În ceea ce privește activitatea de cercetare, încă din 1974, ICCE a început să aibă contracte de cercetare și cu alte instituții din România, pe lângă IPRS-Băneasa, care rămânea un beneficiar important. Pentru alți beneficiari, s-a trecut la fabricarea prin microproducție a unor componente. Secția de microproducție a fost inaugurată în anul 1979, iar ICCE a devenit un fabricant de dispozitive cu semiconductoare (catalogul apărut în 1980 avea 450 de pagini, acoperind 5 familii de dispozitive). Începând din 1980, ICCE a livrat componente electronice de înaltă fiabilitate pentru programele speciale N (centrala nucleară), G (apă grea), M (metrou), A (armată), R (Rachete) etc. Pentru selecția de fiabilitate erau folosite programe de îmbătrânire accelerată dezvoltate în institut pe baza cercetărilor proprii.

Pe de altă parte, tot în această perioadă, cercetătorii din ICCE au fost implicați (de cele mai multe ori, prin plecarea din ICCE) în dezvoltarea unor noi investiții în domeniu, cum au fost<sup>99</sup>:

- în 1974: secția 2500 a IPRS Băneasa s-a dezvoltat pe baza unei licențe străine, achiziționată de la firma ITT (Germania), cu personal provenind din institut (fiz. Ion Negrescu, dr. ing. Dănuț Olteanu, dr. ing. Mihai Mihăilă, ing. Florian Brădău, ing. Dumitru Sdrulla, ing. Ștefan Gozner, ing. Marcu Bușe, ing. Aurel Beldiman, dr. ing. Marian Bădilă, dr. ing. Valerică Cimpoacă etc.);

- în 1978: Colectivul de Componente Passive, condus de ing. Svetlana Rău, a asigurat dezvoltarea în 1978 a fabricației de condensatoare cu tantal de la Tehnoton Iași, prin punerea în fabricație a tehnologiei puse la punct în institut, cu utilaje importate din China;

- în 1979: Laboratorul de Creșteri Monocristaline, condus de fiz. Mihai Șerbănescu, a pus bazele Întreprinderii de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), înființată în 1979 pe Platforma Dudești în București, astăzi desființată;

<sup>99</sup> Nona Millea (coordonator), *Electronica românească. O istorie trăită*, Vol. V, cap. III (ICCE), în curs de apariție (se face trimitere la un capitol redactat de Marius Băzu).



- în 1981: Laboratorul de Circuite Integrate Digitale, condus de Ing. Dorel Prisecaru a reprezentat nucleul de specialiști cu care s-a înființat întreprinderea Microelectronica. Mai întâi, acești specialiști au adaptat pe noile utilaje tehnologia de fabricație a plachetelor pusă la punct în ICCE și tehnologia de asamblare și testare achiziționată cu licență SGS-ATES (Italia). *Conducătorii tehnici ai acestor eforturi au fost Dorel Prisecaru (coordonator tehnic), Radu Bârsan (tehnologia de fabricație), Gelu Voicu (asamblare/testare) și Horia Profeta (sisteme de calcul)*<sup>100</sup>. Hotărârea de înființare a întreprinderii Microelectronica a fost precedată de o perioadă de patru ani, în care directorul ICCE, dr. ing. Constantin Bulucea, a întocmit și susținut documentele și prezentările necesare aprobării investiției Microelectronica de către organele de decizie.

Începând din anul 1980, s-a înregistrat înrăutățirea condițiilor de viață, dar și a celor în care se desfășura activitatea de cercetare din România. Aceasta a făcut ca mulți cercetători din ICCE să facă cereri de plecare definitivă din țară, printre alții: ing. Radu Vancu (care a avut după aceea o carieră excepțională în SUA, în conducerea executivă a mai multor firme), ing. Adrian Cernea (stabilit tot în SUA, unde a lucrat cu succes la diferite firme de semiconductoare), ing. Andrei Mihnea (un electronist de excepție care a lucrat în SUA la firmele Catalyst Semiconductor, Micron Technology, Inc., SanDisk), ing. Cristian Tihărau, ing. Ion Constantinescu etc. Au continuat și rămânerele neașteptate în străinătate, cea mai importantă fiind a directorului științific în funcție, dr. ing. Constantin Bulucea, în noiembrie 1986.

Cu toate acestea, ICCE a ajuns în 1989 la un nivel maxim de dezvoltare și realizări pentru perioada de până atunci. Cercetătorii puteau realiza, prin așa numita „inginerie inversă“, aproape orice dispozitiv semiconductor din cataloagele străine (cu excepția microprocesoarelor), utilizând tehnologii de nivel mondial, nivelul microproducție atinsese un maximum, iar gama de produse fusese mult lărgită.

#### 4.2.3 Etapa post-revoluție (1990-1996)

La început, în anii 1990-1991, institutul și-a reluat numele de ICCE, iar conducătorul instituției a rămas dr. ing. Ioan Bătrâna, care s-a retras totuși în 1991, iar ICCE s-a divizat în patru instituții. Cea mai mare dintre ele (ca număr de oameni) continua să poarte numele ICCE și rămânea în subordinea Ministerului Cercetării și Tehnologiei, fiind condusă de directorul Constantin Gheorghiu, secondat de directorul științific dr. ing. Sergiu Iordănescu. Sediul cuprindea clădirea principală cu șase etaje și hala veche de tehnologie. Din păcate, ICCE pierdea clădirea secției de microproducție (care avea echipamente mult mai noi, achiziționate după 1979), devenită societate comercială cu numele ROMES S.A., care nu a putut rezista decât câțiva ani. În final, utilajele de fabricație au fost reciclate ca metal vechi. Celelalte două întreprinderi create din ICCE, EMCO S.A. (fosta Secție de Aplicații), respectiv TEHNOFINA S.A. (fosta Secție de Echipamente de Fabricație a Componentelor Electronice), au avut aceeași soartă, în prezent fiind și ele desființate.

Finanțarea era precară, iar personalul institutului se împruțina. Dacă în 1991, în momentul separării celor patru instituții din vechiul ICCE, în noul institut de cercetare mai erau cca 500 de salariați, în noiembrie 1996, numărul lor era de cca 200. Plecările în străinătate ale specialiștilor din ICCE se produceau, de regulă, în Silicon Valley, California, SUA. O schimbare a avut loc după înființarea unor filiale românești ale unor firme americane sau europene, în sensul că plecările au început să fie spre aceste destinații (ON Semiconductors sau Honeywell România), dar cu rămânere specialiștilor respectivi în țară<sup>101</sup>.

În aceste condiții grele, în ultimele zile ale guvernului Văcăroiu, pe 25 noiembrie 1996, ministrul Cercetării, Doru Dumitru Palade, a inițiat hotărârea de guvern prin care se înființează Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie, „prin reorganizarea Institutului de Microtehnologie și prin fuzionarea cu Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice, care se desființează”<sup>102</sup>. Trebuie spus că Institutul de Microtehnologie era o structură înființată în 1993, prin dezvoltarea unui Centru de Microtehnologie (apărut în 1991), ambele, sub conducerea dr. ing. Dan Dascălu, profesor la Universitatea Politehnica din București și membru al Academiei

<sup>100</sup> Nona Millea (coordonator), *op cit* în curs de apariție.

<sup>101</sup> Nona Millea (coordonator), *op cit* în curs de apariție.

<sup>102</sup> Hotărârea Nr. 1318 din 25 noiembrie 1996, privind înființarea Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie – IMT București, <http://legislatie.just.ro/Public/DetailDocument/10383>.

Române. Hotărârea de guvern se baza pe evaluarea potențialului institutelor de cercetare, făcută de Ministerul Cercetării în cursul anului 1996.

#### 4.2.4 Cercetare-dezvoltare în ICCE în etapa de dezvoltare accelerată (1974-1989)

**Personalul** institutului a crescut considerabil în această perioadă, de la cca 150 de salariați în 1974, la aproximativ 1500 la sfârșitul anului 1989. Cei veniți erau în special absolvenți ai facultăților de Electronică și Telecomunicații de la Institutul Politehnic București, respectiv Fizică, de la Universitatea București, dar și ai altor facultăți.

Pregătirea profesională a personalului a continuat să fie un element fundamental al politicii conducerii institutului, reușindu-se chiar invitarea unor specialiști străini care să țină cursuri pentru cei din institut (fig. 4.4).



Fig. 4.4 Prima imagine colectivă cu tineri cercetători din ICCE (anul 1977), cu ocazia seriei de lecții despre tehnologia VLSI, ținute la IPB de către profesorul american, William G. Oldham, de la Universitatea Berkeley, California (Arhiva dr. ing. Constantin Bulucea).

**Lucrări științifice.** Este perioada în care numărul publicărilor realizate de specialiștii institutului crește într-un ritm exponențial. Câteva exemple semnificative de titluri ale unor reviste în care se publica sunt date în continuare:

- Articole, în special în revistele din România (Rev. Roum. Phys., Rev. Roum. Sci. Tech., Buletinul IPB, Electrotehnica, Automatica și Electronica, Revista de Chimie, Calitate, Fiabilitate, Metrologie), dar și unele publicate în străinătate (Physics Letters, IEEE Tr. on Electron Devices, Electronic Letters, Solid State Electronics, Int. J. Electronics, Journal of Applied Physics etc.);
- Comunicări la conferințe din Est și Vest: Conf. on Microelectronics – MIEL, Symp. on Reliab. in Electronics RELECTRONIC, Electrochemical Society – ECS, GADEST (Gettering and Defect Eng.) etc.;
- Brevete de invenție: nu mai puțin de 38 de brevete de invenție naționale au fost realizate în această perioadă.

În ceea ce privește comunicările științifice, de notat că, începând din 1978, ICCE organizează o conferință cu lucrări din domeniul semiconductoarelor, numită Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS), unde își publică realizările specialiștii din institut, dar și din industrie și din învățământul superior (a se vedea secțiunea 4.1.5).

**Produce.** Principalele categorii de produse asigurate prin microproducție au fost: *Diode cu siliciu*: Diode de comutație, Diode de microunde (Diode de detecție cu contact punctiform, Diode varactor de acord, Diode PIN, Diode multiplicatoare de frecvență, Diode Schottky); *Tranzistoare cu siliciu*: NPN/PNP de aplicații generale, NPN/PNP de comutație. NPN de înaltă frecvență, NPN/PNP de zgomot redus, NPN pentru amplificare video, Cu efect de câmp, de tip poartă joncțiune cu canal N, Cu efect de câmp, de tip MOS, Microminiatură, Unijoncțiune; *Dispozitive optoelectronice*: Diode electroluminiscente, Fotodiode, Fototranzistoare, Fototristoare, Celule fotovoltaice și baterii de celule fotovoltaice, Celule solare și baterii de celule solare, Fotodetectoare quadrant, Cuploare optice, Comutatoare optoelectronice, Elemente de afișare numerică cu 7 segmente, Fotodetectoare sensibil în albastru, Dispozitive optoelectronice pentru supravegherea firelor textile; *Componente pasive pentru microunde*: Divizoare hibride microstrip 3 dB – 90°, Divizoare hibride microstrip 3 dB – 180°, Divizoare de putere microstrip 3 dB – 0°, Culpoare direcționale microstrip, Filtre de rezonatori microstrip, Circulatoare microstrip; *Circuite de microunde*: Amplificatoare pentru microunde (de frecvență intermediară, de semnal mic, de bandă largă, de semnal mic și bandă îngustă, de putere), Oscilatoare pentru microunde (Oscilatoare cu tranzistoare cu acord electronic, Oscilatoare cu diode IMPATT, Detectoare pentru microunde, Mixere pentru microunde,

Multiplicatoare de frecvență, Defazoare pentru microunde cu diode PIN, Modulatoare de amplitudine; *Circuite integrate liniare*: Amplificatoare operaționale, Stabilizatoare de tensiune, Comparatoare de tensiune, Modulatoare, Matrice de elemente active, Circuite la comandă în tehnologie Monocip; *Circuite integrate hibride*: Amplificatoare operaționale, Amplificatoare analogice, Convertoare, Surse de tensiune stabilizată, Circuite de eșantionare-memorare. De asemenea, institutul fabrica mai multe tipuri de capsule.

### Cele mai importante colective de cercetare ale ICCE.

(a) **Laboratorul de Tehnologie (L1)** a fost condus până în 1979 de dr. fiz. C. Postolache, care apoi a devenit șef al noii secții de microproducție, iar șef al L1 a fost numit ing. Ioan Pavelescu. La mijlocul anilor '80, L1 a devenit Secția de Cercetare Tehnologică, condusă de dr. fiz. Constantin Postolache. Acest colectiv producea măști se înaltă rezoluție, rigle de precizie microminiatură pe suport de sticlă, discuri incrementale pe suport de sticlă etc. **Secția de Microproducție (S1)** fabrica acele componente omologate care fuseseră cercetate în institut. Ea avea un Colectivul de Testare, condus de ing. Ovidiu Popescu și Colectivul de Inginerie Tehnologică, condus de dr. ing. Dănuț Sachelarie.

(b) **Dispozitive Discrete.** Din 1974 au existat două colective și anume Tranzistoare 1 (viitorul L5) și Tranzistoare 2 (mai apoi, L2). Laboratorul L2, condus de dr. ing. Dănuț Olteanu, studia tranzistoarele pe siliciu. Aici a fost repartizată dr. ing. *Raluca Müller*, cea care urma să devină în 2011 Director general al institutului IMT-București (v. secțiunea 4.5.11). Pe de altă parte, unii dintre membrii colectivului ITT (care făcuseră parte din Laboratorul de Dispozitive Discrete), format din cei care înființaseră secția 2500, Tranzistoare cu siliciu, a IPRS-Băneasa, tocmai își terminaseră în 1974 stagiile în Germania și se întorseseră în ICCE, chiar în L2: ing. Florian Brădău, ing. Aurel Beldiman, dr. ing. Marian Bădilă etc.

Laboratorul L5, condus de dr. ing. Gheorghe Grădinaru, se ocupase inițial tot de tranzistoare pe siliciu, fiind oarecum în concurență cu L2. Dar în acest laborator se crease un colectiv specializat pe componente de microunde, care a devenit ulterior un *laborator de microunde*. Colectivul principal era cel condus de dr. fiz. *Alexandru Müller* (devenit șef de laborator după 1990, când ing. Grădinaru a plecat în SUA, v. secțiunea 4.5.10). Primele dispozitive de microunde au fost realizate în 1977, dioda varactor de acord ROV01 și dioda PIN ROV201. Ulterior au fost realizate diode Schottky și microcapsule ceramice LID pentru componente de microunde.

(c) **Circuite integrate.** Laboratorul de Circuite Integrate<sup>103</sup>, înființat în CCPCE, era condus de ing. *Mircea Dușa* (v. secțiunea 6.3.2), care era și liderul colectivului de Măști și avea trei colective: (1) Circuite Integrate Digitale, condus de ing. Dorel Prisecaru (printre membri dr. ing. *Andrei Vladimirescu* (v. secțiunea 6.3.3), ing. Horia Profeta, ing. Ana Ristea etc.) – a devenit Laborator în 1974, primind mai mulți absolvenți de electronică și devenind în 1981 nucleul noii întreprinderi Microelectronica, unde între personalul a trecut *in corpore*; (2) Circuite Integrate Analogice, condus de ing. Mihai Șerban Datculescu-Vais, având printre membri pe *Radu Mutică-Vancu* (v. secțiunea 6.3.4), în 1974, Colectivul a devenit Laborator, condus de ing. Mircea Dușa; (3) Grupul de Simulare / Modelare.

(d) **Optoelectronică** În cadrul CCPCE a apărut un colectiv de Optoelectronică, condus de dr. fiz. Stelian Nan, devenit în 1976 laborator (L6). În anul 1983, la înființarea întreprinderii Microelectronica, grupul de diode electroluminiscente din laboratorul de Optoelectronică a trecut în cadrul Secției LED și Afișoare din nou înființată întreprindere. După 1990, atunci când se înregistrau multe plecări din institut, a venit în acest laborator un absolvent din 1993 al Facultății de Fizică, dr. fiz. *Adrian Dinescu* (v. secțiunea 4.5.3), care va deveni în 2017 director general al IMT București. Laboratorul de Optoelectronică a dezvoltat mai multe familii de componente optoelectronice: fotodiode cu siliciu, fototranzistoare, fotodetectoare rapide pentru comunicații optice și telemetrie laser, celule fotovoltaice, fototristoare, celule solare, fototrigere, circuite optoelectronice integrate, fotodetectoare pătrat și matrici liniare de fotodetectoare, fotodiode monolitice diferențiale, detectoare fotometrice-radiometrice, cuploare și comutatoare optoelectronice, diode electroluminiscente.

<sup>103</sup> Laboratorul de Circuite Integrate a realizat o serie de circuite echivalente cu cele străine, cum erau: ROB 450-454, echivalente cu familia SN 7545X a firmei Texas Instruments; ROB 361, echivalent cu DS 75361 al firmei National sau ROB 8161, echivalent cu TAA 861 al firmei Siemens și cu SFC 2861, al firmei Sescosem.

**(e) Testare, Caracterizare și Fiabilitate.** A cuprins colectivul de testare, colectivul de analize chimice. **Laboratorul de Fiabilitate** a apărut în anul 1977, în cadrul L5, sub forma unui colectiv condus de dr. ing. Lucian Gălățeanu (absolvent de Electronică, secția Ingineri Fizicieni, în 1970). A devenit laborator în 1979, an în care a înglobat colectivul de Analiza Fiabilității, condus de dr. ing. *Marius Băzu*, care a devenit în 1990 șeful laboratorului (v. secțiunea 4.5.1). S-a reușit să se asigure livrări de componente de înaltă fiabilitate pentru programe militare și de aviație, pentru centrale nucleare, pentru uzina de apă grea etc. pe baza construirii și aplicării unor programe specifice de încercări de selecție.

Spectrul de preocupări al ICCE era foarte larg, incluzând **Aplicații, Fabricarea de utilaje tehnologie, Componente pasive**<sup>104</sup>, **Creșterea monocristalelor de siliciu**<sup>105</sup>, **Circuite Hibrade**<sup>106</sup>.

**Observație.** Infrastructura experimentală a ICCE, inclusiv cea realizată prin autoutilare a fost grav amputată de scindarea institutului în patru unități (1990). S-au adăugat uzura morală și cvasiabsența investițiilor, care a continuat timp de aproape un deceniu și după fuziunea cu IMT (cu excepția utilităților și a tehnicii de calcul).

#### 4.2.5 Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS)

Înființată în 1978, la inițiativa directorului ICCE, dr. ing. Constantin Bulucea, Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS) a fost, fără îndoială, cel mai important instrument al ICCE pentru promovarea sa pe plan intern, apoi și pe plan internațional, în special prin comunicările realizate de cercetătorii din institut, care aveau ocazia să se confrunte și să fie validați de specialiștii din domeniu. Pe de altă parte, CAS a fost permanent și o sursă de informații pentru cercetătorii din ICCE, care se puteau conecta direct la tot ce era mai valoros în țară în domeniul lor de activitate, iar după 1991, aveau acces și la contribuții valoroase din străinătate. În continuare este descrisă perioada 1978-1996 a conferinței, în care instituția organizatoare era ICCE.

**Locul de desfășurare.** Prima ediție a avut loc în 1978, la Timișul de Sus, la complexul Gaiser<sup>107</sup>. Tot acolo au fost organizate și edițiile 1979-1980 și 1982-1984. În 1981, complexul Gaiser (rezervat, de altfel, pentru un circuit închis) era ocupat cu alte activități, astfel încât conferința s-a ținut la Predeal. Din 1985, locația Gaiser a devenit inaccesibilă, astfel încât conferința s-a mutat, mai întâi la Poiana Brașov (1985), apoi, din 1986, la hotel „Sinaia” din Sinaia, unde între 11 și 14 octombrie 2017 s-a desfășurat ediția a 40-a.

**Echipa organizatorică.** Încă de la început, echipa CAS a fost condusă de un Președinte. Între 1978 și 1986, acesta a fost dr. ing. Constantin Bulucea, fondatorul conferinței. După plecarea sa din țară, funcția a fost preluată de dr. ing. Ioan Bătrâna, directorul ICCE, care a creat și o funcție de Președinte de onoare pentru acad. Mihai Drăgănescu.

Tot de la prima ediție, conducerea executivă a CAS era asigurată de un Manager. La primele două ediții acesta a fost ing. Florian Brădău, apoi, la următoarele trei, Managerul a fost schimbat an de an: în 1980 – ing. Adrian Bejan, în 1981 – ing. Mihai Statovici, iar în 1982 – dr. ing. Marian Bădilă. Din 1983, timp de trei ediții, Manager a fost dr. ing. Marius Băzu, ajutat de ing. Doina Vancu, ca Manager asistent, iar în 1985 și de dr. ing. Sergiu Iordănescu. Din 1986 și până în 1996, ing. Doina Vancu a fost Manager CAS.

<sup>104</sup> În 1978, Colectivul de Componente Pasive a asigurat dezvoltarea fabricației de condensatoare cu tantal de la Tehnoton Iași prin punerea în fabricație a tehnologiei dezvoltate în institut.

<sup>105</sup> În 1979, acest colectiv a devenit nucleul noii Întreprinderi de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), Dudești.

<sup>106</sup> În 1991, ing. Mihai Georgescu, șeful colectivului, a înființat, împreună cu întregul grup de specialiști, firma românească Imperial Electric S.A., care funcționează și astăzi.

<sup>107</sup> De fapt, a existat, în vara lui 1976, o primă încercare de organizare (de către comitetul UTC din ICCE, mai precis, de către secretarul cu probleme profesionale, ing. Radu Vancu) a unei conferințe în București, la sediul AGIR de pe Calea Victoriei, dar participanții cu funcții importante erau solicitați în timpul conferinței să se deplaseze la alte ședințe urgente, în București, astfel încât a devenit clar că această conferință trebuie organizată în afara capitalei.

Evaluarea lucrărilor trimise și întocmirea programului științific erau efectuate de conducerea științifică a conferinței: trei secretari, la prima ediție, apoi un vicepreședinte cu programul tehnic (ing. Radu Bârsan), în fine, din 1980, un Comitet de asamblare a programului, variabil an de an ca dimensiune și componență. Apar apoi subcomitete de selecție, coordonate de un Președinte al programului științific. În această funcție au fost mai întâi ing. Radu Bârsan (1985), apoi ing. Ștefan Gozner (1986), în fine, profesorul Adrian Rusu, membru corespondent al Academiei Române, aflat în mod constant la conducerea programului științific începând din 1980 și până la dispariția sa, unanim regretată, din 2013. Un alt cadru didactic de la IPB aflat mereu, începând din 1983 și până astăzi, cu diferite funcții în comitetul de program a fost profesorul Gheorghe Brezeanu.

Ceilalți membri ai Comitetului de organizare erau responsabili pentru alte activități, a căror enumerare este semnificativă: secretariat, asistență tehnică, casier, grafică, foto, cazare, expoziții, postere, dar și: transport (pentru că până în 1990 – inclusiv – transportul participanților de la București și înapoi se asigura cu autobuze închiriate de organizatori), film/muzică, cineclub, gazeta CAS (apărută între 1985 și 1990, cu articole satirice de bun gust, extrem de apreciate de participanți) etc. Întotdeauna, la CAS, activitățile conexe au fost importante! Probabil că ele au contribuit decisiv la formarea așa-numitului „spirit CAS“, care poate fi definit prin câteva elemente: întâlniri informale între specialiști, dar și între șefi de instituții, banchet (cu premii pentru ediția precedentă), popice (seara), proiecții de diapozitive și desene animate (pentru copii), expunerea unor lucrări de artă, excursii (pentru membrii familiilor: soții/soți, copii), poza cu toți participanții (v. Fig. 4.5)<sup>108</sup>.

**Lucrările conferinței.** Conținutul tehnico-științific al lucrărilor prezentate s-a îmbunătățit an de an, selecția fiind extrem de riguroasă. E suficient să amintim procentajul lucrărilor acceptate pentru primii ani<sup>109</sup>: în 1980 – 33% (71, din 216!), în 1981 – 54%, în 1982 – 49%. În 1990, procentajul acceptărilor atingea 82%. În mod evident, nivelul lucrărilor trimise crescuse simțitor, pentru că nimeni nu mai îndrăznește să trimită lucrări slabe la CAS. Știa sigur că ar fi respinse.

Începând din 1983, la fiecare ediție, participanții erau așteptați la înregistrare cu volumul conținând rezumatele extinse (4 pagini, format A4), scrise pe formulare speciale (cât timp redactarea se făcea la mașina de scris!), apoi, atunci când s-a trecut la redactarea pe PC-uri, pe baza indicațiilor de redactare trimise de organizatori. CAS a fost o adevărată școală pentru tinerii cercetători din ICCE, atât în ceea ce privește scrierea de comunicări științifice, cât și prezentarea lor orală. Din 1981, s-a introdus secțiunea Poster, astfel încât tinerii cercetători din ICCE învățau și cum să-și sintetizeze lucrările pe un asemenea suport, foarte răspândit în ultima vreme.

Multe dintre subiectele conferinței au fost definite ca titluri de secțiuni încă de la prima ediție și au rămas apoi aceleași până în 1996: Analiză și modelare, Tehnologie, Dispozitive de microunde, Dispozitive optoelectronice, testare, Aplicații. Din 1983, s-a adăugat secțiunea de Fiabilitate (combinată la unele ediții ulterioare cu Caracterizarea microfizică). În 1988 a apărut secțiunea de Traductori cu semiconductoare, denumită, din 1992, Senzori, iar în 1996, secțiunea Microsisteme. Din 1994, o secțiune specială a fost dedicată lucrărilor studentești, fiind organizată de prof. dr. ing. Gheorghe Brezeanu, de la Universitatea Politehnica București.

**Participanții.** La prima ediție, lucrările aparțineau unor autori din ICCE, IPRS, IPB, IFTM, ICE, Universitatea Timișoara și ITC Cluj. La a doua ediție, au apărut și lucrări cu autori din alte instituții: IIRUC, ITC București, ITC și IPT Timișoara, IPA, IPCN, ICPTc, Univ. Craiova, IRNE, Inst. Metrol. și Hidrol., ITIM Cluj, ICPTTc. Apoi, la fiecare ediție numărul instituțiilor participante s-a mărit, dovadă a prestigiului crescând al CAS.

Ediția 1984 a fost una specială, pentru că a avut drept invitați mai mulți profesori de la Institutul Politehnic București: Prof. Mihai Drăgănescu, Prof. Radu Grigorovici, Prof. Adelaida Mateescu, Prof. George Moisil, Prof. Edmond Nicolau, Prof. Ion Popescu, Prof. Alexandru Timotin.

CAS a devenit o conferință internațională în 1991. Din 1992, între organizatorii conferinței apare IEEE-Romania Section, din 1993 – Electronic Devices Chapter, iar din 1996 – Electrochemical Society.

<sup>108</sup> Nona Millea (coordonator), *op cit* în curs de apariție.

<sup>109</sup> M. Băzu, *Evoluția de-a lungul a 37 de ani a Conferinței anuale de semiconductoare (CAS)*, Sesiunea de comunicări științifice a Diviziei de istoria Tehnicii a CRIFST, 14 aprilie 2016, București, Sala de Consiliu a Academiei Române.



Putem spune că această Conferință Anuală de Semiconductoare (CAS) este cea mai importantă moștenire lăsată de ICCE și care continuă să funcționeze. Echipamentele s-au pierdut, cultura de organizație s-a schimbat, produsele nu se mai pot fabrica, cercetătorii s-au pensionat, dar CAS a mers înainte, având în 2017 cea de-a 40-a ediție!



Fig. 4.5 Poza de grup cu participanții la ediția 1984 a Conferinței Anuale de Semiconductoare.

#### 4.2.6 Concluzii privind rolul ICCE în dezvoltarea domeniului<sup>110</sup>

Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE) și-a îndeplinit cu succes scopul pentru care a fost creat, pentru că:

- a dezvoltat tehnologii și a realizat produse în domenii care erau complementare cu cele abordate de IPRS-Băneasa (pentru dezvoltarea cărora fusese înființat), respectiv dispozitive în tehnologia MOS, dispozitive optoelectronice și dispozitive de microunde;
- a participat cu echipe de specialiști la înființarea și dezvoltarea unor obiective importante ale industriei electronice românești: Microelectronica, Întreprinderea de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), secția 2500 a IPRS-Băneasa etc.;
- a oferit fabricilor de pe platforma Băneasa (IPRS-Băneasa și Microelectronica) tehnologii de fabricație și proiecte de componente electronice pe bază de siliciu, în acord cu realizările pe plan mondial;

<sup>110</sup> Aceste concluzii sunt preluate integral din materialul original al Dr. Marius Băzu, Cap. 4 al volumului **SRMN 2018**, citat anterior. Notele biografice ale lui *Constatin Bulucea* și *Radu Vancu* sunt preluate în subcapitolul *diaspora* (secțiunea 6.3) și cele ale lui *Mihai Mihăilă* și *Marius Băzu* în secțiunea 4.4.

- a format și a pus la dispoziția acestor fabrici resurse umane de înaltă calificare într-un domeniu nou în lume, cel al dispozitivelor electronice pe bază de siliciu;
- a furnizat, prin microproducție, industriei electronice românești acele tipuri de componente performante, dar solicitate în cantități mici, care nu puteau fi realizate în condiții de eficiență economică la fabricile de profil;
- a livrat componente de fiabilitate ridicată pentru programele speciale lansate în România, în anii '80;
- începând din 1978, a organizat Conferința Anuală de Semiconductoare, for de prezentare de înalt nivel pentru realizările cele mai importante din domeniu, devenită în 1991 conferință internațională, sub egida IEEE;
- în întreaga sa activitate, și-a stabilit și a respectat permanent un standard înalt de calitate, pe care l-a impus în toate colaborările avute.

### 4.3 INCD-Microtehnologie (IMT București)

(Dan Dascălu<sup>111</sup>)

#### 4.3.1 Apariția Institutului de Microtehnologie

Academicianul **Mihai Drăgănescu** a fost cel care a avut ideea de a se înființa un institut care să preia linia de fabricație CMOS existentă în țară pentru a dezvolta microsenzori și micro sisteme. Ideea a apărut în contextul în care S.C. Microelectronica S.A. era în derivă după dispariția CAER, care asigura piața de desfacere, dar și unele semifabricate. Într-un articol recent<sup>112</sup> se arată *cum a apărut institutul* plecând de la ideea acad. Drăgănescu.

*„În septembrie 1991 s-a înființat prin semnătura Prof. Andrei Țugulea, secretar de stat pentru cercetare, așezatul CMT (Centrul de Microtehnologie). Ministrul la data respectivă era Prof. Gh. Ștefan. Ambii au devenit între timp membri ai Academiei Române (acad. Andrei Țugulea a decedat în decembrie 2017). În intervalul 1991-2011 director al acestui centru, devenit ulterior (1993) institut, și apoi (1996) institut național, a fost autorul acestui articol<sup>113</sup>.*

*Un rol aparte în evoluția acestei unități de cercetare în perioada 1992-1996 l-a avut Prof. dr. ing. Doru Dumitru Palade, Director general al Institutului de mecanică fină. În calitate de Vice-președinte al Colegiului Consultativ a prezidat o ședință în care s-a făcut o evaluare a domeniului de microtehnologii (29 februarie 1992). Ca Ministrul a asigurat CMT finanțarea necesară pentru a susține activitatea liniei de fabricație de la S.C. Microelectronica, a introdus (1993) în Planul Național de cercetare domeniul de „microtehnologii“ (la Comisia Europeană finanțarea distinctă a tehnologiilor de micro sistem are loc din 1994), a înființat Institutul de Microtehnologie (IMT), prin HG (23 iulie 1993). Ulterior, a propus fuziunea dintre IMT și ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice), idee pe care nu o mai avusese nimeni până atunci. În mandatul de Ministrul al domniei sale, prin HG (noiembrie 1996) apare actualul institut național (INCD Microtehnologie, sau IMT București).*

*Cum au evoluat lucrurile? Trebuie să subliniem mai întâi **împlinirea viziunii Profesorului Mihai Drăgănescu: microtehnologiile (astăzi micro-nanotehnologii) și-au confirmat potențialul, dar nu numai în tehnologia micro-nanoelectronică, ci și în industriile tradiționale. Dacă această idee s-a dovedit rodnică (o „sămânță“ care a „rodit“), în schimb gestionarea unei linii de producție de către o unitate de cercetare s-a dovedit nerealistă, mai ales în condițiile unei privatizări haotice, care a dus practic la dispariția industriei de pe platforma Băneasa. IMT a gestionat linia de fabricație de la S.C. Microelectronica numai până în martie 1997, dar institutul a supraviețuit: fuziunea cu ICCE i-a asigurat un sediu, un minim de infrastructură experimentală și majoritatea***

<sup>111</sup> Versiune prescurtată a capitolului 6 din volumul **Școala românească de micro- și nanoelectronică**, volum deja citat (SRMN 2018). Informație suplimentară poate fi găsită în: Dan Dascălu, „Retrospectiva IMT“, [www.imt.ro/retro20](http://www.imt.ro/retro20) și Dan Dascălu, secțiunea IV 2, „Institutul de Microtehnologie (IMT) – O istorie subiectivă“ în Nona Millea (coordonator) „Electronica românească. O istorie trăită. vol. 5 Industria de componente. Alte unități“, Editura AGIR (în curs de apariție). Se citează frecvent articole din revista *Market Watch*. Acestea sunt ușor accesibile pe site-ul [www.marketwatch.ro](http://www.marketwatch.ro), mai precis pe pagina <http://www.marketwatch.ro/revista/arhiva/>. Rapoarte științifice ale IMT (în limba engleză) sunt afișate de mai bine de un deceniu pe site-ul [www.imt.ro](http://www.imt.ro).

<sup>112</sup> Dan Dascălu „O sămânță care a rodit“, *Academica*, Nr. 5-6, mai-iunie 2017, Anul XXVII, 319-320, pp. 36-38.

<sup>113</sup> După acad. Dan Dascălu, Director general al INCD Microtehnologie (IMT București) a fost Dr. ing. Raluca Müller (iulie 2011-ianuarie 2017). În prezent acest post este ocupat de către Dr. fiz. Miron Adrian Dinescu.



*resurselor umane (cât de benefică a fost ideea Ministrului Palade!), iar orientarea tematică spre un domeniu de perspectivă i-a facilitat succesul în cooperarea europeană (cel mai performant INCD din România, conform „Raportului pentru inovare“ al Comisiei Europene, 10 iunie 2011).*

#### **4.3.2 Tematica de micro-nanotehnologii în programele naționale de cercetare-dezvoltare (1993-2014), corelată cu cercetarea din UE**

Urmare a unei analize întreprinse în februarie 1992<sup>114</sup>, Colegiul Consultativ pentru Cercetare-Dezvoltare (înființat în ianuarie 1991) a introdus *domeniul de „microtehnologii“* în planul național de cercetare începând din anul 1993 (tehnologiile de microsistem au apărut în programele Comisiei Europene din 1994). O HG din 23 iulie 1993 consfințește apariția **Institutului de Microtehnologie (IMT)**, primul cu acest profil din estul Europei. De finanțarea în domeniul de „microtehnologii“ a beneficiat nu numai IMT, ci și ICCE și alte organizații, inclusiv firme.

Domeniul de „microtehnologii“ a fost specificat și în Programul național de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică Orizont 2000 (HG 1095/1995)<sup>115</sup>. A urmat o extindere a „Orizont 2000“ pentru perioada 2001-2001, domeniul regăsindu-se sub denumirea de „*micro- și nanotehnologii*“. Apoi a fost lansat programul de „*Materiale noi, micro și nanotehnologii*“ MATNANTECH (2001-2006), gestionat de către Universitatea „Politehnica“ din București în cadrul primului Plan Național de Cercetare-Dezvoltare (PNCDI). Între timp, România a căpătat acces direct la Programul Cadru 6 (2003-2006) al UE, cu o tematică deja familiară pentru IMT („*tehnologii de microsistem*“ sau „*microtehnologii*“) și IMT a obținut finanțare europeană în numeroase proiecte (detalii mai jos).

Finanțarea cercetării din România a devenit mai generoasă începând cu anul 2005, când a intrat în funcțiune și programul de cercetare de excelență (CEEX) pe tematicile generale anunțate pentru Programul Cadru 7 al UE (PC7). Din nou, IMT era „pe val“, personalul său fiind familiarizat cu tematica europeană.

*Tematica de „micro- și nanotehnologii“ s-a regăsit sub o formă exhaustivă în a doua ediție a Planului Național (PNCDI II, 2008-2014), fiind strâns corelată cu cea care apărea în PC7 (anunțată cu mult timp înainte). Această tematică reflectă tendința de „convergență a tehnologiilor“ (micro-nano-bio), materializată de pildă prin direcția de cercetare „nanomedicină“, care a fost consolidată printr-o platforma tehnologică europeană (ETPN = European Technological Platform for Nanomedicine), existentă și astăzi. Această tematică corespundea unuia din cele 7 subdomenii ale priorității „Tehnologia Informației și a Comunicațiilor“ din PNCD II, dar s-a dovedit deosebit de atractivă pentru un număr mare de organizații, care au câștigat la competițiile anuale o treime sau chiar mai mult din fondurile rezervate acestei priorități.*

**Finanțarea neîntreruptă timp de două decenii (1993-2013)** din programele CD pe plan național **pe tematica microtehnologii sau micro-nanotehnologii** (tematică corelată cu cea europeană) a fost de importanță vitală pentru dezvoltarea în țară a domeniului și în particular pentru evoluția IMT care duce mai departe ștafeta *microelectronicii* în acest subdomeniu al tehnologiilor de microsistem.

**Orientarea strategică a institutului național** în primii săi 20 de ani de activitate s-a bazat pe **corelarea cu cercetarea europeană**<sup>116</sup> și urmând evoluția acesteia prin trecerea de la microtehnologii la micro-nanotehnologii

<sup>114</sup> La acea dată exista deja Centrul de Microtehnologie (CMT), înființat în septembrie 1991, care demarase tratative cu Microelectronica S.A., în ideea de a folosi linia de fabricație CMOS pentru realizarea de microsisteme. Coordonarea efectivă a activității linei tehnologice a fost posibilă abia din aprilie 1993.

<sup>115</sup> Aceasta continuitate în finanțare a fost esențială pentru nou-înființatul Institut Național de Cercetare-Dezvoltare (INCD) pentru Microtehnologie (IMT București), apărut în noiembrie 1996 prin fuziunea dintre IMT și ICCE. Atât denumirea, cât și obiectul de activitate al noului Institut Național au fost legate de microtehnologii (tehnologii de microsistem, în terminologia Comisiei Europene) și așa a rămas până în momentul de față, cu unele dezvoltări în direcția „nano“, sau „bio“ (exact ce s-a petrecut și pe plan european). A existat o continuitate a preocupărilor din ICCE legate de dispozitivele de microunde și cele optoelectronice, dar și aici noile materiale și tehnologii și-au spus cuvântul.

<sup>116</sup> Într-un articol pe care l-am publicat în Market Watch (Dan Dascălu „Strategia CDI a României și a INCD – Microtehnologie (IMT)“, Market Watch, Numărul 90, noiembrie 2006) treceam în revistă succint situația din sistemul național CDI și insistam asupra politicii IMT, la 10 ani de la transformarea acestuia în institut național. Orientările principale sunt descrise succint mai jos și ele s-au păstrat și în deceniul următor. **O primă orientare strategică** a institutului în primii

și micro-nano-biotehnologii, pentru ca în ultimii ani să pună accent pe tehnologiile generice esențiale (care includ *micro-nanoelectronica, micro-nanofotonica, nanotehnologia, materialele avansate*).

#### 4.3.3 Performanță în micro sisteme: primul centru de excelență finanțat de UE (2008)

**Centrul European de Excelență finanțat de către Comisia Europeană** în intervalul 2008-2011 este emblematic pentru succesul IMT în cooperarea europeană. Acest centru grupează două laboratoare cu tradiție care provin din ICCE, cel de „dispozitive de microunde” condus de către Dr. fiz. *Al. Müller* (v. secțiunea 4.5.10) și cel de „fonică” (anterior – optoelectronică) condus de către Dr. ing. *Dana Cristea*. Cele două laboratoare au propus proiectul **MIMOMEMS** (acronimul pentru **Micro-Electro-Mechanical Systems for Advanced Communication Systems and Sensors**). Istoria apariției acestui centru de excelență (primul din România după aderarea la UE) este expusă într-un articol<sup>117</sup> din care cităm:

*Market Watch: „Centru de excelență european”. Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Microtehnologie (IMT-București), (www.imt.ro), înființat în 1993, a fost prima organizație de cercetare-dezvoltare în domeniul microtehnologiilor înființată în Europa de Est. IMT-București a fost și este implicat în aproximativ 20 de proiecte europene în cadrul programelor europene FP6 și FP7. Pe plan național, IMT-București este coordonator al unor rețele tehnologice (proiecte CEEX) și a creat (în colaborare cu UPB) un Parc Științific și Tehnologic în domeniul micro și nanotehnologiilor, MINATECH-RO (www.minatech.ro). La prima competiție din anul 2007, la programul „Potențial Regional” din cadrul programului cadru european FP 7, IMT-București a câștigat un proiect care urma să dezvolte un Centru de Excelență European în domeniul microundelor, undelor milimetrice și dispozitivelor optoelectronice bazate pe tehnologiile de tip MEMS. Proiectul „European Centre of Excellence in Microwave, Millimetre Wave and Optical Devices, based on Micro-Electro-Mechanical Systems for Advanced Communication Systems and Sensors” (acronim MIMOMEMS) (2008-2011) a fost câștigat în cadrul unei competiții internaționale evaluate de Comisia Europeană, fiind singurul proiect românesc câștigător la competiția respectivă. Rata de acceptare a fost de cca 15 %.....*

*Echipa implicată în acest proiect este formată din cercetători cu experiență în cadrul proiectelor naționale și internaționale. Coordonatorul acestei echipe este Dr. Alexandru Müller ..... Laboratoarele RF-MEMS și Microfonică din IMT-București au fost și sunt implicate în mai multe proiecte europene și depun un efort comun pentru realizarea acestui centru de excelență. Activitățile de cercetare ale celor două laboratoare din IMT-București au fost dezvoltate în ultimii ani prin intermediul unei cooperări strânse cu anumiți parteneri internaționali. Cele mai importante parteneriate sunt cu FORTH-IESL-MRG (Grecia), LAAS-CNRS Toulouse (Franța), VTT Helsinki (Finlanda), Universitatea Tor Vergata Roma (Italia), ITC Trento (Italia), Universitatea Tehnică Darmstadt (Germania), Universitatea din Atena (Grecia), Universitatea Cambridge (Marea Britanie), Institutul Fraunhofer pentru Telecomunicații-Heinrich-Hertz, Berlin (Germania), IMT-FZK Karlsruhe (Germania), Institutul Carl&Emily Fuchs (CEFIM) aparținând Universității Pretoria, Africa de Sud. Aceste cooperări au fost finanțate prin proiecte ale CE, precum și prin acorduri bilaterale. Scopul a fost acela de a realiza circuite microprelucrate (pentru aplicații în domeniul comunicațiilor) și în vederea caracterizării prin măsurători ale circuitelor de unde milimetrice și fonice.*

---

zece ani de activitate a fost aceea legată de tematică, trecând de la microtehnologii la micro-nano-biotehnologii și mergând pe linia convergenței tehnologiilor, deja anunțată pentru Programul Cadru 7 (2007-2013) al UE. Această orientare se reflectă deja în activitatea laboratoarelor din institut, dar și în activitatea rețelelor științifice coordonate de IMT (proiecte MATNANTECH și CEEX). Am menționat faptul că orientarea tematică corelată cu cea de pe plan european a fost decisivă în asigurarea unor avantaje ale IMT în participarea la programele europene, dar și la programul de cercetare de excelență (CEEX). **O a doua acțiune strategică** menționată în articol era cea legată de consolidarea bazei materiale, pe linia micro-și nanofabricației, în facilități tip „cameră albă” (cameră curată), în strânsă legătură cu orientarea tematică. În fine, **o a treia orientare** era legată de valorificarea cercetării, prin crearea unor infrastructuri de transfer de tehnologie și inovare (Centrul de transfer tehnologic și inovare CTT-Băneasa și Parcul științific și tehnologic MINATECH-RO). *Notă.* Remarcăm contribuția Dr. Ing. *Ileana Cernica* la înființarea Parcului și a ing. *Ionica Mireșteanu* la funcționarea CTT-Băneasa.

<sup>117</sup> Alexandru Batali „Centru de Excelență Europeană în cadrul unui institut de micro- și nanotehnologii (IMT București)”, Market Watch, nr. 107, iulie 2008.

**Laboratorul RF-MEMS** a fost coordonatorul proiectului european din FP4 intitulat „*Micromachined Circuits for Microwave and Millimetre Wave Applications*“ (MEMSWAVE, 1998-2001, FP4-INCO-COPERNICUS). Proiectul MEMSWAVE a fost nominalizat în 2002 în topul celor 10 proiecte europene pentru Premiul Descartes (care se acordă anual pentru cel mai bun proiect de cercetare realizat prin cooperare europeană). Acest laborator a fost un partener-cheie în Rețeaua de Excelență „*Advanced MEMS for RF and Millimetre Wave Communications*“ – AMICOM (2004-2007) proiect finanțat de programul cadru FP 6, de asemenea este implicat în programului cadru FP 7 în proiectul de cercetare (STREP) „*MEMS 4 MMIC*“ (2008-2011) competiție ICT-2007-2.

**Laboratorul de Microfotonică** (condus de Dr. Dana Cristea) a participat de asemenea la câteva proiecte din cadrul programului cadru FP6: rețeaua de excelență 4M (*Multi-Material Micro Manufacture: Technologies and Applications*); NoE, FP6-NMP; WAPITI, STREP, 2004-2007, FP6-IST; ASSEMIC, Marie Curie Research Training Network, (FP6- IST), și acum este implicat în programul cadru FP 7 prin proiectul integrat FlexPAET (2008-2010), competiție NMP-2007-1. Laboratorul de Microfotonică a obținut numeroase rezultate în domeniul componentelor fotonice.

Laboratorul Dr. Al. Müller a fost implicat și în laboratorul organizat în IMT (2003-2004) de firma Samsung, dar și în numeroase proiecte din PC7 și ENIAC JU. Menționăm implicarea aceleiași colectiv în Laboratorul European Asociat (LEA) dedicat micro-nanosistemelor inteligente. Denumirea exactă a acestui LEA este „*Smart MEMS/NEMS for Advanced Communication and Systems*“ și la el au participat în afară de IMT, LAAS-CNRS, Toulouse (Franța) și FORTH, Heraklion (Grecia).

Evoluția laboratorului numit tradițional „de microunde“ și provenit din ICCE<sup>118</sup> este un titlu de mândrie pentru IMT. Cităm din prezentarea laboratorului (cf. **SRMN 2018**, volum menționat anterior).

*La mijlocul anilor '90 la Universitatea Ann Arbor din Michigan grupul condus de Linda Katehi și Gabriel Rebeiz publica pentru prima dată rezultate privind circuite pasive pentru unde milimetrice având ca suport membrane dielectrice formate din sandwichul SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>, de grosime de 1,5 microni. Aceasta tehnologie foarte spectaculoasă a făcut posibilă reducerea substanțială a pierderilor la circuitele pasive pentru unde milimetrice. Laboratorul din IMT a reușit realizarea unor circuite similare, primele astfel de circuite în Europa și publicarea rapidă a rezultatelor în 1997. În aceeași abordare a fost trimis un proiect European având grupul din IMT coordonator și parteneri FORTH Heraklion, Uppsala Univ., CNR Roma, Univ Tor Vergata Roma, ICT Trento, HAS MFA Budapesta, ISP și Microsensor Kiev, care și-a propus dezvoltarea unor circuite de microunde atât pe membrane obținute prin microprelucrarea siliciului dar și utilizarea ca suport, în premieră mondială a membranelor de GaAs. Proiectul FP4 MEMSWAVE (1998-2001) a câștigat și a fost primul proiect în domeniul IST coordonat de o țară est-europeană. S-au realizat filtre pentru unde milimetrice dar și circuite receptoare directe (de tip video) pentru 38 și 77 GHz. În cazul receptoarelor pe membrane cu GaAs antena a fost integrată monolitic cu o dioda Schottky fără substrat având ca suport aceeași membrană subțire de 2 μm pe care este poziționată antena. Proiectul a avut un succes deosebit, fiind nominalizat în 2002 între cei 10 finaliști pentru premiul Descartes, acordat pentru cel mai bun proiect de colaborare în cercetare finanțat de UE. O contribuție importantă la succesul acestui proiect au avut cercetătorii A. Müller, D. Neculoiu, D. Vasilache, S. Iordănescu, I. Petrini.*

---

<sup>118</sup> După anul 1989 lucrurile s-au schimbat; nu a mai fost nevoie de circuite avansate pentru microunde pentru că au putut fi ușor importate la prețuri mai mici decât costurile unei cercetări pentru realizarea lor. Filozofia cercetării s-a schimbat. Ideea de a fabrica un dispozitiv după un model de referință produs de un lider mondial în domeniu (model valabil în societatea comunistă românească), nu mai era de interes. Deși, incontestabil, reproducerea parametrilor electrici ai unui dispozitiv (nou pe plan mondial) putea crea numeroase soluții noi și inovative de realizare, cu posibilitatea de punere în evidență a unor fenomene noi (dovadă și lucrările publicate în acea perioadă), totuși în optica unei societăți deschise, spre care ne îndreptăm, nu se finanțează un lucru deja realizat doar pentru a nu-l importa..... La sfârșitul secolului 20, cercetarea academică de dispozitive trebuia să abordeze idei inovative pentru aplicații de nișă. **Trebuiau găsite domenii în care este posibil să fii într-adevăr printre primii în lume** (subl. ns.), cu posibilitatea de a obține rezultate la nivelul stării artei în domeniu și eventual de a le depăși (cf. **SRMN 2018**, volum menționat anterior).

*Succesul proiectului MEMSWAVE a contribuit la vizibilitatea colectivului din IMT și invitarea acestuia de a participa la propunerea (câștigătoare) a rețelei de excelență europene (NoE FP6) în RF MEMS, AMICOM (2003-2007) coordonată de LAAS CNRS Toulouse. Un alt succes l-a constituit câștigarea proiectului European FP7 MIMOMEMS „European Centre of Excellence in **MI**crowave, **MI**llimetre Wave and **OP**tical Devices, based on **MI**cro-**E**lectro-**M**echanical **S**ystems for Advanced Communication Systems and Sensors“ din cadrul call-ului REGPOT-2007-1-01. Din valoarea de cca. 1 000 000 EUR a proiectului jumătate a fost utilizat la dotarea laboratorului. În afară de suportul pentru activitățile științifice, acest proiect, împreună cu alte două proiecte naționale (**SIMCA** – Capacități și Microlab – Modul 4) a asigurat infrastructura actuală competitivă a laboratorului, care include echipamente complexe de caracterizare până la 110 GHz a circuitelor; un sistem de măsurare a parametrilor S pe plachetă până la 40 GHz, în domeniul de temperatură 6 K-500 K etc. Astăzi dotarea laboratorului este competitivă în comparație cu orice alt laborator de microunde din lume care lucrează în domeniul 0.1-110 GHz. Mai mult, criostatul cu posibilitatea de a măsura parametrii S până la 67 GHz la temperaturi până la 5-6 K reprezintă o atracție deosebită pentru mulți colaboratori externi.*

*Laboratorul a fost partener în două proiecte integrate FP7 IP **SMARTPOWER** (2011-2016 – responsabil IMT, A. Müller) și **NANOTEC** (2011-2015, responsabil IMT, D. Neculoiu) două proiecte STREP **MEMS-4-MMIC** (2008-2012 responsabil IMT, D. Neculoiu) și **NANO RF** (2012-2016 responsabil IMT, M. Dragoman), trei proiecte ENIAC: **SE2A** (call 2008), **MERCURE** (call 2009) și **NANOCOM** (call 2010) și două proiecte ESA.*

*Activitatea științifică a laboratorului în ultimii ani s-a concentrat pe dezvoltarea dispozitivelor de tip SAW pe GaN/Si cu frecvențe de operare în domeniul GHz-ilor. Este un domeniu nou puțin explorat cu aplicații potențiale foarte mari în domeniul comunicațiilor și al senzorilor. Există puține grupuri care au abordat această tematică. Grupul din IMT a publicat numeroase lucrări în reviste de prestigiu; în 2016 membri ai grupului nostru au fost invitați la Ann Arbor University să țină un seminar legat de realizările în acest domeniu. În proiectul FP7 SMARTPOWER, IMT a realizat un senzor de temperatură pe bază de rezonator SAW pe GaN/Si cu frecvența de operare mai mare de 5 GHz.*

*În ultimii ani, Mircea Dragoman, membru al laboratorului a inițiat o extrem de intensă și fructuoasă activitate legată de realizarea de dispozitive de microunde pe nanotuburi de carbon și grafene, precum și analiza fenomenelor fizice în aceste noi materiale. Activitatea s-a concretizat în numeroase lucrări științifice publicate în reviste deosebit de prestigioase, cărți publicate în edituri precum Elsevier, în proiecte naționale din competiții diverse, precum și într-un proiect European câștigat (NANO-RF). Mircea Dragoman conduce și un colectiv de tineri din cadrul noului centru CENASIC al IMT în tematici legate de graphene și de nanotuburi de carbon.*

*În prezent, în laborator sunt numeroși tineri extrem de activi în activitățile de cercetare ale laboratorului. Remarcăm pe: Alexandra Ștefănescu, Alina Bunea, Ioana Giangu, Martino Aldrigo. Din anul 2016 avem printre noi o fost bursieră Fullbright, Gina Adam, actualmente beneficiară a unui fellowship H2020 Marie Skłodowska-Curie câștigat prin competiție – proiect SelectX – Crossbar of Microelectromechanical Selectors and Non-Volatile Memory Devices for Neuromorphic Computing.*

*Printre planurile de viitor ale laboratorului se numără și abordarea tematicii „quantum computing“ în colaborare cu Sorin Voinigescu (există o propunere la ultima competiție FET H2020, în curs de evaluare).*

#### **4.3.4 Primul laborator de nanotehnologie (1996), afiliat la Academia Română (2002)**

*În organigrama INCD-Microtehnologie abia înființat (1996) a apărut „laboratorul de nanotehnologie“, o premieră – se pare – pentru România. El a fost condus de o chimistă, Irina Klepș, a cărei activitate este sintetizată în nota biografică din secțiunea 4.5.5. În 2010, la pensionarea Irinei Klepș, ștabela a fost preluată de către dr. Mihaela Kusko (secțiunea 4.5.6). Odată cu laboratorul de nanotehnologie (din 2010 nanobiotehnologie), IMT București a mai derulat un exercițiu de preluare a unor resurse umane valoroase și potențarea acestora într-o direcție de perspectivă. În 2002 acest laborator din IMT a obținut egida Academiei Române sub eticheta de „Centru de Nanotehnologii“ (CNT). Este vorba de o supervizare strict științifică (nu și administrativă), care a asigurat un plus de vizibilitate, participarea la programul de schimburi interacademice, posibilitatea de a organiza în numele IMT evenimente (de exemplu seminarul Național de Nanoștiință și Nanotehnologie) sub auspiciile Academiei Române.*

Începând din ianuarie 2009, Centrul de Nanotehnologii apare ca atare în organigrama institutului (CNT-IMT) și cuprinde *trei laboratoare*: laboratorul de nanobiotehnologie (Dr. fiz. Mihaela Kusko, după pensionarea d-nei Irina Klepș), laboratorul de structurare și caracterizare la scară „nano“ (Dr. fiz. Adrian Dinescu, secțiunea 4.5.3) și laboratorul de nanotehnologie moleculară (Dr. ing. Radu Popa). Cercetătorii din CNT-IMT gestionează numeroase „laboratoare experimentale“ din zona „curată“ a halei tehnologice, fiind implicați și în activitatea noii facilități experimentale CENASIC (a se vedea mai departe). Colectivul multidisciplinar al centrului este implicat în cercetarea legată de materiale și dispozitive, vizând domeniul bio-medical, dar și electronica și fotonica. La data înființării centrului de mai sus resursele umane și materiale ale celor trei laboratoare erau deja destul de consistente. Un tur virtual al laboratoarelor experimentale ale acestui „Centru de nanotehnologii“, odată cu acad. Ionel Haiduc, Președintele Academiei Române, este descris într-un articol din Market Watch<sup>119</sup>, din care am extras pasajul de mai jos.

**Vizita președintelui Academiei Române, academician Ionel Haiduc.** La data de 12 martie 2009, președintele Academiei Române a vizitat „Centrul de nanotehnologii“ din IMT, la invitația directorului general al institutului, academician Dan Dascălu. Acad. Ionel Haiduc, președintele Academiei Române (în partea stângă în figura 4.6) a fost însoțit în vizita sa de acad. Dan Dascălu și de dr. Irina Klepș, șefa Centrului. Una dintre dotările cele mai



Fig. 4.6 Vizita în Centrul de Nanotehnologii din IMT a Președintelui Academiei Române (martie 2009).

impresionante ale „centrului“ este stația de nanoinginerie (figura 4.6, dreapta). Echipamentul e *LiNE*, Raith (nanoengineering workstation), unic nu numai în România, dar în întreaga zonă din estul Europei este prezentat de Dr. fiz. Adrian Dinescu, șeful de laborator. Echipamentul permite structurarea la scară nanometrică prin litografie cu fascicul de electroni, dar și prin depunere și corodare induse cu fascicul de electroni. Printre cercetările întreprinse aici se numără realizarea de nanostructuri SAW (Surface Acoustic Wave), și BAW (Bulk Acoustic Wave) care lucrează la frecvențe extrem de înalte (prin mărimea frecvenței de lucru și materialele folosite, aceste structuri reprezintă premiere mondiale). Alte cercetări sunt legate de nanodispozitive pentru aplicații biomedicale, respectiv cristale fotonice și elemente optice de difracție. Colaborările internaționale au loc cu LAAS/CNRS, Toulouse (Franța), Chalmers University of Technology (Suedia), IESL-FORTH, Heraklion (Grecia), UCL, Louvain (Belgia).

#### 4.3.5 Prima „facilitate deschisă“ de micro- și nanofabricație din estul Europei (2009)

Crearea și organizarea noii infrastructuri de cercetare reprezintă o altă **realizare majoră a institutului**. Modelul de organizare a fost cel văzut de autor în 2004 în Statele Unite, la Cornell University, Ithaca, N.Y. Este vorba de

<sup>119</sup> Dan Dascălu „Centrul de nanotehnologii din IMT funcționează sub egida Academiei Române“, Market Watch, nr. 113, martie 2009.

nucleul primei rețele de nanotehnologie organizate în S.U.A., ca urmare a Inițiativei Naționale de Nanotehnologie (2000), menționate anterior în acest capitol. Am reținut caracterul „deschis” al acestei infrastructuri, cu accesul cercetătorilor din alte centre, accesul firmelor, activitățile educative și cele de diseminare, inclusiv accesul ocazional al elevilor! Acest *model* a fost utilizat ulterior și în Europa, iar IMT a inaugurat un astfel de centru „deschis” în 2009 (a se vedea mai jos). Implementarea *modelului* a fost urmărit cu perseverență, pe măsură ce infrastructura IMT căpăta contur. Încă din 2006 semnalăm<sup>120</sup> *aparitia în IMT a unor prime echipamente performante și a unei camere albe* (investiții din proiecte finanțate din programul de cercetare de excelență CEEEX și din cel dedicat infrastructurilor de transfer de tehnologie și inovare INFRATECH). De remarcat două particularități: *a) utilizarea conceptului de „servicii științifice și tehnologice”<sup>121</sup> și b) utilizarea de echipamente în comun în cadrul unei rețele de organizații de cercetare.*

La data de 8 mai 2009 a avut loc la Reprezentanța României de pe lângă Uniunea Europeană (de la Bruxelles) **lansarea „internațională” a centrului IMT-MINAFAB**. Evenimentul organizat cu concursul Oficiului Român pentru Știință și Tehnologie (ROST), reprezentanță a ANCS la Bruxelles, a avut o participare de excepție. Au mai avut prezentări, în afară de IMT, Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni” al Academiei Române, de la Iași (prin acad. Bogdan C. Simionescu, în prezent vicepreședinte al Academiei) și firma Infineon Technologies România (București). Tematica comunicării IMT<sup>122</sup>, intitulată „*IMT-MINAFAB: un Centru de micro- și nanotehnologie deschis către industrie*” (Dan Dascălu), a fost reluată și de către IMEC (Leuven, Belgia), cel mai mare centru independent de cercetări în micro și nanoelectronică din Europa. Au participat și au avut intervenții reprezentanți de marcă ai Comisiei Europene. Au asistat specialiști din diverse țări, mobilizați de reprezentanțele naționale la Bruxelles. Lista vorbitorilor a inclus și pe: Mr. *Louis Bellemin*, honorary director of the European Commissioin; Prof. *Alain Pompidou*, President of the French Academy of Technologies, former President of the European Patent Office; Dr. *Renzo Tomellini*, Head of Unit „Value-added materials”, European Commission, DG RTD, Directorate G „Industrial technologies”, Dr. *Francisco Ibanez*, Deputy Head of Unit „Micro-and nanosystems ICT Programme”, European Commission, DG INFSO, Directorate G „Components and Systems”.

De fapt cum funcționa IMT-MINAFAB? Un articol recent<sup>123</sup> prezintă **o sinteză a modului de organizare a infrastructurii din IMT**. Articolul ilustrează, pe de altă parte, cercetarea multidisciplinară din institut în contextul unor proiecte internaționale (a se vedea secțiunea 4.3.9). Într-adevăr, organizarea IMT-MINAFAB cu concentrarea principalelor dotări obținute de laboratoarele CD în spații comune, care asigură condiții optime de funcționare, a facilitat mai întâi cooperarea între cercetători de formație diferită, proveniți din laboratoare diferite. Centrul MINAFAB, a oferit astfel mai întâi „servicii” cercetătorilor din interior. O particularitate a centrului este și aceea că *majoritatea echipamentelor sunt gestionate de către cercetători cu experiență, care pot oferi mai mult decât simpla execuție unor procese tehnologice sau măsurători standard* (secțiunea 4.3.6). Serviciile către beneficiari din afara institutului au o pondere relativ redusă, fără a constitui o frână în desfășurarea cercetărilor din institut. Pentru beneficiarii din industrie este important faptul că IMT-MINAFAB a implementat proceduri de calitate (acreditare ISO 9001, cu o firmă din Germania). *La infrastructura existentă s-a adăugat la sfârșitul anului 2015 cea a noului centru de cercetare CENASIC* (secțiunea 4.3.7) iar **obiectivul strategic este acela de a oferi o platformă experimentală pentru integrarea unor tehnologii generice esențiale (TGE)**, v. secțiunea 4.3.2, obiectiv care va fi ilustrat ulterior de implementarea TGE-PLAT, un proiect de 3 milioane de euro, finanțat din programul de fonduri structurale (secțiunea 4.3.8).

<sup>120</sup> „*Evoluții în serviciile științifice și tehnologice oferite de INCD-Microtehnologie (IMT)*”, Market Watch, Numărul 84, Aprilie 2006.

<sup>121</sup> Servicii științifice și tehnologice în 2006? Acest deziderat a devenit prioritatea anului ..... 2015 în România, prin proiectul ERRIS ([www.erris.gov.ro](http://www.erris.gov.ro)), care a permis UEFISCDI să creeze o *bază de date cu echipamentele/aparatele din zeci de infrastructuri de cercetare și cu declararea potențialelor servicii care ar putea fi asigurate* cu ajutorul acestora. Totodată a început să se vorbească și de rețele de infrastructuri, dar instrumentul de finanțare al acestora nu mai există la aceasta dată.

<sup>122</sup> Mesajul comunicării prezentate de IMT la seminarul de la Bruxelles este conținut în titlu (IMT-MINAFAB as a micro-and nanotechnology centre open to industry): institutul oferă un sistem de servicii științifice și tehnologice deschis colaborării cu industria (dar și cu universitățile și cu alte centre de cercetare). Această abordare este prezentată public pe pagina de web [www.imt.ro/MINAFAB](http://www.imt.ro/MINAFAB).

<sup>123</sup> Dan Dascălu, Raluca Müller, Rodica Voicu, Andrei Avram, Alexandru Müller, Ioana Giangu, Mihaela Kusko, „*Infrastructura de cercetare a IMT – o platformă de interacțiune și parteneriat*”, Market Watch, Numărul 18, Noiembrie-Decemberie 2015.



Informație recentă despre IMT-MINAFAB se găsește în platforma de comunicare ERIIS (Engage în the Romanian Research Infrastructures System), realizată de UEFISCI la adresa <https://erris.gov.ro>. Serviciile oferite de către Institutul de Microtehnologie pot fi găsite căutând după denumirea institutului (IMT Bucharest). Este interesant că ideea de servicii oferite de infrastructura de cercetare cu care IMT a făcut pionerat pe plan național, a fost acum generalizată de către UEFISCI la întregul sistem de cercetare din România<sup>124</sup>.

#### 4.3.6 Laboratoarele de cercetare multidisciplinară din IMT (adaptat după Raluca Müller<sup>125</sup>)

**Preambul.** O particularitate a cercetării în domeniu este caracterul ei multidisciplinar. Remarcăm mai întâi formarea multidisciplinară a unor cercetători care au fost angajați în IMT după ce și-au obținut *doctoratul în străinătate*<sup>126</sup>. Pe de altă parte, în perioada 2011-2017, *cercetătorii angajați în IMT au finalizat 19 teze de doctorat în domeniul electronicii, microelectronicii, telecomunicațiilor, optoelectronicii, la care se adaugă teze din domeniul chimiei, nanotehnologiei, științei materialelor sau al matematicii*<sup>127</sup>.

În fine, în aceeași ordine de idei menționăm derularea proiectului cu *finanțare din fonduri structurale* a studiilor post-doctorale în micro-și nanotehnologii. Acest proiect (coordonat de către acad. Dan Dascălu, cu contribuția pe parte executivă a Dr. Corneliu Trișcă-Rusu) a fost gestionat de IMT, în colaborare cu Institutul Național pentru Materie Condensată din Timișoara. Cea mai mare parte a finanțării a fost asigurată de către Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane (POSDRU). Mentorii (îndrumătorii) activității de cercetare au fost profesori universitari din București și Timișoara<sup>128</sup>. În cadrul proiectului menționat au fost selectați 35 de bursieri, care proveneau din IMT (circa jumătate), din alte institute de cercetare și din universități. Formația de bază a studenților postdoc (cu doctoratul obținut în ultimii 10 ani, în țară sau în străinătate) a fost cel mai adesea *fizică* (19 persoane), dar alții proveneau din *chimie* (8), din *inginerie* (7) și chiar din *matematică* (1). Interesantă a fost repartizarea bursierilor pe subdomenii de lucru: micro-nano-sisteme pentru aplicații biomedicale (10 bursieri); senzori, microtraductori inteligenți pentru aplicații în energie, mediu și agricultură (5); micro-nanosisteme opto-electro-mecanice (4); microsisteme electromecanice de radio-frecvență (4); depuneri straturi subțiri pentru micro-nanosisteme (12). De menționat și colaborarea foarte bună cu

<sup>124</sup> Dan Dascălu „Infrastructuri experimentale în unitățile de cercetare. Cât de profitabile sunt investițiile în această direcție?“, Market Watch, Nr. 179 (octombrie-noiembrie 2015), 28 octombrie 2015.

<sup>125</sup> Cap. 6 în SRMN 2018.

<sup>126</sup> Un număr de cercetători din IMT au doctoratul obținut în străinătate, de exemplu: *Cristian Kusko*: Doctor în Fizică la Northeastern University, Boston; *Cristina Pachi*: Doctor în Fizică, University of Le Havre, France, 2007. Majoritatea s-au angajat în perioada 2009-2011, când institutul și-a reînnoit aproape complet infrastructura experimentală. Este vorba de *Radu Cristian Popa*: Doctor în Inginerie Cuantică și Știința Sistemelor, University of Tokyo, Japan, 1998 (angajat în 2007, șef de laborator și director); *Antonio Marian Rădoi*: Doctor în Chimie, Tor Vergata University of Rome, Italy, 2007 (angajat în 2009); *Emil-Mihai Pavelescu*: Doctor în Tehnologie, Universitatea Tehnologică din Tampere, Finlanda, 2004 (angajat în 2009); *Titus Sandu*: Doctor în Fizică, Texas A&M University, USA, 2002 (angajat în 2010); *Mihaela Carp*: Doctor în Inginerie, Nanyang Technological University, Singapore, 2008 (angajată în 2010); *Lucia Monica Veca*: Doctor în Chimie, Clemson University, USA, 2009 (angajată în 2010); *Victor Leca*: Doctor în Știința Materialelor, Univ. Twente, Olanda, 2003 (angajat în 2011, a părăsit ulterior IMT pentru ELI-NP); *Octavian Ligor*: Doctor în Științe (fizică), National Institute of Applied Sciences of Lyon, France, 2010 (angajat în 2011).

<sup>127</sup> Majoritatea tezelor (11) au fost susținute în școala doctorală a Facultății ETTI din UPB (a se vedea secțiunea 2.3), de către 7 absolvenți ai aceleiași facultăți și 4 absolvenți ai altor facultăți din București și din țară, în general pe profil fizică. Alte 8 teze de doctorat au fost obținute la: Universitatea București, Facultatea de Fizică, UPB-Chimie, UPB Electrotehnică, Universitatea Transilvania Brașov, UB Facultatea de Chimie, UB Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea Bologna, Italia. Ca urmare a finalizării acestor doctorate, în aceeași perioadă ponderea celor cu titlul de doctor a crescut de la 32% la 50% din total personal cu studii superioare, al cărui număr s-a păstrat relativ constant.

<sup>128</sup> Dan Dascălu „IMT a demarat proiectul de studii postdoctorale în micro- și nanotehnologii“, Market Watch, Nr. 128, Septembrie 2010 (18 septembrie 2010).



INCD-Fizica Laserilor, Plasmei și Radiațiilor și respectiv Institutul de Chimie Fizică „I.G. Murgulescu“ al Academiei Române care au susținut (alături de IMT) activitatea experimentală a bursierilor<sup>129</sup>.

În cele ce urmează vom face o succintă trecere în revistă a laboratoarelor CD din institut, care scoate în evidență cât de variate sunt competențele cercetătorilor, dar și cât de diverse sunt domeniile de aplicare ale rezultatelor cercetării<sup>130</sup>. În IMT București există **4 centre**, care grupează **10 laboratoare de cercetare-dezvoltare (CD)**.

**Centrul de cercetare de excelență „Micro și nanosisteme pentru radiofrecvență și fonică“ (MIMOMEMS)**, coordonat de Dr. *Alexandru Müller*, este compus din 2 laboratoare de cercetare-dezvoltare (L3 și L4).

Primul laborator este cel intitulat **Micro- și nanofonică (L3)** și este condus de către Dr. ing. *Dana Cristea*<sup>131</sup>. Principalele *competențe* ale laboratorului sunt legate de: realizare de dispozitive optoelectronice; optică integrată, senzori cu detecție optică; modelare, simulare și CAD pentru structuri micro și nano-fonice; noi materiale (oxizi semiconductori transparenti, nanocompozite hibride cu proprietăți optice controlate, puncte cuantice, grafenă); dezvoltare de dispozitive fonice; componente micro-nanofonice pentru senzori (structuri plasmonice, DOE, componente microoptice; caracterizări optice și electronice pentru materiale și dispozitive (spectrometrie Raman). Realizările recente sunt legate în special de *subdomeniul de specializare inteligentă „securitate“*, prin colaborare cu firme românești (Optoelectronica 2001 SA): comunicații optice securizate de mare capacitate prin spațiul liber, bazate pe holograme generate pe computer; realizarea de nanostructuri 1D și 2D pe baza de ZnO și procese tehnologice inovative pentru integrarea lor directă în senzori de gaze și detector de radiație).

L4 are denumirea **Laboratorul de Microstructuri, Dispozitive și Circuite de Microunde** și a fost prezentat în secțiunea 4.3.3. Este condus de Dr. *Alexandru Müller* (secțiunea 4.5.10).

**Centrul de nanotehnologii (CNT-IMT)**, sub egida Academiei Române, a fost coordonat până în 2017 de Acad. *Dan Dascălu*. Este compus din 3 laboratoare CD (L1, L6, L9).

L1 este **Laboratorul de nanobiotehnologie** (a se vedea și secțiunea 4.3.4) și este condus Dr. fiz. *Mihaela Kusko* (notă biografică în secțiunea 4.5.6). *Competențele* L1 sunt legate de nanomateriale și nanostructuri și integrarea lor în dispozitive complexe, nanotoxicitate (susținerea dezvoltării unor nanoproduse industriale sigure atât din punctul de vedere al sănătății, cât și al protecției mediului prin evaluarea toxicității și riscurilor asociate nanomaterialelor), cât și dezvoltarea de metode noi de detecție pentru aplicații în (bio)medicină. Gama de aplicații este variată: dispozitive pentru aplicații în medicină (de eliberare controlată a medicamentelor pe siliciu, sisteme lab-on chip pentru diagnostic), dar și dispozitive de conversie/stocare a energiei (celule de combustie miniaturizate și celule solare electrochimice, microsupercapacitori) și senzori cu performanțe superioare pentru aplicații speciale (senzori pentru temperaturi ridicate sau senzori de gaz pe SiC utilizați în medii ostile, fotodetectori pe bază de nanofire de Si pentru UV-Vis), (domeniile de specializare inteligentă „sănătate“, „eco-nanotehnologii și materiale avansate“ s.a.).

<sup>129</sup> „Domeniul micro-nanotehnologiilor, susținut prin finalizarea cu succes a unui proiect de studii postdoctorale“, Market Watch, Nr. 154, aprilie-mai 2013 (30 aprilie 2013).

<sup>130</sup> Este vorba de un rezumat al prezentării făcute de Dr. ing. Raluca Müller, directorul științific al IMT în cap. 6 al volumului *Școala românească .....*, citat anterior. În cele ce urmează se prezintă pe scurt activitatea, conform rapoartelor de cercetare din perioada 2011-2016. Rapoartele anuale în limba română și (cu o structură diferită) în limba engleză sunt accesibile pe site-ul [www.imt.ro](http://www.imt.ro).

<sup>131</sup> Dr. ing. **Dana Cristea** a absolvit în 1982 Facultatea de Electronică a IPB. Are doctoratul în Optoelectronică și Materiale pentru Electronică (1998, UPB). Este directorul Programului Nucleu al IMT (din 2016). A fost (2002-2008) Director Științific al IMT. Activitate științifică în dispozitive optoelectronice, circuite integrate fonice, optical-MEMS, tehnologii de integrare pentru micro-optică. Autor/coautor a peste 100 de lucrări publicate în jurnale științifice sau susținute la conferințe internaționale și publicate în proceedings și deține 5 patente. A coordonat peste 25 de proiecte naționale, participând ca responsabil pentru IMT pentru proiecte FP6 și FP7 (WAPITI, FlexPAET), a fost coordonator adjunct în MIMOMEMS (FP7) și participant în 4M, ASSEMIC (FP6). Este coordonator a două proiecte de transfer de tehnologie către industrie pentru dezvoltarea de dispozitive optoelectronice bazate pe QD's (Quantum Dots) și structuri nanoplasmonice.

*Colaborări europene remarcabile:* proiectul *NanoValid*<sup>132</sup> (2011-2015), prin Mihaela Kusko; parteneriatul cu IMEP-INP Grenoble MINATEC (aplicații biomedicale), prin Monica Simion și Melania Banu. *Rezultate deosebite:* s-a demonstrat că un substrat pe bază de nanofire de Si cu suprafața internă funcționalizată specific permite, pe de o parte utilizarea ca platformă pentru diagnosticare în tehnologia microarray conducând la discriminarea până la un singur „mismatch“ a ADN-ului, cu relevanță statistică, și pe de altă parte formează cu doturile cuantice de grafenă o heterojuncțiune „core-shell“ care prezintă o îmbunătățire remarcabilă a eficienței cuantice externe la valori care depășesc cu mult 100%. O altă cercetare, în domeniul carburii de siliciu SiC (colaborare cu UPB), a dus la senzori de gaze pe bază de condensatori MOS, cu timpi de răspuns buni și limite de detecție extraordinare pentru hidrogen.

L6 este **Laboratorul de Caracterizare Microfizică și Nanostructurare**, condus de Dr. fiz. *Miron Adrian Dinescu* (secțiunea 6.5.3). L6 susține celelalte laboratoare CD prin capacități de caracterizare experimentală constând în echipamente de vârf și personal calificat în domeniul caracterizării de materiale, procesare și structurare la scara micro și nanometrică, cum ar fi tehnici bazate pe litografia cu fascicul de electroni, EBL sau caracterizare de înaltă rezoluție a suprafețelor și interfețelor prin Microscopie de baleiaj în câmp apropiat, SPM. Colaborând cu celelalte laboratoare din IMT în cadrul proiectelor naționale sau europene, Dr. Adrian Dinescu<sup>133</sup> a avut un rol esențial în *fabricarea a numeroase dispozitive la scară nanometrică*, de cele mai multe ori reprezentând starea artei, pentru aplicații în realizarea de structuri fotonice, structuri plasmonice, dispozitive de tip fotodetectori MSM–UV, structuri SAW pentru aplicații în microunde, fabricarea de dispozitive pe bază de grafenă folosind tehnici EBL. De asemenea laboratorul a fost implicat într-un proiect național având drept scop **Fabricarea de ținte laser din membrane subțiri de nitrură de siliciu „dopate“ cu nanostructuri metalice**. Țintele urmează a fi utilizate pentru experimentări în cadrul viitoarelor infrastructuri de laseri de mare putere ELI (Extreme Light Infrastructure), în special pentru aplicații în generarea de fascicule de ioni de energii foarte înalte din interacții laser-plasma.

L9 este **Laboratorul de Nanotehnologie Moleculară**, condus de Dr. ing. *Radu Cristian Popa*<sup>134</sup>, a fost înființat în anul 2009, pornind de la necesitatea integrării cunoștințelor practice, analitice și numerice în domeniile chimiei și structurilor (supra)moleculare, materialelor funcționale, dinamicii moleculare și modelării/simulării atomistice. Principalele *competențe sunt* legate de cercetarea interdisciplinară și dezvoltarea de tehnologii pentru realizarea de materiale funcționale și de micro-nanosisteme. Menționăm: sinteză, dezvoltare și caracterizare de nanomateriale modificate fizic/chimic, cu proprietăți dedicate pentru aplicații în sensoristică, nanoelectronică și optoelectronică: filme și mezo/micro/nanostructuri carbonice, nanocompozite, și dispozitive bazate pe acestea; celule solare, dispozitive LED, electrozi transparenți; dezvoltare și caracterizare de materiale de tip III-V și heterostructuri ale acestora cu dimensionalitate redusă, cu aplicații în celule solare; investigarea analitic-numerică a fenomenelor și mecanismelor-cheie care creează proprietăți noi și/sau oferă soluții de optimizare funcțională a nanomaterialelor dezvoltate: modelare-simulare – DFT, semi-empiric DFT, dinamica moleculară, BIE – de structură electronică, mecanisme de adsorbție chimică/fizică, spectre de absorbție/emisie optică, moduri de rezonanță plasmonică.

<sup>132</sup> *Large-scale Integrating Collaborative Project, FP 7*. Domeniul: nanosafety for health and environment.

<sup>133</sup> A fost responsabil din partea IMT în M-ERA.NET, „*High photoconductive oxide films functionalized with GeSi nanoparticles at surface for environmental applications*“; „*Nanostructured and amorphous semiconductor films for sensors application*“ – bilaterală inter-academică cu Bulgaria sau colaborări cu *Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Fisica e Astronomia*, sau *INFN Frascati*, Italia.

<sup>134</sup> **Dr. Radu Cristian Popa** a absolvit în 1989 Facultatea de Electronică și Tc. a IPB. Între 1995-1998 a urmat un program doctoral la Universitatea Tokyo, iar în 1998 a primit titlul de doctor în inginerie, secțiunea „inginerie cuantică și știința sistemelor“, cu o teză în domeniul testării non-destructive prin senzori bazați pe curenți turbionari a structurilor schimbătoarelor de căldură din reactoarele nucleare. Ulterior a lucrat ca senior researcher la Science Solutions Intn. Lab., Inc., Tokyo (1998-2003), unde s-a ocupat de modelare și analiză numerică a fenomenelor și dispozitivelor complexe. Între 2003-2006 a lucrat întâi ca asociat științific la departamentul de Chimie-Fizică a Universității din Tübingen/Germania și apoi ca director de dezvoltare la firma Neurostar GmbH., Tübingen, ocupându-se de proiectare și dezvoltare de soluții hardware și software pentru sisteme integrate cu aplicații în neurochirurgie funcțională (*deep brain stimulation* pentru terapie Parkinson) și în cercetare (neuroștiințe). Radu Popa Lucrează la IMT București din 2007 și a fost principalul autor, alături de Sorin Melinte (secțiunea 6.3) al propunerii de proiect de investiții CENASIC (secțiunea 4.3.7).

**Centrul de cercetare pentru integrarea tehnologiilor – micro-nano-biotehnologii (CINTECH)**, este coordonat în prezent de director Dr. *Radu Cristian Popa* și cuprinde 3 laboratoare (L2, L8, L10);

L2 este **Laboratorul de Microsisteme pentru Aplicații Biomedicale și de Mediu** și este coordonat de către Dr. ing. *Carmen Aura Moldovan* (secțiunea 4.5.9). *Competențele* L2 sunt legate de microsenzori (senzori chimici, biosenzori și senzori mecanici), microstructuri și microelectrozi, microprobe pentru înregistrarea activității electrice a celulelor și țesuturilor, tehnologii microfluidice și integrate (siliciu, polimeri, biomateriale), procesare de semnal, achiziție de date și interfețe grafice. A realizat platforme și sisteme integrate pentru monitorizarea alimentelor și aplicații. Enumerăm rezultate în domeniile: **Micro-Nanosenzori** – Dezvoltare de microsenzori (chemorezistivi, senzori de gaz rezonanți, accelerometre, senzori ISFET, senzori bazați pe nano-fire, electrozi pentru senzori biologici, microprobe pentru înregistrarea activității electrice a celulelor); **Module și cipuri microfluidice** – platforme microfluidice: microcanale, tuburi, conectori microfluidici, rezervoare și mini-sisteme de pompare; **Platforme de senzori, Sisteme integrate** – Platforme care Integrează microsenzori cu sisteme microfluidice, cu achiziție de date, procesare de semnal și interfețe grafice, funcționând automat și autonome energetic. Remarcăm implicarea în proiecte europene<sup>135</sup>.

L8 este **Laboratorul de Tehnologii Ambientale**, condus de Dr. ing. *Ileana Viorica Cernica*<sup>136</sup>. *Competențele* colectivului sunt legate de realizarea de materiale noi nanostructurate (compozite lemn-polimer cu componente de materiale nanostructurate; materiale avansate nanocompozite cu proprietăți antibacteriene, de autocurățire cu aplicații în construcții civile). S-au proiectat și realizat fluxuri tehnologice pentru senzori (dectecție pesticide; dectecția multiplă și selectivă a unor explozibili), celule solare, inclusiv pentru spațiu sau elemente optice (microlentile, oglinzi). Activitatea acestui laborator a avut ca scop îmbunătățirea condițiilor ambientale și creșterea securității individuale și sociale (inclusiv aplicații în sănătate) și pentru up-gradarea industriilor tradiționale în scopul eficientizării acestora. Aplicațiile sunt legate de prioritățile de specializare inteligentă „securitate“, „spațiu“, „eco-nanotehnologii și materiale avansate“ etc.

L10 este **Laboratorul de Micro și Nanofluidică**, coordonat de către Dr. Fiz. *Marioara Avram*<sup>137</sup>. Acest laborator a apărut ca rezultat al proiectului de Fonduri Structurale POSCCE, O.2.1.2 Nr. 209, ID 665 (2010-2015), „Fabrică

<sup>135</sup> Proiect european în FP7: PARCIVAL „Partner Network for a Clinically Validated Multi-Analyte Lab-on-a-Chip Platform“ (2011-2014) și proiecte MNT ERA-NET: PiezoMEMS „Piezoelectric MEMS for efficient energy harvesting“, coordonat IMT sau WaterSafe „Sustainable autonomous system for nitrites/nitrates and heavy metals monitoring of natural water sources“. Participarea la un total de 5 proiecte ERA-NET demonstrează colaborarea foarte bună cu firmele.

<sup>136</sup> **Dr. ing. Ileana Cernica** a absolvit Facultatea de Electronică și Tc, secția Componente și Dispozitive Electronice, Inst. Politehnic București în 1981. A obținut titlul de doctor în specialitatea Dispozitive și Circuite Electronice în 1998. A lucrat ca inginer, peste 10 ani, în fabrica Microelectronica, în domeniul circuitelor integrate CMOS. A desfășurat activități de cercetare-dezvoltare în domeniul circuitelor CMOS și a lucrat în domeniul asigurării calității pentru circuitele integrate. Din 2000 este cercetător științific la IMT București unde coordonează proiecte de cercetare în domeniul micro-nanotehnologiilor și materialelor avansate cu aplicații în domeniile mediu, securitate și spațiu. Este evaluator în programele naționale și desfășoară activități de transfer tehnologic și asistență/veghe tehnologică. Activitatea științifică cuprinde peste 72 lucrări științifice în jurnale/conferințe internaționale, 110 rapoarte științifice, 3 cărți și este coautor la 12 patente (premiat cu argint și aur la expoziții internaționale Brussels, Geneva și Nurnberg). Membru colectiv de implementare Parcul Științific și Tehnologic pentru micro/nanotehnologii – MINATECH-RO, manager proiect Centru transfer Tehnologic în Microinginerie – CTT-Băneasa.

<sup>137</sup> **Dr. fiz. Marioara Avram** este absolventă a Facultății de Fizică (Fizică aplicată), Universitatea București în anul 1982, a doua specializare Facultatea de Automatică și Calculatoare – 1994. Devine doctor în inginerie electrică „summa cum laudae“ în 2004, la UPB. Activitatea științifică este în domeniul: micro și nanofluidicii, sistemelor lab-on-chip, bioMEMS, funcționalizări de suprafețe, senzori pentru dectecția câmpurilor magnetice slabe, procese de corodare în plasmă. M. Avram a participat în numeroase proiecte naționale ca responsabil pentru IMT, a fost implicată în primul proiect din Fonduri structurale coordonat de IMT, în domeniul microfluidicii: (POS-CCE 209 – Microfluidic factory for assisted self-assembly of nanosystems, „MICRONANOFAB“). De asemenea, activitatea științifică cuprinde lucrări publicate/prezentate în jurnale/conferințe internaționale și un număr important de brevete. M. Avram este evaluator pentru reviste internaționale de prestigiu: Sensors and Actuators A; Microelectronic Engineering; Journal of Magnetism and Magnetic Materials. Dr.

*microfluidică pentru auto-asamblarea asistată a nanosistemelor („MICRONANOFAB“), care a avut ca obiectiv realizarea până la nivel de prototip a unui sistem microfluidic integrat capabil să dozeze, să încapsuleze și să livreze la țintă, diferite substanțe pentru tratament medical. Laboratorul nou înființat a câștigat proiecte naționale și a dezvoltat: modelarea, simularea și proiectarea dispozitivelor microfluidice de tipul lab-on-a-chip pentru aplicații în diagnoze clinice și medicină regenerativă. Direcția de aplicare este legată de prioritatea națională „sănătate“. Cercetările au contribuit la: Modelare CFD (Computational Fluid Dynamics) a curgerii fluidelor Newtoniene și Ne-Newtoniene; Proiectarea dispozitivelor microfluidice pentru aplicații în diagnoze clinice și medicină regenerativă; Investigarea reologică și a curgerii fluidelor la scară micrometrică; Determinarea câmpurilor de viteze cu ajutorul sistemului lipozomilor (determinări experimentale și predicții numerice utilizând un dispozitiv microfluidic cu 3 intrări și o ieșire); Transportul molecular în dispozitive microfluidice: Sistem magnetoforetic pentru detecția biomoleculilor marcate magnetic; sisteme magnetoforetice active pentru separarea celulelor prin câmpuri magnetice.*

**Centrul de cercetare-dezvoltare pentru nanotehnologii și nanomateriale bazate pe carbon (CENASIC)** este coordonat de către Dr. ing. *Mircea Dragoman* (v. secțiunea 4.5.4) și cuprinde L5 și L7, dar și alte laboratoare nou înființate, ca *laboratoare experimentale*, fără personal propriu.

L5 este **Laboratorul de Simulare, Modelare și Proiectare Asistată de Calculator** și este coordonat de către Dr. ing. *Raluca Müller* (notă biografică în secțiunea 4.5.11). L5 a avut un rol de suport pentru activitățile de proiectare/simulare necesare întregului institut<sup>138</sup>. În plus cercetătorii au dezvoltat tehnici de rapid prototyping, microsenzori și actuatori MOEMS și MEMS, și au efectuat cercetări pentru clase noi de materiale avansate cu aplicații în nanodispozitive (filme subțiri și nanostructuri din materiale semiconductoare oxidice). S-a realizat proiectarea, modelarea și simularea sistemelor micro-electro-mecanice (MEMS) și microfluidice; modelare și simulare pentru probleme multifizice; analize mecanice, termice, electrice, piezoelectrice și analize cuplate (statice și tranziente); analize microfluidice de tip CFD, difuzie, mixing, electrocinetice, interacțiune fluid-structură, realizare de senzori și actuatori MEMS și microfluidici.

L7 este **Laboratorul de Fiabilitate**. A fost condus de Dr. ing. *Marius Băzu* (șef de laborator până la pensionare, în 2016). O notă biografică apare în secțiunea 4.5.1. Laboratorul continuă tradiția ICCE în domeniu. *Competențele* echipei erau legate de testarea accelerată a micro și nanostructurilor (cu utilizarea solicitărilor simple sau a unor solicitări combinate, la mai mulți factori de solicitare simultan, care simulează mai fidel situația reală și permit o accelerare mai mare a încercărilor); Analiza și fizica defectelor și defectărilor; Analiza fiabilității prototipurilor virtuale. Laboratorul dispune de o gamă largă de echipamente pentru testări de fiabilitate, dar și echipamente electronice de înaltă performanță (dotarea sa a fost complet reînnoită în ultimul deceniu). Potențialul L7 este de bun augur pentru valorificarea creșterii și este apreciat de partenerii externi<sup>139</sup>.

#### 4.3.7 CENASIC – o nouă infrastructură experimentală și un centru de cercetare specializat în nanomateriale bazate pe carbon

Marioara Avram a primit mai multe medalii de aur la expozițiile de invenții de la Geneva, Bruxelles, Barcelona, București, dintre care amintim invenția „Procedeu de fabricație pentru un magneto-tranzistor cu valva de spin“, premiată la Geneva, 2007 and EUREKA, Brussels 2008.

<sup>138</sup> *Laboratorul de Simulare, Modelare și Proiectare Asistată de Calculator*, dispune de o sală pentru training cu o rețea de calculatoare, utilizată în special pentru laboratoare cu studenții și masteranzii UPB, Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației. În dotare sunt servere performante și numeroase pachete software (ANSYS, COVENTOR, COMSOL etc.).

<sup>139</sup> Dintre colaborările internaționale trebuie menționată implicarea în proiectul **FP6 PATENT DfMM – Design for Micro & Nano Manufacture (Packaging, Test and Reliability Engineering in Micro & Nanosystem Technologies)**; Colaborare cu Centrul de Fiabilitate al Institutului KETI, Republica Coreea; Colaborare cu firma FEI (Olanda) – realizarea unor analize termice de mare precizie, cu microscopul IR. De asemenea, laboratorul este implicat în proiecte ESA, cum ar fi: participanți în proiectul coordonat de către laboratorul L8, proiect cu Agenția Spațială Europeană (ESA – European Space Agency) intitulat *PROBA-3 ASPIICS OPSE HARWARE – Contract No. 400011522/14/NL/GLC*; proiectul „*Atypical Reliability Testing*“ – Contract No. 4000116436/16/NL/CBi.

**„Centrul de cercetare pentru nanotehnologii dedicate sistemelor integrate și nanomaterialelor avansate pe bază de carbon“** (CENASIC) a devenit operațional (clădire cu „cameră albă“, echipamente tehnologice, alte laboratoare) în noiembrie 2015 și a fost prezentat public la „Ziua Porților Deschise“ organizată de IMT la data de 14 decembrie 2015. Construcția noului centru a fost finanțată prin fonduri structurale (contract semnat la data de 28 septembrie 2010)<sup>140</sup>. Durata inițială a contractului a fost de 3 ani dar acesta a fost finalizat după mai bine de 5 ani. Între timp, importanța „nanomaterialelor bazate pe carbon“, fusese confirmată prin *acordarea Premiului Nobel pentru Fizică în 2010 pentru „lucrări revoluționare asupra grafenei“*. Grafena, strat monoatomic de atomi de carbon, era una din „șintele“ proiectului CENASIC. *La acea dată IMT utilizase deja grafena pentru realizarea unor circuite de înaltă frecvență*<sup>141</sup>.

Pe măsură ce proiectul CENASIC se apropia de finalizare, IMT și-a intensificat activitatea de diseminare, inclusiv în cadrul unor evenimente internaționale, cum a fost participarea României la expoziția „Solar Decathlon“ de la Versailles (Franța), unde Ambasada României la Paris a organizat la data de 9 iulie 2014 „Ziua României“ pentru a prezenta realizări de vârf ale cercetării românești, așa după cum se arată într-un articol<sup>142</sup> reproducem mai jos un fragment:

***CENASIC deschide noi direcții de cercetare și dezvoltare. CENASIC este acronimul folosit pentru „Centrul de Cercetare pentru Nanotehnologii dedicate Sistemelor integrate și Nanomateriale avansate pe bază de Carbon“.*** *Din punctul de vedere al strategiei IMT, noul centru urmează să consolideze activitatea institutului în „nanotehnologii“ și „materiale avansate“, conturând și mai clar rolul IMT ca „platformă tehnologică de integrare a TGE“. Serviciile complexe oferite de CENASIC vor diversifica portofoliul IMT-MINAFAB. Centrul își propune abordarea unor noi direcții de cercetare, valorificarea potențialului uman și formarea unor specialiști tineri, cooperarea cu specialiști din străinătate, participarea în proiecte complexe, cu precădere la cele europene, valorificarea rezultatelor cercetării cu parteneri industriali regionali, precum și menținerea și coordonarea rolului jucat de cercetarea interdisciplinară europeană în domeniul micro/nanotehnologiilor integrate. Concret, proiectul trebuie să asigure menținerea a cel puțin 33 de poziții în activități CD și crearea a cel puțin 10 posturi noi. Vor fi formați pentru acest domeniu 20 de cercetători tineri, din IMT și din afara acestuia. Cele 3 direcții principale de cercetare ale proiectului includ tehnologii axate pe carbura de siliciu, grafenă și respectiv diamant nanocristalin, vizând dezvoltarea de noi aplicații, cu precădere în domeniul nanoelectronicii pe bază de carbon, heterostructuri tip grafenă/semiconductori, senzori și materiale pentru nanofotonică. CENASIC pune un accent important pe integrarea resurselor umane și asigurarea unui mediu de cercetare și educație de un înalt nivel tehnico-științific.*

*Noua facilitate este adaptată pentru a se alătura eforturilor depuse în industrie și mediul academic prin dezvoltarea facilităților dedicate într-o nouă clădire de 4 etaje cu o suprafață de circa 1000 mp incluzând spații specifice camerei albe, laboratoarelor și birourilor. O suprafață de 200 mp va fi ocupată de o nouă cameră albă, incluzând echipamente avansate pentru sinteză, procesare și caracterizare. Cele 8 noi laboratoare amplasate în noua infrastructură sunt concepute pentru crearea unui flux tehnologic complet în scopul dezvoltării produselor și serviciilor propuse în proiect..... Echipamentele de ultimă generație (cuptoare multiproces, sistem de depuneri în ultravid cu caracterizare integrată, depunerea straturilor monoatomice sau epitaxie cu fascicul molecular) vor completa actuala infrastructură IMT-MINAFAB. În urma implementării proiectului, noul centru va oferi servicii complexe asociate laboratoarelor noi, printre care proiectare, micro- și nanoprocesare, servicii de caracterizare pentru materiale complexe pe bază de carbon.*

<sup>140</sup> Proiectul de infrastructură CENASIC a fost finanțat din fonduri structurale. Propunerea de proiect a fost redactată în principal de Dr. Radu Popa (în prezent Director în IMT) și Dr. Sorin Melinte (la vremea respectivă colaborator al IMT, a se vedea secțiunea 6.9). Rolul CENASIC în cadrul IMT a fost explicat într-un interviu apărut în Market Watch în 2010 (Alexandru Batali, „Nanomateriale bazate pe carbon – noul front high-tech pentru IMT București“, Market Watch, Numărul 131, Decembrie 2010, interviu cu acad. Dan Dascălu, Director general al INCD-Microtehnologie).

<sup>141</sup> Mircea Dragoman „Circuite de înaltă frecvență realizate pe un singur strat atomic“, Market Watch, Numărul 127, Iulie-August 2010.

<sup>142</sup> Dan Dascălu, Alexandru-Cosmin Obreja (IMT București) „CENASIC întărește rolul IMT de platformă tehnologică de integrare a Tehnologiilor Generice Esențiale“, Market Watch, Numărul 167, Iulie-August 2014.

Facilitatea experimentală CENASIC a fost lansată oficial în decembrie 2016<sup>143</sup>. Fig. 4.7 reprezintă o imagine din „camera albă” a noii facilități (în fundal – instalația de epitaxie cu fascicul molecular).

Fig. 4.7 Dr. Fiz. *Adrian Dinescu* (dreapta spate), în prezent Director general al IMT (v. secțiunea 4.5.3), a coordonat elaborarea specificațiilor tehnice, achiziția și instalarea echipamentelor, construcția camerei albe. Dr. Ing. *Raluca Müller* (dreapta față), la vremea respectivă Director general (v. secțiunea 4.5.10), a coordonat execuția proiectului, cu ajutorul directorului de proiect Dr. Ing. *Lucian Gălățeanu* (stânga spate). Dr. Ing. *Mircea Dragoman* (stânga față, v. secțiunea 4.5.4) s-a ocupat de coordonarea colectivului de cercetători, iar Acad. *Dan Dascălu* (mijloc, spate) s-a ocupat (până în 2017) de strategia centrului de cercetare.

#### 4.3.8 TGE-PLAT – platforma care oferă accesul firmelor la un număr de tehnologii generice esențiale (TGE)

La data de 7 noiembrie 2016 a avut loc la Biblioteca Academiei Române din București lansarea proiectului



Echipe de management/implementare a proiectului CENASIC: de la stânga la dreapta, sus: Dr. Lucian Gălățeanu (director proiect), Acad. Dan Dascălu, Dr. Adrian Dinescu, jos: Dr. Mircea Dragoman, Dr. Raluca Müller (director general IMT)

„Parteneriat în exploatarea tehnologiilor generice esențiale (TGE) utilizând o platformă de interacțiune cu întreprinderile competitive”, beneficiar IMT București, proiect finanțat din programul de fonduri structurale POC CDI<sup>144</sup>. La lansarea proiectului au participat nu mai puțin de 26 de firme, interesate de un domeniu relativ îngust, cel al componentisticii realizate prin micro și nanofabricație. Director de proiect este Dr. ing. *Raluca Müller*. Proiectul pune la dispoziție la adresa [www.imt.ro/TGE-PLAT](http://www.imt.ro/TGE-PLAT) un portal cu informație publică, dar și o pagină cu acces controlat accesibilă firmelor potențial beneficiare. Proiectul, cu durata de 5 ani și bugetul de aproximativ 3 milioane de euro, susține o colaborare diversă cu firmele, cărora le oferă consultanță, servicii, instruire, execuție de cercetare

la cerere, colaborare în activități CD ș.a.

Prioritatea de specializare inteligentă vizată de TGE-PLAT este domeniul 2, „**TIC, spațiu, securitate**”, identificat de Strategia Națională CDI (2014-2020), dar și de Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă a României (până în 2030). Este vorba, de fapt, de trei domenii **high-tech** concentrate într-unul singur, domenii care sunt **finanțate pentru prima oară** (2014-2020) prin programele de fonduri structurale dedicate României. Conform Strategiei Naționale pentru Competitivitate, SNC (2014), prioritatea de mai sus are impact în următoarele sectoare industriale: Tehnologia Informației și a Comunicațiilor, Industria auto și componente, Energie și management de mediu.

**Caracterul specific** al propunerii de proiect prezentate aici este legat de **utilizarea unui grup de Tehnologii Generice Esențiale (TGE)** de care dispune IMT (concret este vorba de **micro-nanoelectronică, micro-nanofotonică, nanotehnologie**). După cum am aratat deja în secțiunea 6.2.2, aceasta corespunde orientării strategice din „Orizont 2020”: UE consideră că își poate asigura competitivitatea prin tehnologii generice esențiale (TGE, în original KET = Key Enabling Technologies). Aceste tehnologii au un mare potențial inovativ. Ele nu sunt specifice unui anumit domeniu de aplicație (de aceea sunt numite „generice”). Impactul lor asupra progresului tehnologic și realizării de noi produse este și mai mare atunci când două sau mai multe TGE sunt folosite în combinație. Tehnologiile „generice” sunt versatile și extrem de eficiente în abordarea de către IMM-urile

<sup>143</sup> Raluca Müller, Adrian Dinescu, Mircea Dragoman, Radu Popa, Dan Dascălu „*IMT relansează ofensiva high-tech via CENASIC: Un centru performant de nanotehnologie și nanomateriale bazate pe carbon*” (cover story), Market Watch, Nr. 182 (februarie-martie 2016), 22 martie 2016.

<sup>144</sup> Dan Dascălu „*Lansarea TGE-PLAT, un proiect de exploatare a tehnologiilor generice esențiale, atrage interesul considerabil al întreprinderilor*”, Market Watch, Nr. 189 (noiembrie 2016), 21 noiembrie 2016.



inovative a unor nișe de piață. Firmele trebuie însă asistate de către instituții de cercetare care cercetează și dezvoltă aceste TGE folosind infrastructura experimentală și competențele adecvate. În această concepție, considerată vitală pentru UE, regăsim esența propunerii TGE-PLAT.

**Lansarea proiectului**, desfășurată în cadrul ospitalier al Bibliotecii Academiei Române a atras o audiență variată (peste 90 de participanți). Fără cuvântări ale oficialităților, dar cu prezentări tehnice la obiect și cu o interacțiune directă între cercetători și firme, evenimentul poate fi considerat un succes. Organizarea în tandem a evenimentului de presă și a celui tematic, pe fundalul unei minixpoziții a cercetătorilor din IMT, s-a dovedit inspirată. Reprezentanții presei au rămas la evenimentul tematic (cu caracter științific), s-au discutat în plen problemele concrete ale participării firmelor (sesiune de întrebări și răspunsuri la care au participat și reprezentanți ai OI/POC-CDI), cercetătorii din IMT au oferit detalii în fața standurilor cu exponate și materiale documentare.

De altfel, întâlnirile ulterioare cu firmele, în cursul anului 2017 au confirmat amploarea interesului firmelor pentru utilizarea noilor tehnologii. Concret, oferta IMT este legată de:

- **Microsenzori** (de temperatură, bio-chimici, optici, de presiune) pentru detecția/identificarea persoanelor, a explozivilor/drogurilor etc., utilizabili în medii agresive și ostile, cu grad ridicat de pericolozitate, în subdomeniile: „2.1 TIC (2.1.2 Internetul viitorului); 2. Spațiu, 2.3. Securitate (TGE utilizate sunt micro-nanoelectronică și nanotehnologii).
- **Componente fotonice** și sisteme cu aplicații în spațiu și securitate (subdomeniile 2.2, 2.3), anume: (1) Tehnologii pentru detectori pentru diverse domenii spectrale (UV, VIS, NIR, SWIR... Far-IR); (2) Componente optice difractive cu profil 3D; (3) Componente optice/microoptice adaptive (TGE folosite sunt fonică și nanotehnologii).
- **Dispozitive și sisteme pentru unde milimetrice**, submilimetrice și în domeniul Terahertzilor – pentru domeniile: „2.2. Spațiu, 2.3. Securitate“ (TGE: micro- nanoelectronică și nanotehnologii).

Derularea cu succes a proiectului TGE-PLAT<sup>145</sup> are o **importanță strategică pentru IMT București**<sup>146</sup>. La două decenii de la formarea institutului național, resursele umane și infrastructura acestuia, nu în ultimul rând experiența câștigată în colaborările europene (inclusiv în colaborarea cu firme de mare prestigiu), pot fi folosite în beneficiul întreprinderilor autohtone. Este importantă **concentrarea geografică** a acestor întreprinderi (Regiunea de Dezvoltare București-Ilfov) și **focalizarea** interesului pe tematica de „**securitate**“, conform specializării inteligente din Planul Național CDI în derulare.

### 4.3.9 Participare de excepție la programele europene

(cel mai bun institut național, 2011).

În PC6 IMT a coordonat trei proiecte suport care au implicat rețele de organizații din România (ROMNET-ERA), din estul Europei (MINAEAST-NET) și din întreaga Europă (MINOS-EURONET). Ultimele două au fost focalizate pe micro-nanotehnologii (respectiv micro-nanosisteme). Aceste proiecte au facilitat integrarea în ERA (European Research Area) a organizațiilor de cercetare din România și au contribuit la vizibilitatea IMT și la atragerea acestuia în proiecte europene de cercetare. Amploarea ultimului proiect (cu 18 parteneri, majoritatea din vestul Europei) poate fi întrezărită aruncând o privire pe site-ul <http://www.minos-euro.net/>. IMT a mai fost implicat și în alte 12 proiecte din PC6, o treime dintre acestea fiind rețele de excelență (și acestea au facilitat

<sup>145</sup> În anul 2017 s-a organizat o primă selecție și au fost finanțate din bugetul proiectului primele proiecte CD care susțin colaborarea dintre IMT și firme.

<sup>146</sup> **Ce altă șansă există de a deschide acces la fabricație, eventual printr-o finanțare europeană?** CE a finanțat deja linii pilot (în parteneriat public-privat). Există șansa de a accesa, prin proiecte în consorțiu (facilități care vor fi utilizate în comun) finanțarea așteptată pentru linii pilot multi-TGE..... În 2014 IMT a fost cooptat de un consorțiu foarte puternic pentru o rețea avansată de nanofabricație, dar nu a câștigat decât ... experiență, deoarece propunerea respectivă (EUMINAfab 2) nu a fost finanțată de CE. Alte oportunități (care nu ar face decât să crească probabilitatea României de a intra în consorții europene) ar fi o investiție din fonduri structurale sau, de ce nu, o investiție privată a unei multinaționale“. Despre perspectiva domeniului în România se vorbește și în capitolul 10 al **SRMN 2018** (op. cit.).



contactele IMT în aria sa de interes). A fost un prilej de a constata importanța excepțională pe care a avut-o orientarea din start a domeniului de activitate al institutului către tematici de interes în UE (așa cum arătat deja în secțiunea 6.1.2).

Fapt este că *succesul IMT în PC6 este cu atât mai remarcabil cu cât a fost înregistrat într-o perioadă în care institutul dispunea de o infrastructură experimentală învechită. Calitatea cercetătorilor a fost mai importantă. Îmbunătățirea bazei materiale a cercetării se reflectă abia în participarea la PC7. Deși numărul total al proiectelor este mai mic decât în PC6, numărul proiectelor efective de cercetare a crescut și printre ele sunt două proiecte de mare anvergură (large-scale integrating, collaborative projects). La cele de mai sus se adaugă un număr egal de proiecte desfășurate în programe europene finanțate în paralel cu PC7, dintre care trebuie menționate patru proiecte în programul de mare anvergură JTU ENIAC (Joint Undertaking în Nanoelectronics, parteneriat public privat)<sup>147</sup>. Succesul politicii IMT de cooperare europeană este sintetizat într-un articol recent<sup>148</sup>, cităm: *Un bilanț făcut în vara anului 2016 arată faptul că IMT (INCD Microtehnologie) a semnat contracte în valoare totală de 5 milioane de euro în principalele „programe” europene de cercetare (Programele Cadru 6 și 7, Orizont 2020). Majoritatea covârșitoare a acestor contracte au demarat într-o perioadă de un deceniu, care începe în 2004, odată cu derularea primelor contracte din PC 6. Succesul cel mai substanțial al institutului coincide însă cu participarea la PC 7 (2007-2013). Un bilanț intermediar (Raportul pentru Inovare al Comisiei Europene, Anexa România, 10 iunie 2011) poziționa IMT într-un pluton fruntaș privind fondurile europene de cercetare, fiind după acest criteriu cel mai performant institut național (INCD). Ceva mai târziu, „Agenda Digitală” a CE plasa IMT, în același context, drept cel mai bun institut din România în domeniul Științei și Tehnologiei Informației, dezvăluind și faptul că participarea IMT a fost focalizată pe domeniul micro- și nanosistemelor. Fapt este că participarea la PC6 și PC7 constituie **una din cele mai remarcabile reușite ale institutului**. IMT și-a adus o anumită contribuție la plasarea României pe harta științifică a Europei (o țară care a devenit „frecventabilă”). Imaginea institutului pe plan intern și extern a avut și ea de câștigat. Implicarea în cooperarea europeană a cercetătorilor din diverse generații le-a adus un plus de experiență și încredere în propriile forțe.**

#### 4.3.10 CAS își continuă evoluția sub egida Academiei Române<sup>149</sup>

*„Lucrurile bine concepute au șansa de a rezista în timp. Conferința Anuală de Semiconductori, organizată de către ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice) în 1978 și desfășurată după bunele practici existente în lume și-a dovedit vitalitatea și după ce România a ieșit din izolare (în 1990)<sup>150</sup>. Evenimentul se pregătește acum să își sărbătorească a 40-a ediție (Sinaia, 11-14 octombrie 2017)<sup>151</sup>. Site-ul conferinței,*

<sup>147</sup> **Cooperarea europeană desfășurată în IMT** este ilustrată de un document pregătit de conducerea institutului pentru evaluarea instituțională din 2012, sintetizând participarea la proiectele europene din cei 10 ani anteriori. Sunt listate proiectele din PC6 (2003-2006) la care IMT a fost coordonator sau partener, precum și proiectele din PC7 (începând cu 2007) și din programele europene desfășurate în paralel. A se vedea prima parte a istoriei IMT, capitolul IV I redactat de Raluca Müller în lucrarea Nona Millea (coordonator) „*Electronica românească. O istorie trăită. vol. 5 Industria de componente. Alte unități*”, Editura AGIR (în curs de apariție) precum și secțiunea 4.4 din Dan Dascălu, „*Retrospectiva IMT*” accesibilă la adresa [www.imt.ro/retro20](http://www.imt.ro/retro20).

<sup>148</sup> Dan Dascălu, Alexandru Müller, Carmen Moldovan, Gabriel Moagar-Poladian „*IMT București: 10 ani de proiecte europene*”, Market Watch, Nr. 192 (martie 2017), 23 martie 2017. În acest articol sunt explicați și factorii-cheie ai acestei „istorii de succes”. Apar și „microinterviuri” cu cercetătorii implicați în acest moment în astfel de proiecte (v. mai departe în text).

<sup>149</sup> În continuare reproducem largi extrase din articolul Dan Dascălu „*Conferința Anuală de Semiconductori (CAS) își sărbătorește, sub egida Academiei Române, a 40-a ediție*”, Revista Academica, Nr. 9, septembrie 2017, Anul XXVII, 323, pp. 42-45.

<sup>150</sup> Pentru începuturile conferinței se va consulta subcapitolul 3.2 redactat de către Dr. ing. Marius Băzu.

<sup>151</sup> Ediția 2017, al 40-lea eveniment anual, într-o derulare neîntreruptă, se bucură de un record de 18 comunicări invitate – din Belgia, Canada, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Marea Britanie, (Republica) Moldova, România, Spania, Suedia. Între timp s-a desfășurat și această ediție, despre care apare o relatare în articolul: Raluca Müller, Claudia Roman „*Conferința Anuală de Semiconductori «CAS» a aniversat cea de a 40-a ediție*”, Market Watch, Nr. 198 (octombrie 2017), 26 octombrie 2017.

*www.imt.ro/CAS plasează această manifestare sub egida Academiei Române. .... CAS nu a fost numai conferința institutului de profil, ci și o platformă de interacțiune a cercetătorilor cu cadrele didactice și doctoranzii din Institutul Politehnic București, precum și cu colegii din IPRS-Băneasa, cărora li s-au alăturat ulterior cei din întreprinderea Microelectronica. Era o epocă a comunicării între educație-cercetare-producție (ceea ce am numi acum „triumghiul cunoașterii“) la care ne gândim cu nostalgie astăzi, când industria românească de semiconductori este o amintire. Perioada 1987-1989, când schimbările pluteau în aer, a fost una deosebită pentru această comunitate a celor care lucrau în domeniu“.*

**„O tranziție lină.** La sfârșitul anului 1996, ICCE a fuzionat cu IMT (Institutul de Microtehnologie), formând Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie (IMT București). Noul institut a „moștenit“ de la ICCE și conferința CAS, cu comitetul său de organizare, experiența și contactele aferente. Deși noul institut avea o nouă conducere și un nou obiect de activitate, ediția a 20-a (cu caracter aniversar) s-a desfășurat „ca mai înainte“. După 1997 funcția de Președinte al Conferinței a fost preluată de către Directorul general al IMT (autorul articolului de față)<sup>152</sup>, dar conducerea Comitetului de program a fost asigurată de către Universitatea „Politehnica“ București, prin Prof. dr. ing. Adrian Rusu, m.c. al Academiei Române (Președinte) și Prof. dr. ing. Gh. Brezeanu (Vice-Președinte). Prof. Adrian Rusu (șeful Catedrei de specialitate din Politehnică), o personalitate remarcabilă în domeniul dispozitivelor semiconductoare, cu două monografii originale publicate în Editura Academiei, fusese un colaborator apropiat al lui Constantin Bulucea, fondatorul CAS și avea deja o experiență îndelungată în gestionarea activităților Comitetului de Program. A fost fără întrerupere Președintele Comitetului de Program CAS până la dispariția sa prematură (noiembrie 2012).

*Desigur, pentru supraviețuirea conferinței a fost importantă nu numai organizarea internă, ci și numărul participanților și calitatea lucrărilor. Deschiderea spre exterior a fost menționată deja anterior (eveniment internațional din 1991 și egida IEEE din 1995). Problema a fost aceea de a menține atractivitatea acestui eveniment desfășurat anual în același loc.*

**Efectul participării la proiectele europene.** După 1997 s-au schimbat unele lucruri în desfășurarea CAS. Profilul tematic al Conferinței a fost lărgit la cel de „micro- și nanotehnologii“, menținându-se direcțiile tradiționale de dispozitive semiconductoare și circuite integrate semiconductoare. Aceasta a corespuns profilului de activitate al noului institut, care ținea seama de noile tendințe apărute pe plan european. Realitatea este că ieșirea din circuitul productiv al întreprinderii Microelectronica S.A. la începutul anilor '90, ca și dificultățile cu care s-a confruntat IPRS (devenită Băneasa S.A.) în cei câțiva ani înainte de intrarea sa în faliment, sau desprinderea liniei de microproducție din ICCE au făcut ca cercetarea experimentală din România legată de industria de semiconductori să devină fără obiect. Pe de altă parte, orientarea spre micro- și nanosisteme a permis participarea IMT la numeroase proiecte internaționale din programele europene PC6 și PC7: participanții la aceste proiecte, inclusiv din străinătate, au început să își comunice o parte din rezultate la CAS. Venirea străinilor la conferința românească a fost stimulată și de organizarea unor evenimente satelit ale CAS, finanțate prin proiectele respective. Proiectele europene respective, în care a fost implicat IMT, au avut următoarele acronime: WAPITI (STREP), PATENT (NoE), 4M (NoE), AMICOM (NoE), INTEGRaplus (IP), MEMS-4-MMIC (STREP), SMARTPOWER (IP), MIMOMEMS (CSA), SOI-HITS (IP), NANOCOM (ENIAC)<sup>153</sup>

**„Modelul IEEE.** În anul 2013 autorul prezentului articol a coordonat organizarea European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC), o conferință al cărui profil științific coincide cu aproximație cu cel al CAS. Câteva explicații sunt necesare. ESSDERC a ajuns în 2017 la a 47-a ediție, dar una singură s-a desfășurat până acum în estul Europei, cea din anul 2013, la București. ESSDERC se organizează în paralel și în interacție cu ESSCIRC (European Solid-State Circuits Research Conference). Coordonarea ediției ESSCIRC de la București a revenit unui român din diasporă (Andrei Vladimirescu, University of California at Berkeley). Nu este un secret faptul că un alt român (Sorin Cristoloveanu<sup>154</sup>, ENSERG-IMEP, Grenoble) coordona la vremea respectivă

<sup>152</sup> Ultima ediție coordonată de către Dan Dascălu ca Președinte al Conferinței a fost CAS 2016. A colaborat excelent cu ing. Cristina Buiculescu, care a funcționat ca Manager al Conferinței până în 2017.

<sup>153</sup> Deosebit de eficiente au fost proiectele cu număr mare de participanți: rețelele de excelență (NoE, Network of Excellence) și proiectele integrate (IP, Integrated Project). Precursorul acestui gen de activități a fost proiectul european MEMSWAVE, coordonat de către IMT (1997-2000), care a avut întâlnirea finală de proiect în paralel cu CAS 2000, ocazie cu care s-a bucurat de o apreciere deosebită din partea Comisiei Europene (reprezentată prin Dirk Beernaert, Head of unit).

<sup>154</sup> În subcapitolul 6 apar note biografice ale lui Andrei Vladimirescu și Sorin Cristoloveanu.

*Steering Committee al dublei conferințe ESSDERC/ESSCIRC. În România un neobosit promotor și sponsor al ediției de la București a fost Infineon Technologies România*<sup>155</sup>.

*„Conferința de mai sus a furnizat pentru CAS modelul după care s-a gestionat electronic evaluarea lucrărilor propuse și interacțiunea cu IEEE. Implementarea, la edițiile 2013-2016, s-a făcut cu ajutorul unei firme de specialitate din SUA, cu un plus de eficiență, inclusiv în indexarea lucrărilor prin IEEEExplore. Ediția 2016 a conferinței a beneficiat și de publicarea în extenso a unor comunicări într-un număr special al ROMJIST (Romanian Journal for Information Science and Technology) publicație ISI care este editată de către Academia Română, cu sponsorizarea IMT (a se vedea [www.romjist.ro](http://www.romjist.ro))”*. Practica a fost reluată în 2017.

*„Desigur, organizarea Conferinței de la Sinaia în deplină conformitate cu standardele IEEE nu este suficientă pentru a asigura și succesul acesteia: concurența cu alte evenimente este din ce în ce mai aprigă, iar un eveniment cu locație fixă este din ce în ce mai vulnerabil. Comitetul de Program este conștient de faptul că organizarea în continuare a unei conferințe cu o participare internațională substanțială rămâne o provocare. Să îi urăm succes!”*

#### 4.3.11 În loc de încheiere

Înceiem subcapitolul 4.3 dedicat Institutului de Microtehnologie, cu un pasaj din articolul citat la început (Dan Dascălu „O sămânță care a rodit”, *Academica*, Nr. 5-6, mai-iunie 2017, Anul XXVII, 319-320, pp. 36-38). „**Cum este văzut în prezent institutul pe plan mondial?** De mai bine de două decenii, la inițiativa Japoniei, a fost organizată *World MicroMachine Summit (MMS)*<sup>156</sup>, manifestare anuală dedicată domeniului MEMS (v. mai sus). Este vorba de reuniune științifică internațională la care se participă numai pe bază de invitație și la care se prezintă și rapoarte „de țară” sau rapoarte pentru activitatea în domeniu într-un grup de țări (de ex. Țările de Jos, sau țările din Peninsula Iberică). Evident, sunt reprezentate numai anumite țări sau grupuri de țări. În ultimii zece ani (2007-2016) România, prin IMT, a fost singura țară participantă din estul Europei. La ediția 23 (Barcelona, 15-17 mai 2017) România a adus în „suita” sa Polonia și – simbolic – câteva țări din bazinul dunărean”<sup>157</sup>.

#### 4.4 Laboratorul de cercetare Honeywell România (Octavian Buiu<sup>158</sup>)

Laboratorul de cercetare Honeywell a fost înființat în anul 2003, fiind parte din Honeywell România SRL (condusă, în perioada 1999-2008, de către dl. Ing. Gheorghe Tucu – <https://www.linkedin.com/in/gheorghe-tucu-304a8211/> – al cărui sprijin în înființarea și operaționalizarea laboratorului a fost deosebit de important). Cele

<sup>155</sup> Dan Dascălu „Premieră estică: România a organizat Conferința internațională de nanoelectronică ESSDERC/ESSCIRC”, *Market Watch*, Nr. 159 (octombrie-noiembrie 2013), 28 octombrie 2013.

<sup>156</sup> De reținut faptul că termenul de „micromachining” are semnificația de „microprelucrare” și este specific „microtehnologiilor”. Ulterior conținutul evenimentului a fost legat de micro- și nanotehnologii, micro- și nanosisteme. Ultima ediție a folosit termenul de **World Smart Systems and Micromachine Summit (SNN 2017)**, iar sesiunile științifice propriu-zise au avut ca tematică preferențială *Micro- and Nano systems for Smart Cities Applications*. Nu este exclus ca în 2023, acest Summit care este organizat succesiv în Asia, America, Europa să aibă loc în România!

<sup>157</sup> Prezentarea făcută de către Dr. Adrian Dinescu, Directorul general al institutului, este accesibilă la adresa <http://mms2017.imb-cnm.csic.es/index.php>.

<sup>158</sup> Sunt preluate fragmente din prezentarea făcută de către Octavian Buiu în secțiunea 8.3 din volumul **Școala românească de micro- și nanoelectronică** citat anterior. **Despre autorul acestei secțiuni.** Octavian Buiu este absolvent (1987) al Facultății de Fizică, Secția Fizică Tehnologică (Universitatea București) și doctor în fizică al Universității „Babeș Bolyai” din Cluj (1998). Are o experiență de peste 30 de ani de lucru în cercetare-dezvoltare și mediu academic, în instituții de stat și private: inginer stagiar (IRNE Mioveni), cercetător științific și cercetător științific gradul III (ICCE, IMT), cercetător asociat și cercetător senior (Universitatea din Liverpool și Universitatea De Montfort – Marea Britanie), lector (Departamentul de Ing. Electrică și Electronică, Universitatea din Liverpool). Pe lângă activitatea de cercetare, Octavian a îndeplinit și funcții de management: director departament cercetări multidisciplinare și director științific (IMT, 1993-1997), portofolio manager (Honeywell România, Lab. de Senzori; 2007-2014) și Senior Technology Manager (Honeywell România, Lab. de Senzori; 2014-2017). Are peste 70 de articole ISI publicate, 20 de patente EU și SUA acordate, precum și mai mult de 100 de articole și prezentări la conferințe naționale și internaționale.

două personalități implicate nemijlocit în înființarea laboratorului au fost *Cleopatra Căbuz*<sup>159</sup> și *Cornel Cobianu*<sup>160</sup>..... Pentru Honeywell, o perioadă de coagulare și dezvoltare – inclusiv pe latura cercetării, inovării și ingineriei – începe odată cu numirea (Februarie 2002), în funcția de Director Executiv și președinte al Consiliului de Administrație a lui David M. Cote. Formarea și dezvoltarea laboratorului din București (parte dintr-un laborator Honeywell global – denumit „Sensors and Wireless“ – și cu locații în Minneapolis, Praga și Nanjing (ulterior la Shanghai)) este strâns legată de perioada „Cote“, care formal a încetat în aprilie 2016.

Laboratorul global – inclusiv grupul din România – a fost atașat, din punct de vedere organizatoric, unui grup strategic de business (SBU) denumit „Automation and Control Solutions“, regăsindu-se în organigrama acestui grup până în anul 2016 când acesta a fost re-organizat. Misiunea principală a laboratorului de senzori a vizat – în primul rând – dezvoltarea unei capacități de cercetare-dezvoltare și inovare, care să participe la dezvoltarea portofoliului Honeywell în domeniul materialelor, dispozitivelor și sistemelor folosite pentru dezvoltarea de senzori, echipamente inteligente de protecție și monitorizare (la nivel de utilizator, utilaje și procese complexe), generare energie verde și monitorizare mediu. ....

Cum era de așteptat, primii pași au fost făcuți către extinderea echipei; un prim „val“ de ingineri electroniști, cu experiență în electronica aplicată și/sau tehnologii fabricație dispozitive electronice au fost angajați: *Ioan Pavelescu, Ion Georgescu, Mihai Mihăila, Viorel Avramescu*. A urmat dezvoltarea colaborărilor cu Universitatea „Politehnica“ București (*Ștefan Voicu*) și Universitatea din București (*Mircea Bercu*). De-a lungul anilor, procesul de recrutare a celor mai buni cercetători și dezvoltarea unei echipe cu puternic caracter multidisciplinar (chimie – *Bogdan Cătălin Șerban, Cristian Diaconu*; matematică – *Mihai Gologanu*; fizică – *Viorel Dumitru, Octavian Buiu*; electronică – *Dana Guran, Marius Voicu, Andrei Bălan, Cazimir Bostan, Mihai Brezeanu, Ștefan Costea*, știința materialelor – *Alisa Stratulat*) au reprezentat priorități ale conducerii Laboratorului, iar o mare majoritate a celor angajați a fost reprezentată de cercetători români care au studiat și lucrat în străinătate (Olanda, Germania, Franța, SUA, Marea Britanie).

Pe măsura extinderii echipei, laboratorul și-a diversificat oferta de servicii; pe lângă activitățile de cercetare efectuate la un TRL = 2-3, cercetătorii din laborator au început să fie implicați în echipe globale, aferente unor proiecte de cercetare-dezvoltare în care se executa inclusiv transferul tehnologic către diverse entități de business din cadrul Honeywell, localizate în întreaga lume: SUA, Canada, Australia, Marea Britanie, Franța, Germania.

Trebuie subliniate rezultatele deosebite obținute în dezvoltarea proprietății intelectuale; peste 80 de brevete (EU, SUA, WO, CH) au fost acordate cercetătorilor din Laboratorul Honeywell (la nivelul anului 2016). La acestea trebuie adăugat un număr de aproximativ 50-60 de cereri de brevete aflate în diverse stadii de investigare.....

Sunt câteva activități în care **Laboratorul Honeywell din București** a fost implicat de-a lungul anilor și pentru care avem convingerea că au fost realizate – în premieră la nivelul României – din perspectiva implicării marilor corporații în competițiile naționale și europene pentru fonduri de cercetare-dezvoltare-inovare și, în general, în cooperarea cu alți participanți din sistemul național de cercetare-dezvoltare: (a) Participarea la competițiile europene încă din anul 2005, în așa fel încât între 2006-2009, laboratorul de cercetare din Honeywell executa un proiect FP6, alături de Infineon, NXP și Thales. (b) Câștigarea în anul 2009 a două proiecte de fonduri structurale (VIPRES, NOVOCELL) vizând formarea unor echipe de cercetători; proiecte care au fost încheiate ani mai târziu, cu 11 brevete și cereri de brevete acordate sau în curs de procesare la Oficiul European de Patente. (c) Câștigarea în anul 2015, împreună cu membrii consorțiului proiectului SOIHITS (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/news/high-temperature-smart-sensing-way-reduce-carbon-dioxide-emissions>) a premiului de inovare acordat de EU în cadrul competiției pentru „Micro/Nano Electronics“ or „Smart System Integration“. (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/research-project-soi-hits-wins-innovation-award-competition-fp7-participants>). Pe lângă cerințele specifice activității de cercetare-dezvoltare-inovare focalizată pe

<sup>159</sup> Vicepreședinte Inginerie, Honeywell Industrial Safety, Membră a Academiei Naționale de Inginerie (SUA), <https://www.linkedin.com/in/cleocabuz/>

<sup>160</sup> Honeywell Fellow, Cercetător Științific Gradul 1, Membru al Academiei Oamenilor de Știință din România, <https://www.linkedin.com/in/cornel-cobianu-9664967/>. În secțiunea 8.3 din volumul *Școala românească.....* există și o notă cu caracter memorialistic a Dr. Cornel Cobianu, în calitate de co-fondator al acestui laborator.

dezvoltarea unui senzor inovativ de oxigen, Laboratorul Honeywell a coordonat și activitatea de exploatare a rezultatelor la nivelul întregului consorțiu. (d) Negocierea și semnarea cu INCD Microtehnologie (IMT București), în anul 2010, a unui acord cadru de colaborare („Master Service Agreement“) care a permis accesul cercetătorilor din Laboratorul Honeywell la facilitățile tehnologice ale institutului.

#### 4.5 Note biografice

În această secțiune sunt prezentate *în ordine alfabetică* repere biografice ale unor specialiști care au activat în una, în două sau în toate cele trei entități de cercetare prezentate în acest subcapitol. Un număr de specialiști (Radu Bârsan, Constantin Bulucea, Mircea Dușa, Radu Vancu, Andrei Vladimirescu) sunt prezentați în subcapitolul 6 (diaspora). În toate cazurile forma extinsă a notei biografice poate fi găsită în **SMNE 2018**, citat anterior.

##### 4.5.1 Marius Bâzu (Fig. 4.8).



Fig. 4.8 Dr. ing. Marius Bâzu

S-a născut în 1948 și a absolvit în 1971 secția Ingineri fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din IPB, devenind doctor inginer în anul 1994 (coordonator: prof. Ioan Bacivarov).

A elaborat și/sau promovat în România metode de construire și evaluare a fiabilității, metode de încercare accelerată pentru componente electronice, selecția prin îmbătrânire accelerată și prelucrarea statistică a datelor pe baza legilor de distribuție a defectărilor, utilizarea inteligenței computaționale la evaluarea fiabilității, precum și concepte ca „Building-in Reliability“, „Design for Reliability“ și „Concurrent Engineering“. A fost Director de proiect la peste 40 de proiecte de cercetare naționale (inclusiv două rețele naționale în domeniul nanotehnologiilor, fiecare cu câte 10-12 participanți) și participant la 4 proiecte internaționale. Între 1997 și 1999 a fost coordonatorul unui proiect european Phare/TTQM, referitor la o tehnologie „Building-in Reliability“, care a fost implementată cu succes la Băneasa SA.

A participat la rețeaua europeană de excelență „Patent-DfMM“ (proiect FP6/IST, 2004-2009), și a fost membru al Management Board al rețelei. Începând din martie 2007, este membru al Board-ului „European Microsystem Reliability – EUMIREL“, structură creată în continuarea rețelei „Patent-DfMM“ și destinată a oferi servicii de fiabilitate pentru companiile și instituțiile de cercetare europene care acționează în domeniul microsystemelor. Între 2005 și 2007 a fost coordonator al unui proiect realizat de Laboratorul de Fiabilitate la solicitarea institutului KETI (R. Coreea).

A avut o bogată activitate publicistică: 3 cărți<sup>161</sup> și 2 capitole de cărți<sup>162</sup> publicate (împreună cu Titu Băjenescu), la edituri de prestigiu din străinătate (J. Wiley & Sons, Artech House, Springer Verlag și Elsevier Ltd.) și 2 cărți publicate în țară, autor sau co-autor la peste 120 de articole științifice (IEEE Trans. on Reliability, Solid State Phenomena, Sensors etc.), dar și co-autor al unui număr de șapte brevete acordate de OSIM în perioada 2007-2014.

Este deținătorul premiului „Tudor Tănăsescu“ al Academiei Române pe anul 2011 și al premiului Asociației Generale a Inginerilor din România pe anul 2000, pentru lucrarea „Building-in Reliability Technology“.

<sup>161</sup> a) M. Bâzu, T. Băjenescu, *Failure analysis. A practical guide for manufacturers of electronic components and systems*, J. Wiley & Sons, 2011, ISBN 978-0-470-74824-4; b) T. Băjenescu, M. Bâzu, *Component reliability for electronic systems*, Artech House, 2010, ISBN-10: 1-59693-436-0; c) T. Băjenescu, M. Bâzu, *The reliability of electronic components*, Springer Verlag, 1999, ISBN 3-540-65722-3.

<sup>162</sup> a) M. Bâzu, T. Băjenescu, Chapters „Reliability Testing“ and „Failure Analysis“ in: Thomas, Sitarel, Thomas (Eds.), *Micro- and Nanostructured Epoxy/Rubber Blends* (3-527-33334-7), September 2014, J. Wiley & Sons; b) T. Băjenescu, M. Bâzu, Chapter „Reliability Building of Discrete Electronic Components“, in: Jonathan Swingler, *Reliability Characterisation of Electrical and Electronic Systems* (ISBN 978-1-782412-221-1), 2015, Elsevier Ltd..



#### 4.5.2 Cornel Cobianu (Fig. 4.9)



Fig. 4.9 Dr. ing. Cornel Cobianu

Cornel Cobianu s-a născut în 1953 și absolvit (1977) Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția „Componente și Dispozitive Electronice“ din IPB cu media generală 9,77 și nota 10 la examenul de diplomă. A fost repartizat la *Microelectronica*, cu stagiatura la IPRS (1977-1980). A lucrat în secțiile de circuite integrate și dispozitive semiconductoare discrete din IPRS, unde și-a început specializarea în procese tehnologice, cu aplicabilitate și la tehnologia CMOS ce urma să fie dezvoltată la Microelectronica. A dezvoltat prin efort propriu, în premieră națională, procesele de depunere chimică din vapori (CVD) a straturilor subțiri de bioxid de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ) pornind de la reacția dintre silan și oxigen, la presiune atmosferică și temperaturi mici, sub  $450^\circ\text{C}$ . Procesul tehnologic a fost transferat în producție având la bază o modelare fizico-chimică riguroasă, care a fost publicată într-o lucrare care a fost citată până în anul 2017 în reviste internaționale de 50 de ori<sup>163</sup>.

În perioada 1982-1990 a lucrat în Microelectronica ca inginer de procese (CVD) pentru tehnologia CMOS și tehnolog de dezvoltare de memorii semiconductoare EPROM de 16kB, în tehnologia NMOS, dezvoltând procesele de depunere CVD a straturilor de  $\text{SiO}_2$  dopat cu fosfor și/sau bor, a straturilor de siliciu policristalin și a straturilor de nitrură de siliciu, toate obținute prin metoda „low pressure chemical vapor deposition“ (LPCVD). A condus proiectul de dezvoltare de tehnologie NMOS pentru memoria EPROM cu două nivele de siliciu policristalin și ștergere cu radiație ultraviolet, obținând câteva prototipuri funcționale la sfârșitul anului 1989!. Cea mai mare realizare științifică a acestor ani a fost promovarea în premieră mondială a unei noi tehnologii de realizare a structurilor dielectrice interpoli, publicată pe prima pagină a revistei IEEE-Electron Device Letters<sup>164</sup>, citată până în 2017 de 52 de ori. Autorii acestei lucrări au primit Premiul Academiei Române „Tudor Tănăsescu“ pe anul 1991.

Dr. Cornel Cobianu a fost primul director științific al Centrului de Microtehnologie (1991-1994), iar din 1994 până în anul 2000 a fost Șef al Laboratorului de „Straturi Subțiri“ din IMT. În anul 1993, la sfârșitul unei burse TEMPUS în Universitatea Twente din Olanda, Dr. Cobianu a câștigat primul proiect european de cercetare al IMT vizând tehnologii de senzori integrați („PORSIS“ derulat între anii 1995-1998). Realizarea științifică la nivel mondial aferentă proiectului „PORSIS“ a fost obținerea primului demonstrator de senzor integrat de gaze pe bază de strat senzitiv de  $\text{SnO}_2$  procesat prin tehnologie sol-gel, lucrare care este citată până în anul 2017 de 62 de ori<sup>165</sup>. În anul 1994, Dr. Cobianu a fost cercetător invitat al Universității Twente, când a coordonat cu succes un program de doctorat finanțat de firma *Philips* (acum NXP) timp de 6 luni pe probleme de dielectrice interpoli pentru memorii semiconductoare EPROM. A fost invitat să țină seminarii științifice la *Jet Propulsion Laboratory* din Pasadena (USA), IMEC (Belgia), Universitățile Tehnice din Helsinki (Finlanda) și Brescia (Italia) și Varșovia (Polonia).

În perioada 2000-2003, Prof. Cobianu a predat cursurile de „Senzori“ și „Optoelectronică“ la Facultatea de Inginerie Electrică din Universitatea „Valahia“ Târgoviște și a funcționat în paralel și ca profesor-cercetător invitat al Universității Twente din Olanda, unde a coordonat doctoranzi români și olandezi în procesul de cercetare de microsistem.

În perioada 2003-2017, Dr. Cobianu a lucrat în cercetare industrială în „Laboratorul de Senzori din București“ al companiei americane Honeywell International (v. secțiunea 4.3) Până în anul 2010, Dr. Cobianu a ocupat poziția

<sup>163</sup> Cornel Cobianu, Cristian Pavelescu, „A theoretical Study of The Low Temperature Chemical Vapor Deposition of Silicon Dioxide“, în *Journal of the Electrochemical Society*, 130 1988 (1983).

<sup>164</sup> Cornel Cobianu, Ovidu Popa, Dan Dascălu „On the Electrical Conduction in the Interpolysilicon Structures“, în *IEEE „Electron Devices Letters“*, 14, 213 (1993).

<sup>165</sup> Cornel Cobianu, Cristian Savaniu, Pietro Siciliano, Simonetta Capone, Mikko Utriainen, Lauri Niinisto, „ $\text{SnO}_2$  Sol-Gel Derived Thin Films For Integrated Gas Sensors“, în *Sensors and Actuators B 77*, (2001), p. 496-502).

de Senior Technology Manager, iar din 2010 până în 2016 pe cea de „Chief Scientist“. Are peste 50 de patente acordate în USA, Europa, Canada și China<sup>166</sup>.

Din 2017, Dr. Cobianu lucrează la IMT București în cercetări avansate pe bază de nanomateriale carbonice de tip grafenă obținută atât prin metode CVD cât și din soluție. A contribuit la câștigarea unui „Proiect Complex“ de nanomateriale avansate.

#### 4.5.3 Miron Adrian Dinescu (v. Fig. 4.7)

Dr. Adrian Dinescu a absolvit Facultatea de Fizică a Universității București în 1993, la secția de Fizica Stării Solide, cu o lucrare de diplomă având ca subiect materialele magnetice amorfe. Diploma de Doctor în Fizică, a fost obținută în cadrul aceleiași facultăți în 2010, cu o lucrare cu titlul „Structurare la scară nanometrică prin utilizarea litografiei cu fascicul de electroni“.

Între 1993 și 1996 a lucrat în ICCE București, în Laboratorul de Optoelectronică, având ca preocupări dezvoltarea de celule solare cu siliciu, fotodetectori și detectori de culoare. În domeniul celulelor solare cu siliciu a stabilit o premieră națională prin fabricația de dispozitive cu suprafața texturizată cu piramide inversate, obținute prin corodarea anizotropă. O parte importantă a activității sale din acea perioadă a fost dedicată măsurătorilor optoelectronice și, în mod special, construcției unui banc optic de etalonare a detectoarelor de fum (în premieră în România), aparat care a intrat în dotarea unității de pompieri care efectua certificarea acestor detectoare la nivel național.

În 1997, Adrian Dinescu s-a transferat în cadrul Laboratorului de Simulare și Caracterizare Microfizică din IMT și și-a continuat activitatea în domeniul optoelectronicii prin dezvoltarea unor celule solare „corugate“, dispozitive neplanare, obținute prin corodarea față-spate a plachetelor de siliciu. În paralel, cunoștințele sale de electronică aplicată au fost utilizate pentru întreținerea și up-gradarea AFM-ului obținut de către IMT, în 1994, de la Universitatea Twente, iar experiența acumulată în microprelucrarea siliciului și-a găsit aplicabilitatea în dezvoltarea unor senzori de forță pentru microscopia de forță atomică.

Din 2005, s-a ocupat de implementarea tehnicii de litografie cu fascicul de electroni. Între 2014 și 2015 a coordonat echipa tehnică a proiectului CENASIC (secțiunea 4.3.7). În 1999 a devenit șeful Laboratorului de Simulare și Caracterizare Microfizică, ulterior Laboratorul de Structurare și Caracterizare la scară nanometrică. Între 2014 și 2017, Adrian Dinescu a deținut funcția de Director Tehnic al IMT București. Din ianuarie 2017, el este Director General al aceluiași institut.

Adrian Dinescu este coautor a peste 100 de articole științifice în publicații indexate ISI, a avut 9 prezentări invitate în cadrul unor manifestări științifice internaționale, a fost director de proiect în 15 proiecte naționale și trei proiecte internaționale.

#### 4.5.4 Mircea Dragoman (v. Fig. 4.7)

Mircea Dragoman (<https://sites.google.com/site/mirdragoman/>) este cercetător științific la IMT-București. A absolvit în 1980 secția Radiocomunicații a Facultății de Electronică și Telecomunicații a IPB. În 1991 primește de la aceeași facultate titlul de doctor în Electronică cu teza „Proiectarea asistată de calculator a sistemelor radiante“ conducător prof. dr. doc. Edmond Nicolau. Între 1991-1994 primește bursa Alexander von Humboldt și face studii postdoctorale în domeniul opticii, THz și a dispozitivelor electronice cuantice la Univ. Duisburg și Univ. Darmstadt, Germania și Istituto di Elettronica dello Stato Solido, Roma, Italia. A publicat 268 lucrări științifice din care 147 în reviste cotate ISI și 121 comunicări la conferințe științifice în țară și străinătate. Lucrările se referă la: nanoelectronică, microunde, MEMS, nanomateriale. Este co-autor a șapte cărți publicate la Springer

---

<sup>166</sup> C. Cobianu, S.R. Shiffer, B.C. Serban, A.D. Bradley, M. Mihailă, „Pressure Sensor“, US Patent 7,318,351 2008; C. Cobianu, I. Georgescu, J.D. Cook, V. Avramescu „Multifunctional multichip system for wireless sensing“, US Patent 7,391,325, 2008; I. Pavelescu, I. Georgescu, D.E. Guran, C. Cobianu „Integrated MEMS 3D multi-sensor“, US Patent 7,784,344, 2010.



și Artech House (USA)<sup>167</sup>. Dr. Mircea Dragoman a proiectat și realizat o serie de circuite RF MEMS pentru domeniul microundelor și al undelor milimetrice. A implementat (2007) primul laborator din România pentru măsurători pe plachete a circuitelor de microunde până la frecvența de 65 GHz. A realizat primele dispozitive nanoelectronice de înaltă frecvență bazate pe materiale cu grosime atomică la nivel mondial. În 2016 realizează primul tranzistor cu transport balistic la temperatura camerei, și primele porți cuantice pentru computere cuantice la temperatura camerei ambele bazate pe grafenă. În 2017 realizează primele defazoare și arii de antene pentru comunicații 5G pe baza feroelectricilor din familia HfO<sub>2</sub> având grosimea câtorva straturi atomice. Este membru în IEEE Nanotechnology Council și promotor al electronicii la scară atomică. A fost profesor invitat al CNR – Istituto di Electtronica dello Stato Solido-Roma (1996), Univ. Saint-Etienne – Franța (1997), Univ. Mannheim (1998-1999, 2001-2002), Univ. Frankfurt (2003), Univ. Darmstadt (2004); în perioada 2005-2010 a fost numit director de recherche la CNRS-Toulouse în domeniul nanoelectronicii. A ținut peste 50 de comunicări invitate în UE și 3 cursuri universitare în Franța (Nanoelectronica, 2005-2006), Germania (Fenomene neliniare, 1992), Procese tehnologice avansate (UPB, din 2008). Are H index 27 (Google citations). În anul 1999 a primit premiul Academiei Române „Gh. Cartianu”.

#### 4.5.5 Irina Kleps (Fig. 4.10)



Fig. 4.10 Dr. chim. Irina Kleps

Irina Kleps s-a născut în 1949, a absolvit Facultatea de Chimie Industrială, Universitatea Politehnica București, în 1973 și a devenit doctor în chimie (UPB) în 1998, tema tezei fiind „Filme subțiri utilizate în microelectronică”. A lucrat din 1973 la ICCE, în Laboratorul de tehnologie dispozitive semiconductoare, acumulând o experiență în tehnologia siliciului. A contribuit la înființarea Laboratorului de Nanotehnologii din IMT București în 1996 și a coordonat activitatea acestui Laborator până în 2010. În 2001, Laboratorul de Nanotehnologii a devenit Centru de Excelență în Nanotehnologii printr-un proiect suport (PNCDI, Relansin; 2001-2004), iar în 2002 a fost plasat sub egida Academiei Române, sub titulatura „Centrul de Nanotehnologii”.

A efectuat stagii de lucru în străinătate: Universitatea din Padova (grant FP3 PECO, 1993), Institutul de Materiale Avansate din Padova, Italia (grant NATO, 1996), Institutul de Știința Materialelor din Madrid, Spania și IMEL, Atena (colaborări bilaterale 1997, 1998), Institutului Microtehnice din Mainz (FP5, EMERGE, 2001).

A inițiat în IMT utilizarea siliciului nanostructurat în optoelectronică (a câștigat unul din primele proiecte internaționale din IMT – FP4 INCO-COPERNICUS „Silicon based light emitting diodes – SBLED” (1998-2000)), dar și realizarea filmelor subțiri de diamant (DLC) și carbură/carbonitrură de siliciu depuse prin LPCVD cu aplicații în surse de emisie electronică în câmp, ex. senzori de presiune bazați pe emisia în câmp<sup>168</sup>. În 1999 a demarat o colaborare bilaterală cu Italia (ICTIMA-CNR) în domeniul ultramicro/nanoelectrozilor, care s-a dezvoltat în timp și a condus la o serie de rezultate brevetate/ publicate în articole științifice care au obținut peste 70 citări și premii internaționale. A publicat un capitol pe această temă în Encyclopedia of Nanoscience and

<sup>167</sup> D. Dragoman, M. Dragoman „Advanced Optoelectronic Devices”, Springer, 421 pagini (1999) D. Dragoman, M. Dragoman; „Optical Characterization of Solids”, Springer, 450 pagini (2002); D. Dragoman, M. Dragoman „Quantum Classical Analogies”, Springer, 400 pagini (2004); M. Dragoman, D. Dragoman – Nanoelectronics. Principles and Devices, Artech House, Boston, USA (2006), ediția 1, 420 pagini, (2006); M. Dragoman, D. Dragoman – Nanoelectronics. Principles and Devices, Artech House, Boston, USA (2009), ediția 2, 500 pagini, (2009); D. Dragoman, M. Dragoman, Bionanoelectronics, Springer 2012, 350 pagini D. Dragoman and M. Dragoman, Sheng Wu Na Mi Dian Zi Xu (Bionanoelectronics, Chinese Edition, Science Press, 2015); M. Dragoman and D. Dragoman, 2D Nanoelectronics, Physics and Devices of Atomically Thin Materials, Springer, 2017.

<sup>168</sup> Study of porous silicon, silicon carbide and DLC coated field emitters for pressure sensor application, I. Kleps et al, SOLID-STATE ELECTRONICS Volume: 45 Issue: 6 Pages: 997-1001 Published: JUN 2001.

Nanotechnology (American Sci. Publishers)<sup>169</sup>. Este importantă de asemenea inițiativa de a testa filmele nanostructurate dezvoltate pentru aplicații biomedicale și de a integra elemente nanostructurate în biosenzori pentru îmbunătățirea limitelor de detecție, această direcție devenind în timp una din ariile principale de cercetare ale laboratorului, cu rezultate brevetate/publicate în mai mult de 30 articole. A fost director sau responsabil de proiect pentru 7 proiecte europene (NATO, FP3-FP7), 10 proiecte bilaterale (Italia, Spania, Grecia, Franța), 10 proiecte naționale (PNI, PNII, etc), câștigate în competiții.

A atras tineri absolvenți chimiști, dar și fizicieni, pe care i-a încurajat să vină cu noi teme de cercetare și să urmeze stagii doctorale în conexiune cu domeniile de interes. În 2010, la pensionare, Laboratorul de Nanobiotehnologii avea cea mai mică medie de vârstă din IMT, contribuind însă cu un număr semnificativ de proiecte de cercetare și articole științifice.

#### 4.5.6 Mihaela Kusko (Fig. 4.11)



Fig. 4.11 Dr. fiz. Mihaela Kusko, șef de laborator la IMT București.

Născută în 1975, Mihaela Kusko a absolvit Facultatea de Fizică, Secția Fizica Stării Solide, Universitatea București (UB), în 1998 și a venit doctor în fizică (UB) în 2006. A fost angajată în Laboratorul de Nanotehnologii din IMT, condus de Dr. I. Klepș, în cadrul proiectului FP4 INCO-COPERNICUS „Silicon based light emitting diodes – SBLED” (1998-2000). A avut astfel oportunitatea de a continua activitatea de cercetare începută în timpul Facultății de Fizică, când, sub coordonarea Prof. Dr. I. Munteanu și a Dr. M. Ciurea, a contribuit la realizarea unui studiu teoretic, al nivelelor de captură din straturi proaspete de siliciu nanostructurat (siliciu poros) ale cărui rezultate au stat la baza lucrării de licență.

A efectuat stagii la Institute for Microtechnik Mainz, Germania (2001, 2002) în cadrul proiectului „Fabrication of nanoelectrodes – Metallics“, în programul EMERGE, FP5 și a contribuit la dezvoltarea unei tehnologii de fabricație a unor senzori electrochimici integrați pe bază de rețele de nanoelectrozi piramidali.

În 2003 câștigă un proiect pentru realizarea unui dispozitiv integrat pe siliciu, pentru eliberarea controlată a medicamentelor (DeSiRe, PNI, 2003-2005). În 2007 câștigă două proiecte naționale dedicate studierii de noi materiale nanocompozite pe siliciu (PNII-IDEI) și respectiv obținerii unei celule de combustie cu combustibil lichid (metanol/etanol) pentru alimentarea sistemelor electronice portabile (PNII-Parteneriat).

Din 2010 coordonează Laboratorul de Nanobiotehnologii și continuă activitatea de deschidere a laboratorului către noi direcții de cercetare, dar și de atragere a tinerilor absolvenți. Este responsabil IMT în 2 proiecte europene în domeniul nanotoxicologiei: FP7-IP NanoValid (2011-2015), care este unul din cele două proiecte „nanosafety flagship“ și respectiv LIFE+ iNanoTool (2012-2015). Nu abandonează nici direcția de dispozitive pentru aplicații biomedicale și, în 2013 câștigă proiectul MultiPlexGen PNII care propunea dezvoltarea unei platforme de detecție duală, multiplexată pentru diagnosticare.

Are 45 de articole ISI (la 12 fiind autor principal) care au acumulat peste 280 citări (fără auto-citări, Web of Science), 4 lucrări invitate, 2 brevete de invenție și a câștigat 6 proiecte naționale în calitate de director de proiect și 3 ca responsabil IMT. A făcut parte din comisia de îndrumare a 4 teze de doctorat (2 susținute cu succes la Facultatea de Fizică, UB, respectiv Universitatea Politehnica București). Conduce un proiect de cercetare exploratorie (PCE-PNIII) și un proiect de cercetare aplicativă (PED-PNIII) care abordează dispozitivele de stocare de energie.

<sup>169</sup> Electrochemical nanoelectrodes, I. Klepș, în Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, H.S. Nalwa, (Ed.), American Scientific Publishers, 793- 817, 2004.

#### 4.5.7 Mihai Mihăilă (Fig. 4.12)



Fig. 4.12 Dr. Mihai Mihăilă, membru corespondent al Academiei Române.

Născut în 1948, Mihai Mihăilă a absolvit în 1971 secția Ingineri fizicieni a facultății de Electronică și Telecomunicații din IPB. În 1997, a primit în UPB titlul de Doctor inginer, conducător Acad. Mihai Drăgănescu. Este membru corespondent al Academiei Române.

Între 1971 și 2003, a lucrat la ICCE (din 1996, la IMT-București, unde a revenit în 2015). Între 2003 și 2015 a activat, ca cercetător senior principal, la Advanced Technology Center (2003-2005), apoi la Sensors and Wireless Laboratory (2005-2015) ale firmei Honeywell-Romania.

Dintre cele mai importante rezultate științifice obținute sunt cele referitoare la descoperirea mecanismelor de excitare fononică în zgomot  $1/f$  și identificarea mișcării de vibrație termică a atomilor de suprafață și de volum ca fiind sursa microscopică fundamentală de zgomot  $1/f$  în solid<sup>170</sup>. A propus o nouă metodă de spectroscopie (spectroscopia de zgomot  $1/f$ ), cu ajutorul căreia se pot determina energiile de vibrație termică ale atomilor și moleculelor, inclusiv cele ale unei singure molecule<sup>171</sup>. A patentat, dezvoltat și aplicat această metodă la caracterizarea nanomaterialelor și la recunoașterea moleculară. În 2014, a stabilit o legătură între răspunsul oxizilor metalici la diverse molecule și energiile de vibrație ale atomilor oxidului și moleculelor.

Are peste 125 de lucrări publicate și comunicate în țară și străinătate (Solid-State Electronics, Physics Letters, Fluctuations and Noise Letters, Electrochimica Acta, RCS Advances etc.), 20 brevete de invenție SUA (alte 23 fiind înaintate), 8 brevete de invenție europene și o serie de brevete în alte țări (Japonia, China, India, România). A primit Premiul „Dragomir Hurmuzescu” al Academiei Române (1985), pentru „contribuții la studiul zgomotului  $1/f$  în dispozitive semiconductoare”.

#### 4.5.8 Gabriel Moagăr-Poladian (Fig. 4.13)

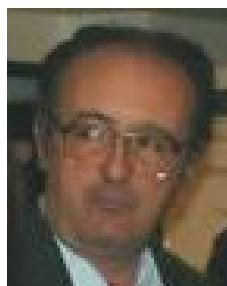


Fig. 4.13 Dr. ing. fiz. Gabriel Moagăr-Poladian

Dr. **Gabriel Moagăr-Poladian** s-a născut în București (1965) și a absolvit Facultatea de Fizică Tehnologică a Universității din București (1990), secția materiale electrotehnice și dispozitive cu semiconductoare. A lucrat apoi (1990-1992) în cadrul Institutului de Optoelectronică ca cercetător în domeniul senzorilor pentru domeniul infraroșu îndepărtat pentru sisteme de termoviziune și cercetător în cadrul Biotehnos S.A. (1992-1994). Din 1994

<sup>170</sup> a) M. Mihăilă, „Phonon observations from  $1/f$  noise measurements”, *Physics Letters* 104A, 1984, pp. 157-158; b) M. Mihăilă, „Phonon fine structure in the  $1/f$  noise of metal, semiconductors and semiconductor devices”, in *Noise in Oscillators and Algebraic Randomness*, Lecture Notes in Physics, edited by M. Planat, Springer Verlag, 2000, pp. 216-231; c) M. Mihăilă, „Low-frequency noise in nanomaterials and nanostructures”, in *Noise and Fluctuations Control in Electronic Devices*, edited by A. Balandin, American Scientific Publishers, 2002, pp. 367–385.

<sup>171</sup> a) M. Mihăilă, „System of phonon spectroscopy”, *US 7612551 B2 patent*, Nov. 3, 2009; b) M. Mihăilă, „Correlations phonon spectrum-sensitivity in metal-oxide gas sensors”, *Procedia Engineering* 87, 2014, pp. 1609–1612.

lucrează ca cercetător științific la IMT. În 1999 a obținut titlul de doctor în Fizică al Universității București în domeniul optoelectronicii / fizicii cu corp solid.

Domeniile de interes sunt: 3D Printing la scară micro-nano și la scară macro, 3D Printing de circuite integrate, microsenzori, micro și nanostructuri cu proprietăți controlate, nanolitografie de tip SPM (Scanning Probe Microscopy), optoelectronică, aplicațiile opticii / fotonicii în domeniul fabricării structurilor MEMS/NEMS.

Este co-fondatorul și coordonatorul Laboratorului Experimental de 3D Printing din cadrul IMT-București începând cu anul 2007. A coordonat/coordonează 10 proiecte naționale și a participat în peste 15 proiecte naționale. A fost/este responsabil de proiect internațional din partea IMT în 2 proiecte (ENIAC, ECSEL-H2020) dedicate industriei autovehiculelor electrice, proiecte în care este responsabil de activități în cadrul cărora lucrează cu echipe internaționale (Germania, Olanda, România). Lucrări publicate și brevete: 25 de publicații ISI și prezentări la conferințe internaționale, 20 brevete naționale, 2 brevete internaționale.

Printre altele, a conceput și demonstrat experimental un neuron optic pentru calculatoare optice citat în anul 2000 de Inside R&D, John Wiley & Sons<sup>172</sup>. A conceput utilizarea senzorilor MEMS pentru măsurarea de înaltă precizie a parametrilor curentului electric pe liniile de înaltă tensiune.

A conceput și demonstrat un senzor de torsiune pentru automobile electrice, intrinsec liniar și cu grad sporit de redundanță. Este inventator al unei noi metode de 3D Printing la scară micro-nano folosind sisteme de tip fountain pen nanolithography asistate optic (brevet european), metodă cu aplicații în fonică 3D și Lab-on-Chip și al unei noi metode de 3D Printing la scară macro cu fascicol focalizat de ultrasunete (brevet european) etc.

#### 4.5.9 Carmen Moldovan (Fig. 4.14)

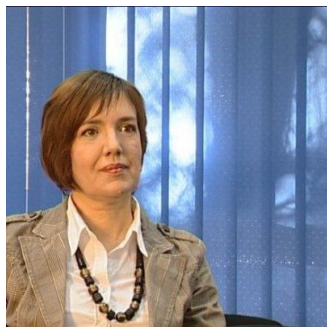


Fig. 4.14 Dr. ing. Carmen Moldovan, șef de laborator la IMT București

Dr. ing. Carmen Moldovan s-a născut în anul 1958, în Craiova. A absolvit în 1983 Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Dispozitive și Circuite electronice, din cadrul Politehnicii București.

După absolvirea facultății a lucrat la Microelectronica (1984-1995), în secția de Fabricație CMOS ca inginer de proces la Fotolitografie și Măști, ocupându-se de dezvoltarea și monitorizarea tehnologiilor de circuite integrate (CMOS, NMOS și

PMOS) de rezoluție 3-7 microni pentru producție, îndeosebi procese de fotolitografie, corodare umedă și uscată, control de defecte și analiză parametri de proces pentru îmbunătățirea randamentelor de procesare. În perioada 1995-1996 și-a desfășurat activitatea în Laboratorul de Fotolitografie al IMT, în domeniul MEMS și noi structuri pentru Microsenzori.

Din 1996 conduce Laboratorul de Microsisteme pentru Aplicații biomedicale și de Mediu din IMT-București. Are activități științifice în domeniile: a) Senzori rezonatori, accelerometre, microarrays, senzori ISFET, Nanowire transistor, senzori de presiune, biosenzori, microsisteme inteligente pentru aplicații biomedicale și de mediu; b) Platforme și sisteme – Platforma pentru detecția pesticidelor; Aparat portabil pentru detecția precoce a infarctului de miocard acut; Platforma pentru detecție și monitorizare sindrom metabolic; c) Tehnologii MEMS și NEMS.

În 2002 a obținut titlul de Doctor în Microelectronica cu teza: „Microsenzori rezonatori integrați” și s-a specializat în Tehnologii Micro/Nanoelectronice (Simulare, modelare microstructuri electromecanice; Proiectare și design structuri electromecanice (MEMSCAD, L-edit, Clewin); tehnologii MEMS (microprelucrare de volum și de suprafață): proiectare și realizare tehnologică de senzori și microstructuri, tehnologii mixte, integrarea dispozitivelor pe substrat de siliciu, sticlă sau ceramică în platforme (fluidice, electronice, achiziție de date, interfețe grafice GUI) ; Integrare mixtă de Dispozitive și Sisteme.

<sup>172</sup> H. Goldstein „New Structure Proposed For All-Optical Neurons”, Inside R&D vol. 29 no. 13 p. 2, March 29, 2000.



Dr. Carmen Moldovan a fost Director tehnic al IMT (2002-2008); Director sau responsabil de proiect pentru 20 proiecte naționale (PNII, PN III, ROSA –STAR etc) și 15 proiecte europene (FP6, FP7, ERANET, Eureka). Are 120 lucrări publicate în Jurnale ISI, capitole de cărți și prezentate la Conferințe internaționale, 7 brevete publicate, 655 citări; Membră a Consiliului Științific al IMT din 2009, realeasă până în 2021. A fost unul din cei 25 membri, experți ai Grupului de lucru ISTAG (IST Advisory Group) al Comisiei Europene, în perioada 2011-2013, cu rol în pregătirea H2020; Membră a NEXUS Steering Committee, IEEE Senior Member.

#### 4.5.10. Alexandru Müller (Fig, 4.15)

Fig. 4.15 Dr. fiz. Alexandru Müller, șef de laborator în IMT București.

Alexandru Müller s-a născut în 1949, a absolvit Facultatea de Fizică din Universitatea București (1972), devenind doctor în anul 1990 (coordonator: prof. G. Dima). A lucrat exclusiv la ICCE, începând din 1972 (din 1996, la IMT-București). A fost șeful colectivului de diode de microunde din cadrul laboratorului de microunde din ICCE din 1976. Din 1996 este șeful laboratorului de „Structuri Microprelucrate, Dispozitive și Circuite pentru Aplicații în Microunde” din IMT București

În perioada ICCE a proiectat și realizat numeroase dispozitive semiconductoare de microunde pe siliciu și pe GaAs. A elaborat model original pentru comportarea în comutație a diodelor pin cu baza subțire, cu rezultate practice pentru maximizarea sarcinii stocate (și a eficienței)<sup>173</sup>. Dispozitivele reproiectate conform acestor calcule au fost folosite în radare de pe avioane militare, având performanțe mai bune decât cele ale unor dispozitive similare importate din vest.



În IMT a fabricat primele elemente pasive de circuit pentru microunde având ca suport o membrană dielectrică ( $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ ) subțire ( $1.5 \mu\text{m}$ ), obținute prin microprelucrarea siliciului. *Prioritatea europeană*, în abordarea acestei tehnologii a grupului din IMT a fost atestată prin publicarea rapidă a rezultatelor (primele publicații ale unor rezultate europene<sup>174</sup>). Ca urmare, în 1997, a câștigat, în calitate

de coordonator, Proiectul European FP4 „Micromachined Circuits for Microwave and Millimeter Wave Applications” **MEMSWAVE** (1998-2001). A fost unul din primele proiecte europene în domeniul RF-MEMS, având 9 parteneri din 6 țări. Rezultatele proiectului și nominalizarea acestuia pentru Premiul Descartes au fost *deja prezentate în secțiunea 4.3.3*, la fel ca și proiectul **MIMOMEMS** „Centru European de Excelență în Microunde, Unde-milimetrice și Dispozitive Optice bazate pe Sisteme Micro-Electro-Mecanice pentru Senzori și Sisteme Avansate de Comunicații” (2008-2011). În prezent coordonează proiectul **H2020 Marie Curie – SelectX** „Integrated Crossbar of Microelectromechanical Selectors and Non-Volatile Memory Devices for Neuromorphic Computing” (2016-2018).

**A coordonat grupul IMT în proiectele europene: FP6 Network of Excellence (NoE) în RF MEMS, AMICOM** (2003-2007) (coordonat de CNRS-LAAS Toulouse); **Proiectul integrat (IP) FP7 SMARTPOWER** (2011-2016) (coordonat de Thales TRT, Paris)<sup>175</sup>; **ENIAC (Inițiativa Europeană în Nanoelectronică conectată programului FP7): „MERCURE”** (2010-2014) (coordonat de Thales TRT, Paris); și „**SE2A**” (2008-2012),

<sup>173</sup> A. Müller, S. Voinigescu, „Heavy Doping Effects on the I-V and Stored Charge Characteristics of Narrow Base PIN Diodes”, **Solid State Electronics** 1989, 32, 8, pp. 593-601; S. Voinigescu, A. Müller, et. al., „Auger Recombination in Heavily-Doped p+ Silicon” **Solid State Phenomena**, 1989, 6, pp. 315-322.

<sup>174</sup> A. Müller, et. al, „Dielectric membrane support” **European Semiconductor**, 1997, 11, 9, pp. 27-28; A. Müller et. al, „Dielectric and semiconductor membranes as support for lumped elements and coplanar waveguides”, **Proc. MME '97**, Southampton, UK, pp. 59-62.

<sup>175</sup> Senzorii de temperatură bazați pe dispozitive SAW fabricate pe GaN/Si au fost folosiți pentru a monitoriza temperatura unui front-end pentru un sistem radar realizat de firma Thales TRT, coordonator al proiectului.

coordonat de NXP Semiconductors (Philips), Nijmegen. **A coordonat 13 proiecte naționale** în PN I, CEEEX, PN II (Parteneriate, Capacități, IDEI), și STAR, proiecte câștigate prin competiție. În acest moment este implicat în proiectul PN-III-P4-ID-PCE-2016-0803 „Investigarea modurilor de propagare Sezawa în dispozitive SAW operând în domeniul GHz, realizate pe GaN/SiC și GaN/Si” (2017-2019).

Are peste 50 de articole publicate în reviste de specialitate de renume, la majoritatea fiind autor principal. A participat cu peste 100 de lucrări la conferințe internaționale. A scris capitole în cărți publicate de editurile Springer, Francis&Taylor, Editura Academiei Române. A fost editor la 13 volume publicate în Editura Academiei Române.

Dr. A. Müller este abilitat pentru conducerea de doctorate în domeniile electronică, telecomunicații și tehnologia informației. A fost „Directeur de recherche” invitat, pe o perioadă de 6 luni, la LAAS CNRS Toulouse (2003). Între 1999 și 2011 a fost Președintele Consiliului Științific al IMT București. A primit premiul Tudor Tănăsescu al Academiei Române în anul 2002 pentru activitățile științifice legate de proiectul European MEMSWAVE.

#### 4.5.11 Raluca Müller (Fig.4.16)

Fig. 4.16 Dr. Raluca Müller, Director științific la IMT București

Director științific al IMT în ultimul deceniu și Director general al institutului (iulie 2011-ianuarie 2017), Dr. Raluca Müller s-a născut la București în anul 1954. A absolvit în 1978 Institutul Politehnic București – Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Componente și Dispozitive Electronice. A obținut titlul de Doctor (Magna cum laude) la Universitatea „Politehnica”, București, Facultatea ETTI în 2000, în specialitatea: inginerie electronică și telecomunicații, titlul tezei: „Sisteme optoelectronice integrate în tehnologia siliciului” (Conducător doctorat: Acad. Dan Dascălu).



A lucrat la ICCE (1978- 1994) în cadrul Laboratorului/Secției de Dispozitive discrete și a Laboratorului de Microunde). Principalele realizări au fost: proiectare/realizare și caracterizare tranzistoare JFET duale; senzori magnetici Hall (în tehnologie MOS).

Din 1994 lucrează în IMT în laboratoarele de Fizica și tehnologia straturilor subțiri, Microoptică și *Simulare, modelare și proiectare asistată de calculator*, la care este șef de laborator din 2002. A proiectat și realizat elemente de optică integrată pe siliciu; a realizat și caracterizat structuri MEMS: microconsole, membrane, micromanipulatoare; a proiectat și realizat microsenzori integrați cu detecție optică (de presiune, chimici, biosenzori), senzori microfluidici. A avut contribuții la dezvoltare tehnologiei MEMS și a senzorilor optici.

R. Müller a fost, în perioada 2002-2009, directorul Departamentului Dezvoltări în Tehnologii Informatice (transformat în 2007 în Centru de Servicii științifice). Din 2009 devine: Director științific (prin concurs), iar în perioada iulie 2011-ian. 2017, director general, cu delegare. Începând cu anul 2003 este membru în Consiliul științific al IMT. A fost implicată, ca director general (2011-2015), în implementarea unui proiect dificil „*Centru de cercetare pentru nanotehnologii dedicate sistemelor integrate și nanomateriale avansate pe baza de carbon*”, CENASIC (v. secțiunea 4.3.7). În prezent coordonează un proiect din Fonduri structurale, cu titlul: „*Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale, utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive (TGE-PLAT)*”, POC/77/08.09.2016, prin care se colaborează, cu firme din România, în domeniile microsenzori, componente fotonice și dispozitive și sisteme pentru unde milimetrice submilimetrice și în domeniul Terahertzilor – pentru (sub)direcția de specializare inteligentă „Securitate”.

R. Müller a coordonat numeroase proiecte naționale științifice și proiecte de rețele de laboratoare cum au fost „**MINAMAT-NET**” (Rețea de laboratoare de caracterizare a materialelor utilizate în micro și nanoinginerie) – (2001-2004), care a reunit 8 parteneri români, iar în perioada 2005-2008 „**Nanoscaleconv**” (Rețea de servicii științifice de structurare și caracterizare la scară nanometrică, cu aplicații în dezvoltarea de tehnologii convergente), care a reunit 11 parteneri din institute de cercetare și universități din țară, proiect prin care s-a cumpărat primul echipament pentru nanolitografie (EBL – Electron Beam Litography) din România, a cărui



utilizare a permis IMT realizarea primelor dispozitive nanoelectronice și participarea în numeroase proiecte europene.

Raluca Müller a fost implicată în proiecte internaționale, de diferite tipuri, proiecte europene **FP6 și FP7** (Leonardo da Vinci), ERANET, bilaterale inter-guvernamentale, fiind responsabil pentru partea română: **scientist in charge în FP6 pentru IMT** pentru diferite instrumente: rețele de training (RTN Marie Curie – ASSEMIC), rețele de excelență (PATENT pentru WP2 Simulare), CA „concerted action“ (IPMMAN), care au avut ca scop elaborarea unor strategii în domeniul micro-nanotehnologiilor. Aceste proiecte au fost în ariile tematice NMP, IST, respectiv ICT, sau Long Life Learning (Leonardo da Vinci) și proiecte de cercetare (FP6: WAPITI, și FP7: CATHERINE – participant).

Activitatea științifică s-a concretizat în peste 150 de lucrări științifice prezentate la conferințe naționale și internaționale și publicate în reviste internaționale de prestigiu (autor și co-autor) și un brevet. Sunt selectate câteva reviste ISI în care s-au publicat lucrări legate de dispozitive MEMS, senzori optici intergrati, actuatori electro-termici pentru micro-manipulare: Journal of Micromechanical and Microengineering 1997; Sensor & Actuators 1999; 2011; Journal of Luminescence 2006, Sensor Letters – 2008, Thin Solid Films 2009; Analog Integrated Circuits and Signal Processing 2014, 2015; Microsystem Technologies 2016, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 2016.

## **5. Evoluția școlii românești de electronică nucleară<sup>176</sup>, în special partea de „front-end electronics” (Gheorghe Pascovici)**

### **5.1 Introducere**

Electronica Nucleară este fără îndoială parte componentă, de infrastructură a fizicii atomice și nucleare, a fizicii plasmei și radiațiilor și a multora din aplicațiile lor, cuprinzând în primul rând, ansamblul problemelor legate de detectarea radiațiilor și a dezvoltării metodelor de măsură și a instrumentației electronice asociate pentru măsurarea lor. Născută la începutul secolului XX, electronica nucleară a jucat și joacă un rol decisiv în dezvoltarea instrumentației științifice generale, în întreg secolul XX și în continuare. Domeniul electronicii nucleare se extinde și la aplicațiile legate de tehnicile nucleare, care invariabil implică și dezvoltarea unei instrumentații specifice care să asigure funcționarea, calibrarea, întreținerea corectă, atât a marilor complexe energetice (bazate pe fisiunea sau fuziunea nucleară), cât și a multitudinilor de structuri de acceleratoare de particule încărcate.

Electronica nucleară la care mă refer în acest subcapitol, este aceea de interfață, cu o structură multidisciplinară, între spectrometria nucleară (cu tot avantajul de radiații nucleare, particule încărcate sau neîncărcate, de mase și energii foarte diferite și toate detectoarele de radiații asociate măsurării lor) și electronica clasică de măsură, control și prelucrarea informației și în special cu partea de componente electronice cu semiconductori, dezvoltate în baza tehnologiilor de microelectronică și nanoelectronică. Prin situarea ei la interfață, nu este de mirare că, la diferite etape de timp, în dezvoltarea ei, s-au remarcat adeseori, aspectele de „sinergie“, prin împletirea ideilor creative din domeniul fizicii materialelor, a interacției radiațiilor nucleare cu substanță și până la detectarea și apoi prelucrarea electronică a informației provenită de la detectori. Sinergie atât la nivelul interacțiilor umane directe, dar și instituțională, atât la nivel național cât și internațional.

Odată cu impetuoasa dezvoltare a fizicii nucleare experimentale de la mijlocul anilor '50, în primul rând în cadrul institutelor și/sau laboratoarelor naționale destinate cercetărilor nucleare dar în special în cadrul CERN (Centrul

---

<sup>176</sup> Resursele umane pentru industria de semiconductori (microelectronică) și electronica nucleară, pot fi privite – istoric vorbind – ca două ramuri plecând din aceeași tulpină. Ne referim, desigur, la secția de *ingineri fizicieni* a facultății de Electronică și Telecomunicații a Politehnicii din București. Pe de altă parte, ca o tehnologie de avangardă, dezvoltarea electronicii nucleare a avut întotdeauna nevoie de ultimele tipuri de componente și sisteme electronice, de la calculatoarele cu tuburi electronice, la circuitele integrate specializate (ASIC, Application Specific Integrated Circuits). Cu privirea îndreptată spre viitor, sperăm ca micro- și nanotehnologiile disponibile pe platforma Băneasa (la IMT București) să fie într-adevăr aplicate pentru structurile experimentale (țintele) care vor fi folosite în experimentele ELI – NP (Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics), pe platforma Măgurele (Dan Dascălu).

European pentru Cercetări în domeniul Nuclear, înființat în 1954), s-au cercetat și dezvoltat o multitudine de detectoare de radiații nucleare. La începutul anilor '60, prin diversificarea și complexitatea sporită a acestor detectoare de radiații nucleare, prin consecință, inerent și cerințele impuse instrumentației nucleare asociată procesului de măsurare și control au sporit corespunzător.

Partea de prelucrare a informației provenită de la detectoarele de radiații nucleare, fie sub formă de procesare analogică, fie digitală, cuprinde două părți distincte:

a) - prima parte, cuplată intim cu detectorul de radiații nucleare, este de fapt partea care convertește optim semnalele de la detector (fie de sarcină, curent, tensiune, fie induse electromagnetic) și le transformă de regulă în semnale electrice standard de tensiune electrică, care pot fi transmise etajelor următoare (procesoare analogice – filtre, amplificatoare, condiționări temporale sau de amplitudine). Electronica nucleară din anii 1960-90, definea acest capitol, ca parte de „**front-end electronics**“ (adeseori menționată ca „**FEE**“). Este fără îndoială, partea specifică electronicii nucleare dar structura și componența ei, au variat semnificativ de-a lungul anilor.

b) - partea a doua, cuprindea în prima etapă, convertorii-analog digitali, urmată apoi de stocarea temporară sau permanentă și prelucrarea digitală preliminară a informației. În această parte, metodele de prelucrare a informației sunt mai curând preluate din domeniile electronicii de telecomunicații (analiză, prelucrare de formă de impulsuri, transmiterea impulsurilor etc.), cât și din tehnicile de calcul și mai ales tehnologiile specifice de informatică.

De-a lungul anilor, au fost mai multe tendințe în evoluția arhitecturilor electronice dar un prim efort și succes de soluționare, inițiat de marile laboratoare naționale din SUA, la începutul anilor '60, a fost acela de modularizare și apoi standardizare a electronicii de interfață, plasată în imediata apropiere a detectoarelor de radiații nucleare. Acest efort de modularizare a fost impus și pentru a stopa tendința alternativă, existentă la acea perioadă și anume aceea de a dezvolta câte o instrumentație nucleară specifică, complexă, dedicată fiecărui tip de detector în parte și care devenea astfel incompatibilă (atât din punct de vedere fizic, cât și electric) cu celelalte tipuri de detectoare de radiații nucleare dar chiar cu dezvoltările proprii ulterioare. Evoluția standardelor modulare din domeniul electronicii nucleare, pornind de la standardul **NIM** (Nuclear Instrument Module), apoi standardul **CAMAC** (Computer-Aided Measurement And Control) și **FASTBUS** (standard IEEE 960) este prezentată într-o formă succintă.

Începutul, anilor '90 poate fi considerat, ca un moment istoric de cotitură pentru electronica nucleară, în care sistemele modulare **NIM** și **CAMAC** își pierd puternic din importanță și utilitate. De altfel, la mijlocul anilor '90 sistemul modular **CAMAC** a fost declarat învechit („obsolet“), iar sistemul modular **NIM** mai trăiește, pentru o perioadă de timp, dar cu funcții minore, mai curând de infrastructură decât de procesare analogică propriu-zisă; chiar și sistemul **VME** nu mai este recomandat pentru dezvoltări noi, dar există desigur alte sisteme modulare mult mai performante, atât ca viteză de comunicare, posibilități de sincronizare multiplă etc.

Esențial este că, structura componentelor din partea de **FEE** s-a modificat substanțial, convertorii analog-digitali, de tip pine-line ultrarapizi, împreună cu structuri moderne de **FPGA** (Field-Programmable Gate Array) și **DSP** (Digital Signal Processing) intră în componența **FEE**, ceea ce a făcut ca puterea de analiză a formei semnalelor de la preamplificatori, în timp real, cât și partea de pre-procesare a semnalelor să crească semnificativ. Această migrare a fost impusă de modificările structurale ale ansamblelor de detectori de la marile acceleratoare de particule și de complexitatea detectorilor. Dacă detectorii de radiații precedenți solicitau preponderent măsurători precise doar a energiei și timpului, în cazul detectorilor moderni, datorită structurii complexe și a segmentării lor, numărul de canale spectrometrice a crescut cu 1-3 ordine de mărime, în plus în afara energiei și timpului, prin corelarea semnalelor și algoritmilor de prelucrare a semnalelor se poate reconstitui locul interacție și/sau „urma“ întregului traseu de interacție în ansamblul detectorului. Prin structura intrinsecă complexă și prin segmentarea detectorilor de radiații, a crescut fantastic numărul de parametri pe ansamblul de detector (depășind cu mult numărul de sute de mii, chiar milioane de parametri) astfel încât doar integrarea de structuri **FPGA** și/sau **DSP** nu a mai fost suficientă. Soluția a fost găsită prin implementarea structurilor **ASIC** (prescurtare de la Application-Specific Integrated Circuit), respectiv a unor circuite integrate specializate, dezvoltate și produse exclusiv pentru o anumită aplicație. Pe aceasta cale, s-au putut integra succesiv, majoritatea funcțiilor specifice electronicii nucleare de interfață cu detectorul de radiații, respective preamplificatoarele de tensiune, de curent sau chiar cele sensibile la sarcină dar și etajele următoare de prelucrare analogică, spre exemplu amplificatoarele cu filtrare în domeniul frecvență, prelucrarea neliniară de formă de impuls, sau chiar cele specifice extragerii informației temporale și alte funcții specifice.

## 5.2 Electronica nucleară în România, scurt istoric

Electronica nucleară s-a născut în România de asemenea în anii '50 și are rădăcini adânci, în structura și obiectivele Institutului de Fizică Atomică (IFA). Nașterea domeniului s-a făcut sub conducerea **Prof. T. Tănăsescu**, care încă de la începuturile IFA a fost și Director Tehnic, și șeful secției de Radiofizică din care s-a format sectorul de Electronică Nucleară cu un nucleu de proiectare. Parcursul și evoluția electronicii nucleare a urmat în mare, cam aceleași traseu cu electronica nucleară în marile centre de cercetare din lume, desigur corelat cu capacitățile economiei naționale. În continuare se prezintă realizările remarcabile ale domeniului, pornind de la primele calculatoare românești CIFA-1 (sub conducerea lui V. Toma), apoi CIFA-101 (A. Segal și colab.) și IFAC-1 (G.Meiltz și colab.) și primele dezvoltări din colectivele de proiectare electronică, cu precădere activitățile specifice dezvoltărilor de electronică nucleară modulară NIM și CAMAC.

Sunt amintite succesele dezvoltărilor de electronică nucleară rapidă de la Ciclotronul IFA (M. Molea și R. Dumirescu), succese bazate și pe **sinergia** specifică, manifestată între grupele de fizicieni experimenter și cele de ingineri electroniști de la **Ciclotronul IFA** și mai apoi, la noul accelerator **Tandem** FN 7.5 MV (up-gradat la 9MV) și apoi la instalația de postaccelerare de ioni grei de la Tandem. Sistemul de comandă-control al instalației de postaccelerare ioni grei este una din instalațiile de fizică și electronică nucleară de cea mai mare complexitate, din cadrul Programului de Fizica Ionilor Grei, care a fost concepută ca o rețea distribuită de comandă-control, bazată pe structuri de microprocesoare și minicalculatoare de proces, cu o nouă arhitectură de sistem, care a fost remarcată și apreciată internațional.

Alături de dezvoltările de electronică nucleară modulară NIM și CAMAC, se prezintă și o instalație specializată, realizată integral cu module CAMAC, destinată îmbunătățirii raportului semnal/zgomot prin mediere digitală. De asemenea, sunt prezentate și câteva modele de analizoare multicanal care au urmat un ciclu complet, de la cercetare-proiectare și până la nivel de producție, serie mică (unele dintre ele, reproduse chiar și la centre mari de cercetare din străinătate). Printre acestea, se prezintă analizorul transportabil AMCT-500 (F. Constantin și colab.) și analizorul multicanal cu interfață IBM (Nelu Mihai și V. Cătănescu).

**Perioada de după 1990, ca un nou start prin accesul la marile Cooperări Internaționale Multinaționale** (în special CERN, FAIR-GSI) dar și la **colaborările internaționale bilaterale**. După 1990, efortul principal a fost organizarea intrării României la CERN (Centrul European de Cercetări Nucleare). Deși s-a reușit un prim pas, destul de important, prin semnarea încă din anul 1991 a acordului cadru de participare a economiei naționale a României la CERN cât și un acord de cooperare științifică între IFA și CERN, aderarea completă a României la CERN a fost parafată abia în anul 2016! Fără a comenta această întârziere istorică, eu iau partea bună a lucrurilor și anume aceea că este foarte bine că, în sfârșit am aderat deplin la CERN.

Indiferent de toate aceste greutăți, inerente oricărui început de o asemenea anvergură și cu toate impedimentele legate de faptul că România nu era încă țară membră a CERN, determinarea noastră de participare efectivă la CERN a fost extraordinar de mare, astfel că într-un timp scurt (1990-93) s-a reușit participarea la un număr mare de proiecte dar și pe o structură destul de diversificată de participare:

- în primul rând, prin participare la experimente și la prelucrarea datelor experimentale,
- dar și prin contribuții directe, concrete, hardware la multe din aranjamentele experimentale mari de la CERN, care fac parte din așa-numitele contribuții „in kind“, care erau solicitate și foarte apreciate în cadrul CERN. În această direcție, am reușit și angrenarea și participarea industriei naționale, cu toate dificultățile prin care trecea economia națională, la acea dată.

Iată și câteva dintre realizările importante de electronică nucleară, inițiate și finalizate în perioada de timp 1990-1994 pe care, fie le-am promovat direct, fie le-am sprijinit organizatoric sau instituțional.

Sunt mai multe genuri de echipamente care s-au dezvoltat în IFA, dar și de participări directe prin colaborări internaționale multinaționale sau colaborări internaționale bilaterale, la marile centre de cercetare din Europa. Ca echipamente sau aranjamente experimentale complexe, aș vrea să menționez:

- unele care au parcurs întreg ciclul de cercetare-proiectare-execuție în întregime, în cadrul perimetrului IFIN, și în continuare s-au inițiat și efectuat experimente de cercetare fundamentală, cu participare internațională chiar în curtea IFIN (spre exemplu cazul **Calorimetrului WILLI**);

- altele care au prima parte asemănătoare, dar echipamentele produse sunt de tip contribuție „in kind“ la marile centre de cercetare din Europa (CERN-Geneva și GSI-FAIR) (în special grupul DFH/IFIN la **CERN-ALICE** și **FAIR-CBM**).

### **Colaborări internaționale multinaționale, în special la CERN și GSI-FAIR**

Conform acordurilor de colaborare științifică dintre CERN-Geneva; FAIR (Germania) și IFA/IFIN, care au fost folosite drept cadru organizatoric, s-au inițiat mai multe colaborări specifice, de grup și/sau individuale, dintre care aș dori să menționez cel puțin două:

**Dezvoltări de subansamble de detectori și electronică de FEE pentru TRD din cadrul aranjamentului experimental ALICE- CERN** În primul rând, este cazul Departamentului de Fizică Hadronică-DFH (sub conducerea lui Mihai Petrovici) cristalizat în jurul unui Centru de Excelență, statut câștigat prin competiție la nivel național în urmă cu mai bine de zece ani și confirmat ulterior prin realizări deosebite<sup>177</sup>. În cadrul colaborării ALICE, DFH a avut onoarea să primească o sarcină unică, și anume să contribuie la realizarea a 20% a unuia dintre cele mai importante subdetectoare ale aranjamentului experimental ALICE, numit TRD. Încă din 2004 s-au produs primele prototipuri de TRD în cadrul laboratorului. Apoi, în octombrie 2005 a avut loc inaugurarea laboratoarelor de detectori, iar în noiembrie 2008 s-a realizat ultima componentă a subdetectorului TRD pentru aranjamentul experimental ALICE-CERN. În continuare, se prezintă circuitul **ASIC PASA** cu o structură complexă, (proiectant Vasile Cătănescu în colaborare cu Mircea Ciobanu) realizat cu o tehnologie AMS, cu o rezoluție de 0.35μm. Sensibilitatea la sarcină este foarte ridicată: 12mV/fC, caracteristicile temporale foarte bune, lărgimea impulsului după filtrul de formare este de 116 ns (FWHM), zgomotul echivalent la intrare este de 850 e la 25 pF capacitate detector, puterea integral consumată fiind doar de 15mW/canal spectrometric. Apoi, pe baza experienței câștigate și prin implementarea noului pachet de programare specifică CAD și a kiturilor HIT, s-au dezvoltat integral, (V. Cătănescu) pe tot ciclul de cercetare / dezvoltare, două circuite integrate ASIC de mare complexitate pentru partea de FEE, în cadrul colaborării internaționale **CBM** (Compressed Baryonic Matter) de la FAIR – Germania. Circuitele respective (FASP-0.2 și respectiv 0.5%/FASP-0.1) au o conversie sensibilă la sarcină cu un factor de conversie programabil, într-o gamă foarte mare, formarea semi-gaussiană de asemenea într-o gamă temporală foarte mare și, în plus, asigură o interferență minimă între canalele spectrometrice adiacente, de numai 0.012% .

**Dezvoltări de electronică de FEE în cadrul colaborărilor experimentale de la CERN – RD51 și NA62.** Pentru colaborarea RD51, în departamentul particule elementare, prin Sorin Martoiu s-a dezvoltat un sistem citire scalabilă (**SRS-Scalable Readout System**). Prin această arhitectură scalabilă se pot obține multi-Gbps de adresare punctuală (punct-la-punct) fără a apela la vreo structură de bus, fie serial, fie paralelă. Datorită structurii modulare, arhitectura poate fi implementată în diferite ASIC concrete, dând posibilitatea utilizatorilor să-și integreze diferitele dezvoltări de FEE în același sistem DAQ.

**Din cadrul colaborărilor internaționale bilaterale, Colaborarea internațională IFIN-HH cu Universitatea din Köln (Germania).** Una dintre problemele centrale care s-a ivit pe la mijlocul anilor '90, atunci când au apărut și primele detectoare de Ge de volum mare, încapsulate și segmentate, a fost aceea că se preconiza ca în afară informației de energie și de timp, prin prelucrarea informației de la segmente, corelată cu informația de la electrodul central, să se extragă și informația de spațiu, respectiv „urma“ interacție în cristal, dar și ca vector de intrare a radiației în detector. În acest fel, prin detecția completă a „urmei“ interacției („tracking“), se preconiza ca un detector de Ge segmentat să poată fi utilizat și ca un fel de „cameră de fotografiat“, așa-numita „Compton camera“. Era clar că, asemenea cerințe nu puteau fi îndeplinite, nici de circuitele existente de FEE, și nici de specificațiile lanțurilor spectrometrice clasice, bazate pe prelucrarea informației de la detector, pe cale analogică. Corespunzător, decizia colaborării AGATA a fost aceea de a se dezvolta o generație complet nouă de electronică nucleară<sup>178</sup>, inclusiv de FEE, capabilă să funcționeze la rate foarte mari de numărare, și cu caracteristici funcționale deosebite, care să permită prin conversia analog-digitală directă cât mai rapide, cu raport semnal/zgomot peste 70-75dB în bandă largă de frecvențe (până la 30-50MHz). De asemenea, prin suma de algoritme de analiză în timp real a formei impulsului și prin procesarea informației să se obțină reconstruire a

<sup>177</sup> ANSC, Romania at CERN, Research Project, [www.ifa-mg.ro/cern/docs/RO@CERN\\_2009-2011.pdf](http://www.ifa-mg.ro/cern/docs/RO@CERN_2009-2011.pdf).

<sup>178</sup> AGATA, Advanced Gamma Tracking Array, Technical Design Report, **Agata/TDR/Dec08/**

traiectului interacției în cristal („tracking“) și prin aceasta, să se măsoare nu numai energia și timpul, dar chiar și poziția și corespunzător, vectorul de intrare în cristal.

În cadrul colaborării științifice cu Universitatea din Köln, am dezvoltat un set de circuite de FEE, dedicate marilor ansambluri experimentale din Europa, destinate atât spectrometrei gama cât și de particule încărcate, respectiv:

- pentru primul ansamblu cu detectoare de tip HP-Ge segmentate și încapsulate MINIBALL ARRAY, care a fost o premieră mondială (instalație montată la CERN – REX ISOLDE, unde funcționează neîntrerupt din 1998 și până în prezent).

- pentru detectoarele de Si segmentate din cadrul ansamblului de multi-detectori LYCCA FAIR/ Nustar (GSI-Darmstadt-Germania).

- și o soluție de FEE principal nouă, pentru experimental AGATA (electrodul central)<sup>179</sup>.

Soluția principal nouă, pentru experimental AGATA (electrodul central) permite prin implementarea a două moduri de lucru, unul clasic de analiză în amplitudine și altul de analiză indirectă a amplitudinii impulsurilor cu amplitudinea peste un anumit prag, prin conversia lineară a amplitudinii în domeniul timp, și analiza corespunzătoare digitală a duratei impulsului convertit (respectiv, metoda ToT – Time over Threshold). Pe această cale, s-a obținut o dinamică de măsură de aproape 100 dB, nemaîntâlnită la scară mondială, respectiv de la 0.1fC la ~10pC sarcină electrică la intrare, ceea ce este echivalent cu o dinamică energetică de la ~2 keV la ~180 MeV, ca energie a radiației gama incidente. Rezoluția energetică intrinsecă este de ~ 600 eV, respectiv de 900 eV în cazul cuplării electrodului central, având o capacitate echivalentă de ~ 47pF. Pentru a atinge această performanță, întreg domeniul de măsură a fost împărțit în 4 sub-domenii energetice, respectiv de: 0-5 MeV; 0-20 MeV; 5-180 MeV și 20-180 MeV.

**Colaborările internaționale punctuale** de tip „freelancer“ (în special cele de durată lungă), sunt destul de rare, în marile laboratoare de cercetare. Ele denotă, în primul rând, acceptul nivelului profesional al individului dar și al școlii profesionale, de unde provine. În perioada dezvoltării detectorului complex MMRPC (Multi Strip Resistive Plate Chamber, pentru dezvoltarea ansamblului experimental FOPI – Timp de zbor (ToF), grupul de detectori de la GSI, sub coordonarea lui Mircea Ciobanu au dezvoltat diferite versiuni de FEE, fie cu circuite discrete, ultrarapide, fie sub formă de circuite integrate ASIC, realizate în tehnologie CMOS de 0.18 μm. Semnalele rapide de la detectorii MMRPC de ordinul a ~1-30 mV sunt recepționate de pe ambele fețe ale benzilor detectorului („strip“) de către preamplificatorul diferențial, sunt amplificate și apoi discriminate într-un etaj discriminator. Rezoluția temporală intrinsecă s-a dovedit a fi deosebit de bună, respectiv de sub ~20 ps, la o amplificare mare (~100-300) și banda de trecere de asemenea mare (~0.3- 1GHz).

### 5.3 „Quo vadis“, electronica nucleară?

Realmente „explozia“ de noi tipuri de detectori de radiații nucleare dezvoltate în marile centre de cercetare nucleară CERN-Geneva, FAIR-GSI-Darmstadt, HERA-Hamburg, Fermi Lab.-USA, NSCL-Michigan, GANIL-Caen, sau în cele deja sute de centre și acceleratoare de tip AMS din lume, a impus și impune în continuare, în ultima perioadă de timp dezvoltări impresionante ale electronicii de interfață, respectiv a părții de electronică, situată între detectoarele de radiații și electronica de prelucrare a informației.

Tehnologiile de dezvoltări de chipuri specifice pentru FEE sunt accesibile unui spectru mult mai larg de specialiști, nu neapărat de electroniști, ci în egală măsură fizicieni, informaticieni, matematicieni, într-un cuvânt specialiști în domeniul mult mai larg al științelor naturii! Totuși, specialitatea majoritară a celor care au dezvoltat asemenea structuri este electronica (fie electronica industrială, fie mai îngust specializată spre electronica și fizica corpului solid, spre electronică aplicată sau spre „ingineri fizicieni“). Poate că o variantă mai eficientă, este aceea a specializărilor interdisciplinare, de exemplu în cadrul unor institute care au o structură profesională, situată la granița între fizică și electronică și cu o infrastructură orientată spre cercetări interdisciplinare, inclusiv proiectarea, testarea, calificarea de circuite ASIC. (e.g. „Kirchhoff Institute for Physics“ (KIP) al Universității din Heidelberg, de altfel, renumitul Prof. G.R. Kirchhoff a promovat intens, cercetările interdisciplinare, între fizică și electronică).

<sup>179</sup> G. Pascovici, A. Pullia, F. Zocca, B. Bruyneel, D. Bazzacco, *Low noise, dual gain Preamplifier with built in spectroscopic pulser for highly segmented High-purity germanium detectors*, **WSEAS Trans. on Circuits & Systems**, 7 (6), 470 (2008).

Succesul de necontestat, al *școlii românești de FEE* din perioada anilor 1990-2010 s-a datorat tocmai acestui tip de organizare și orientare a activității profesionale. Îmi permit să amintesc doar dezvoltările de FEE făcute de *V. Cătănescu, M. Petcu, H. Bozdog, M. Ciobanu, S. Martoiu, G. Caragheorghopol și G. Pascovici*, deși cu toții având specialitatea de bază electronică, electronica aplicată, telecomunicații sau „ingineri-fizicieni” dobândită la UPB-București, majoritatea dezvoltărilor profesionale de FEE, au fost făcute în cadrul colaborărilor internaționale cu marile centre de cercetare științifică din domeniul fizicii nucleare din Europa ca: CERN, GSI-Darmstadt și FAIR, KFZ-Karlsruhe, INFN-Italia, IN2P3-Franța sau în diferite universități din Germania, Franța etc. În acest sens, aparenta dispariție a colectivelor de proiectare/cercetare de electronică nucleară de pe platforma Măgurele, nu trebuie privită neapărat negativ sau pesimist. Este mai curând, o restructurare de sistem, datorită evoluției, a unei mutații, general-globale.

Cât privește viitorul apropiat, este fără îndoială că, întreg consorțiul ELI și ELI-NP, în ansamblul său, va oferi direcții noi de cercetare fundamentală cât și de cercetare tehnologică, extrem de atractive, și chiar stimulative pentru generațiile ce vor veni.

Mă gândesc că, în 1991, când am propus și încercat să promovez, denumirea întregului ansamblu de la Măgurele, generic ca **Romanian-MIT**... nu am reușit, ba chiar am avut parte de multe reproșuri. Acum, când complexul **ELI** crește atât de frumos în același perimetru al Măgurele, mă gândesc că **IFA** și **Romanian-MIT** ar fi făcut o coabitare perfectă, poate că, doar... *ar fi fost prea frumos!*

#### 5.4 Gheorghe Pascovici (Fig. 5.1)

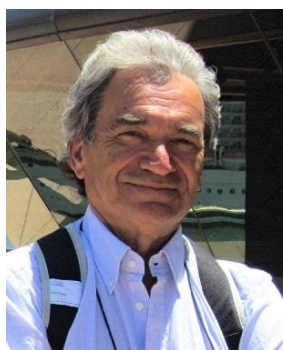


Fig. 5.1 Dr. ing. Gheorghe Pascovici

Gheorghe Pascovici s-a născut în 1943 și a absolvit în 1965 secția de ingineri fizicieni, Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Universitatea Politehnica București. Este Doctor Inginer în specialitatea Electronică Nucleară, la Institutul de Fizică Atomică (1976)

#### **Principalele metode experimentale noi de cercetare, dezvoltate de-a lungul anilor în domeniul spectrometriei nucleare:**

- Dezvoltarea integrală a electronicii nucleare analogice (Front-End Electronics) pentru primul ansamblu de detectori de tip HP-Ge segmentați cu prelucrare directă a semnalelor analogice de tip Digital Gamma-Finder (respectiv, pentru ansamblul MINIBALL – ampalsat la complexul de accelerare CERN-Rex- Isolde);
- Dezvoltarea metodei de Time-over-Threshold (ToT) în spectroscopia gamma de înaltă rezoluție, combinată cu conceptul de FEE cu factori de amplificare multipli (de ex. AGATA-Dual Gain Core Preamplifier);
- Coautor direct la dezvoltarea metodei de îmbunătățire a rezoluției temporale intrinseci în domeniul picosecundelor („The mirror pair centroid difference method”) și la generalizarea ei pentru ansamble cu un număr mare de detectori („The generalized centroid difference method for pico-seconds sensitive determination of lifetimes”);
- Dezvoltarea unor metode de măsură și caracterizare a detectorilor de HP-Ge (sarcină spațială, impurități etc.);
- Dezvoltarea de noi detectori pentru caracterizarea transparentă a fasciculelor de particule accelerate în cadrul programului (HISPEC/DESPEC-FAIR) respectiv detecția spațială, temporală, măsurarea emitanței etc.;
- Dezvoltarea metodei de Time-of-Flight la acceleratorul AMS (6.5MeV) de la Centrul National de Cercetari AMS-Köln (Germania);
- Extinderea metodei de tip „sliding scale” din structura analizoarelor multicanale de mare rezoluție, folosite în spectrometria nucleară, prin aplicarea unor corecții multiple per eveniment („Analog Stretcher with Multiple Analog Sliding Scale Correction”) contribuind astfel la îmbunătățirea considerabilă a nelinierității diferențiale;
- Metoda de conversie în domeniul timp, cu timp mort zero per conversie individuală.

#### **Publicații si Prezentări**

Peste 120 publicații științifice în reviste de specialitate, cu evaluare de tip „peer-reviewed”  
Peste 30 de prezentări și/sau lecții invitate Europa, USA, China, Coreea Sud etc.

#### **Experiența managerială în domeniul cercetării științifice**

1982-1986 Adjunct, Șef Secție Fizica Ionilor Grei, IFIN



1986-1989 Director Tehnic, IFIN - Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară  
1989-1993 Director General IFA; - cu rang de Ministru Secretar de Stat în Guvern  
1995-2012 Șeful colectivului de electronică Nucleară al Institutului de Fizică Nucleară al Universității din Köln, Germania

## 6. Specialiști români din diaspora

Acest subcapitol nu prezintă decât unele repere ale activității unor specialiști remarcabili din diasporă. Note biografice mai concludente apar în Cap. 4, 5 și 9 al **SRMN 2018** (*op. cit.*) și sunt accesibile și pe Internet la adresa <http://www.link2nano.ro/acad/SRMN/>

### 6.1 Omul anului 2017 în microelectronică: Sorin Cristoloveanu



Fig. 6.1 Dr. Sorin Cristoloveanu

Născut în 1949, Sorin a urmat Liceul Gheorghe Lazăr din București și doi ani de Politehnică. A obținut Doctoratul (PhD) în 1976, Doctoratul ès-Sciences (1981) și Diploma de Habilitare (1989) de la Institutul Politehnic din Grenoble. A fost primit la CNRS (Centrul Național de Cercetare Științifică) în 1977 unde a devenit Director de Cercetare în 1989 și Director de clasă excepțională în 2008.

Activitatea sa științifică e situată în domeniul tehnologiilor și dispozitivelor avansate pentru micro-nano-electronică. Sorin e laureatul premiului internațional Andrew Grove, decernat în 2017 de societatea IEEE. Premiul răsplătește viziunea sa precoce și contribuțiile științifice, timp de 40 de ani, la dezvoltarea tehnologiei SOI și a dispozitivelor cu corp subțire. Sorin e primul român, primul francez și al doilea european distins la acest nivel.

Lucrările echipei Cristoloveanu sunt orientate spre (i) concepția de dispozitive inovante, (ii) revelația și modelizarea fenomenelor fizice inedite, și (iii) dezvoltarea de tehnici speciale de caracterizare. Sorin asumă paternitatea tranzistorului cel mai simplu (fără poartă, pseudo-MOSFET) ca și al tranzistorului cel mai complicat (cu 4 porți independente,  $G^4$ -FET). Între aceste extreme, dispozitive cu 1, 2 sau 3 porți de comandă au fost analizate și optimizate. Tranzistori tunel dispozitive cuantice, nano-fire cu poartă circulară și circuite cu 3 dimensiuni (3D) au fost studiate înainte de a deveni subiecte la modă. Echipa lui a descoperit tranzistorul cu comutare ideală (verticală,  $Z^2$ -FET și  $Z^3$ -FET), tranzistorul tunel cu amplificare bipolară (BET-FET), dioda Hocus-Pocus reconfigurabilă, diferiți senzori și un evantai de memorii volatile (MSDRAM, A2RAM,  $Z^2$ -RAM), non-volatile și universale.

Printre mecanismele fizice, esențiale în nano-structuri, notăm: (1) Inversiunea volumică (1985<sup>180</sup>) care guvernează dispozitivele moderne (FinFET, FDSOI, nanofir etc.), (2) Polarizarea virtuală a substratului (DIVSB)<sup>181</sup>, (3)

<sup>180</sup> F. BALESTRA, S. CRISTOLOVEANU, M. BENACHIR, J. BRINI, T. ELEWA, *Double-gate silicon on insulator transistor with volume inversion: a new device with greatly enhanced performance*, IEEE Electron Device Lett., EDL-8, n° 9, 410–412 (1987).

<sup>181</sup> T. ERNST, C. TINELLA, C. RAYNAUD, S. CRISTOLOVEANU, *Fringing fields in sub-0.1μm fully depleted SOI MOSFETs: optimization of the device architecture*, Solid-State Electronics, 46, n° 3, 373–378 (2002).

Super-cuplaj între interfațe<sup>182</sup>, (4) Efecte de substrat plutitor (floating)<sup>183,184</sup>.

Metoda lui „Pseudo-MOS”<sup>185</sup> a devenit standardul pentru caracterizarea calității plachetelor SOI, utilizată de toate firmele SOI.

Sorin a ghidat numeroși doctoranzi (~100). Lista lui de publicații cumulează 1100 titluri, dintre care 400 în reviste internaționale, 150 conferințe invitate, 38 cărți sau capitole, 18 brevete. Cartea lui despre caracterizarea SOI<sup>186</sup>, publicată în 1995, a devenit un clasic.

Pe scena internațională, Sorin este de 20 de ani Editorul revistei *Solid-State Electronics* și Conferențiar Distins al Societății de Dispozitive Electronice (IEEE). A obținut titlul de Vizitor Distins la World-Class University în Coreea (2009-2013), la NASA (USA) și UWA (Australia). A fost promovat „Fellow” la IEEE în 2001 și la ECS în 2002. Se adaugă 20 de premii internaționale, organizarea de congrese multiple și două Școli de Vară în Franța și Coreea. Pe plan administrativ, Sorin a dirijat laboratorul LPCS (Institutul Politehnic din Grenoble) și a inițiat crearea Centrului de Proiecte Avansate în Microelectronică (CPMA) care a devenit în fine MINATEC, cel mai important centru de cercetare european în micro-nano-tehnologie.

## 6.2 Managerul parteneriatului public-privat în nanoelectronică europeană:

### Andreas Anton Wild



Născut în 1950, Andreas Wild (Fig. 6.2) a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații de la Institutul Politehnic din București în 1974, fiind repartizat la IPRS „Băneasa”, unde a lucrat în proiectarea și tehnologia circuitelor digitale (TTL, I2L) și lineare. A obținut titlul de doctor inginer la Institutul de Fizică Atomică din București în 1992.

Fig. 6.2 Andreas Anton Wild

La sfârșitul anului 1981 a fost angajat la Motorola GmbH la München ca inginer pentru asigurarea calității; în 1986, a devenit manager de inginerie ASIC, instalând centre de proiectare în Germania, Franța, Suedia, Italia și Regatul Unit, creând o secție care a pus în fabricație peste 300 de produse. A contribuit la evoluția metodologiei de proiectare de sistem.

În 1993, a fost numit manager al Laboratorului de tehnologii de joasă putere al Sectorului de Produse Semiconductoare (SPS) din Motorola, S.U.A. contribuind la dezvoltarea tehnologiilor pentru electronica

<sup>182</sup> S. EMINENTE, S. CRISTOLOVEANU, R. CLERC, A. OHATA, G. GHIBAUDO, *Ultra-thin fully-depleted SOI MOSFETs: special charge properties and coupling effects*, *Solid-State Electronics*, 51, n° 2, 239–244 (2007); A. REVELANT, A. VILLALON, Y. WU, A. ZASLAVSKY, C. LE ROYER, H. IWAI, S. CRISTOLOVEANU, *Electron-hole bilayer TFET: experiments and comments*, *IEEE Trans. Electron Devices*, 61, n° 8, 2674–2681 (2014); S. CRISTOLOVEANU, S. ATHANASIOU, M. BAWEDIN, P. GALY, *Evidence of supercoupling effect in ultrathin silicon layers using a four-gate MOSFET*, *IEEE Electron Device Letts.*, 38, n° 2, 157–159 (2017).

<sup>183</sup> T. OUISSE, G. GHIBAUDO, J. BRINI, S. CRISTOLOVEANU, G. BOREL, *Investigation of floating body effects in silicon-on-insulator metal-oxide-semiconductor field-effect transistors*, *Journal of Applied Physics*, 70, n° 7, 3912–3919 (1991).

<sup>184</sup> M. BAWEDIN, S. CRISTOLOVEANU, J.G. YUN, D. FLANDRE, *A new memory effect (MSD) in fully depleted SOI MOSFETs*, *Solid-State Electronics*, 49, n° 9, 1547–1555 (2005).

<sup>185</sup> S. CRISTOLOVEANU, S. WILLIAMS, *Point contact pseudo-MOSFET for in-situ characterization of as-grown silicon on insulator wafers*, *IEEE Electron Device Letters*, 13, n° 2, 102–104 (1992).

<sup>186</sup> S. CRISTOLOVEANU, S.S. LI, *Electrical Characterization of Silicon On Insulator Materials and Devices*, Kluwer Academic Publishers, Boston, ISBN 0-7923-9548-4, 400 pages (1995).

portabilă, între care tehnologia cu canal gradat GC-MOS,<sup>187</sup> pentru care a demonstrat funcționalitate la 0,9V.<sup>188</sup> A condus programul global de relații cu Universitățile<sup>189</sup>, reprezentând Motorola la University of California, Berkeley; MediaLab din Massachusetts Institute of Technology; „National Science Foundation“ – Centru de Tehnologii de Joasă Putere, la Universitățile din Arizona, ca președintele comitetului industrial consultativ; și la University of New Mexico și Arizona State University ca membru în consiliile industriale.

În 1998 a devenit co-președinte fondator al conferinței internaționale „Modelarea și Simularea Microsistemelor“ (MSM),<sup>190</sup> în paralel, a activat cinci ani în comitetul IEEE decernând premiul pentru miniaturizare „Cledo Brunetti“; și a devenit „fellow“ al Institutului de Nanoștiințe și Nanotehnologii (NSTI).

În 1997 a devenit Tehnolog Șef pentru Motorola SPS, apoi a condus expansiunea tehnică în America Latină, instalând centre de proiectare de circuite integrate la Campinas (Brazilia) și Puebla (Mexico) și centre de software îmbarcat la Santiago (Chile) – dar și la București.

În 2001 a devenit Director de Cercetare European al lui Motorola SPS, conducând laboratoarele de la Toulouse și München, fiind numit în 2002 și Director Executiv Delegat al Motorolei la Crolles, unde a fost co-manager pentru cercetarea avansată al Alianței Crolles 2.<sup>191</sup>

După expirarea Alianței Crolles 2, a fost numit în 2009 Director Executiv al Întreprinderii Comune „ENIAC“, Bruxelles, investind 4 miliarde de euro în cercetarea europeană.<sup>192</sup> În 2014, a executat ca Director Executiv fuziunea lui ENIAC cu ARTEMIS, formând „ECSEL JU“. Andreas Wild s-a retras în 1965, devenind consultant.

Andreas Wild a funcționat ca profesor asociat al Institutului Politehnic din București (1974-1981), unde a predat și un curs în 1991; a ținut prelegeri la Arizona State University (1997) și la Universitatea „Transilvania“ din Brașov. Din 2017, Andreas Wild este membru al Comisiei de Știința și Tehnologia Microsistemelor a Academiei Române.

El are 36 de patente (6 în România, 22 în S.U.A.) și peste 75 de publicații de specialitate.

În 2017, SEMI Europe i-a decernat lui Andreas Wild „SEMI Special Service Award“.

### 6.3 Generația „veteranilor români“ în microelectronică

#### 6.3.1 Constantin Bulucea (fotografia în Fig. 4.2)

**Constantin Bulucea.** Născut în 1940, a absolvit în 1962 secția de Ingineri Fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București și a devenit doctor inginer în electronică în anul 1974 (conducător: Acad. Mihai Drăgănescu).

În anul 1969 a primit o bursă guvernamentală a Comisiei de Calculatoare pentru studii graduate la University of California, Berkeley, obținând diploma de Master of Science (MS). Acolo a avut șansa să fie în clasele unor personalități de prima mână ale domeniului, ca William Oldham (Berkeley, conducătorul tezei de MS), Donald Pederson (Berkeley), Andrew Grove (Intel), Frederick Dill (IBM), Jacques Pankove (RCA) și William Howard

<sup>187</sup> K. Joardar, K.K. Gullapalli, C.C. McAndrew, M.E. Burnham, A. Wild, “An Improved MOSFET Model for Circuit Simulation”, *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 45, no. 6, pp. 134-148, 1998. Patent: US6033231.

<sup>188</sup> A. Wild, et al., “A 0.9V Microcontroller for Portable Applications”, *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 32, No. 7, p.1049, 1997. Patente: US5714393, US5811341, US5886921, US5920102.

<sup>189</sup> A. Wild, “Industrial Contributions to Science and Technology Education for the 21st Century”, *Proceedings of the International Conference on Engineering Education ICEE99, Paper 432, 1999.*

<sup>190</sup> A. Wild, “Report from the First International Conference on Modeling and Simulation of Microsystems, Semiconductors, Sensors and Actuators (MSM98)”, *IEEE EDS Newsletter*, vol. 5, No.3, p. 12, 1998.

<sup>191</sup> A. Wild, “CMOS Process and Design Options for 32nm and beyond” (invited paper), *Nanotech 2007, Milpitas, 2007. Patent US8293608.*

<sup>192</sup> A. Wild, „Foreword”, „Europe Positioning in Nanoelectronics”, în R. Puers et al., *Nonoelectronics. Materials, Devices, Applications*, vol 1 pag. XXV, vol 2 pag. 553, Willey-VCH, Germany, ISBN 978-3-527-34053-8.

(Motorola), în timpul când aceștia puneau bazele unor domenii și tehnologii noi, ca circuitele integrate analogice și simularea lor pe calculator, tehnologia Metal-Oxid-Semiconductor (MOS) etc. La întoarcerea în țară a creat la IPB cursul de Circuite Integrate Liniare și de Fizica și Tehnologia Dispozitivelor MOS.

În perioada 1970-1986, a fost director științific și director (1974-1984) al Institutului de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE) și cadru didactic asociat la Institutul Politehnic București (IPB). A orientat tehnica semiconductoarelor din România predominant spre modelele din Vest și a încurajat confruntarea cercetătorilor la nivel competitiv. Pe aceeași linie se înscrie câștigarea și implementarea proiectului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD) dedicat experimentării-pilot a tehnologiei MOS/LSI pentru microelectronică.

În 1978, urmând modelul conferinței IEEE International Electron Device Meeting (IEDM), a fondat Conferința Anuală de Semiconductoare, CAS, devenită în timp conferință internațională IEEE.

În noiembrie 1986 a părăsit România. Între 1987 și 1990 a fost inginer principal și șef de proiect la Siliconix, Santa Clara, California. În 1990-2011, a lucrat ca membru senior al grupului tehnic, apoi ca „chief technologist“ la National Semiconductor, Santa Clara, California. În septembrie 2011, a devenit Membru Distins al Grupului Tehnic al firmei Texas Instruments, ca rezultat al achiziției firmei National Semiconductor de către această firmă. Din această poziție s-a pensionat, la cerere, în august 2012, la împlinirea vârstei de 72 ani.

Dr. ing. C. Bulucea a adus contribuții importante la dezvoltarea tehnicii semiconductoarelor în România. În 1966, a elaborat primul proiect românesc și metodologia de proiectare pentru tranzistoare planare dublu difuzate cu siliciu, urmat de o suită de tranzistoare cu siliciu create de cercetătorii de la ICCE și IPRS, fără licențe străine. A fost conducătorul tehnic al proiectului național „Microelectronica“, de la proiectarea uzinei, până la punerea în funcțiune cu tehnologie elaborată de cercetătorii de la ICCE (1980-1984).

Între contribuțiile sale la știința și tehnica semiconductoarelor se numără: continuarea teoriei lui A.S. Grove privind efectele câmpului de suprafață asupra tensiunii de străpungere a dispozitivelor planare (1972-1974)<sup>193</sup>, teoria injecției de avalanșă la dispozitivele cu poartă de siliciu, cu măsurarea și înregistrarea pe plotter, pentru prima dată, pe diode cu poartă cu siliciu de înaltă perfecțiune fabricate la ICCE, a curentului continuu (sute de pA) de electroni fierbinți, prin oxidul de poartă (1974-1975)<sup>194</sup>, primele tranzistoare de putere (100 A) în tehnologia „trench DMOS“, pe baza tehnicii cunoscute în prezent ca „Bulucea Clamp“ și folosită în toată lumea în gama de joasă tensiune a comutatoarelor MOS de putere (1986-1989)<sup>195</sup>, fizica și tehnologia tranzistoarelor integrate de înaltă performanță MOS asimetrice, realizate în tehnologia originală „empty channel“, dezvoltată și validată la National Semiconductor (1990-2010)<sup>196</sup>, și 70 de brevete de invenții americane și internaționale în domeniul circuitelor integrate VLSI pentru aplicații analogice și de semnale mixte. A publicat 40 articole și

<sup>193</sup> a) C. Bulucea, C. Postolache, and A. Rusu, „Avalanche Injection in Silicon Planar Semiconductor Devices“, *Second International Conference on Solid Surfaces, Kyoto*, March 25-29, 1974; b) C. Bulucea, A. Rusu, and C. Postolache, „Surface Breakdown in Silicon Planar Junctions“, *Solid-State Electronics*, vol. 17, pp. 881-888, 1974, c) A. Rusu and C. Bulucea, „Two-Dimensional Calculation of Avalanche Breakdown Voltage in Deeply-Depleted MOS Capacitors“, *IEDM*, 1976.

<sup>194</sup> a) C. Bulucea, „Avalanche Injection into the Oxide in Silicon Gate Controlled Devices – I Theory“, *Solid-State Electronics*, vol. 18, pp. 363-374, 1975; b) C. Bulucea, „Avalanche Injection into the Oxide in Silicon Gate Controlled Devices – II Experimental Results“, *Solid-State Electronics*, vol. 18, pp. 381-391, 1975. Această suită de două articole sumarizează teza de doctorat a autorului la Institutul Politehnic București.

<sup>195</sup> a) C. Bulucea, M. Kump, and K. Amberiadis, „Field Distribution and Avalanche Breakdown of Trench MOS Capacitors Operated in Deep Depletion“, *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 36, pp. 2521-2529, 1989. b) C. Bulucea and R. Rossen, „Trench DMOS Transistor Technology for High Current (100 A Range) Switching“, *Solid-State Electronics*, vol. 34, pp. 493-507, 1991; c) T. Dyer, J. McGinty, A. Strachan, and C. Bulucea, „Monolithic Integration of Trench Vertical DMOS (VDMOS) Power Transistors into a BCD Process“, *International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs*, Santa Barbara, pp. 23-26, 2005.

<sup>196</sup> C. Bulucea *et al.*, „Physics and Technology, and Modeling of Complementary Asymmetric MOSFETs“, *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 57, pp. 2365-2379, 2010 – clasificată, în prezent, ca „Scholarly Article“ în căutările Google pe subiectul din titlu.

comunicări în reviste și conferințe internaționale de prestigiu, cum sunt IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Electron Device Letters, International Electron Device Meeting (IEDM), Solid-State Electronics etc.

A făcut parte din comitetul editorial onorific al revistei Solid-State Electronics (1978-2012), a fost editor al revistei IEEE Electron Device Letters (1995-2012) și membru al Comitetelor Tehnice ale conferințelor internaționale IEEE Bipolar Circuits and Technology Meeting (BCTM) și IEEE VLSI Symposium (2004-2007). Din 2012 este editor al revistei on-line IEEE Journal of the Electron Device Society (J-EDS).

Din 2001, este Membru de Onoare al Academiei Române.

### 6.3.2 Mircea V. Dușa (Figura 6.3)

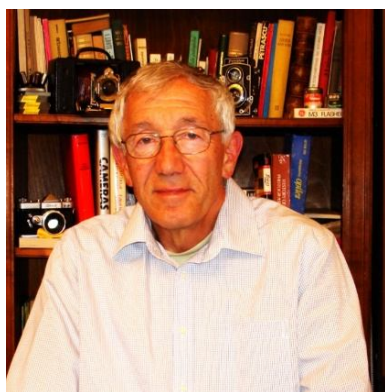


Fig. 6.3 Dr. Mircea Dușa

Mircea Dușa a absolvit secția Ingineri Fizicieni Facultății de Electronică și Telecomunicații, Institutul Politehnic București, (1970). Este doctor în Optică Aplicată la Universitatea Politehnică București (1993). A făcut stagii de training în tehnologia semiconductoarelor la SGS Thompson (1972, Franța), proiectare asistată de calculator la CalComp (1978, Olanda), metrologie-inspecție la Leitz (1984, 1986 Germania).

În momentul de față este ASML Fellow la ASML, cel mai mare furnizor din lume de sisteme fotolitografice pentru industria semiconductoarelor. Are peste patruzeci și cinci de ani de experiență în domeniul cercetării/dezvoltării și al fabricației de dispozitive semiconductoare, din 1970 până în 1990 în România, iar din 1990 până în prezent, în SUA. Are treizeci de ani de experiență în managementul tehnic al programelor interdisciplinare de dezvoltare a proceselor avansate și a echipamentelor, de la nivel de concept R&D la producție pilot și până la producție de masă, cu fabricanți recunoscuți de dispozitive și echipamente semiconductoare ca, ASML, National Semiconductor, Zygo Corporation, Carl Zeiss SMT, IMEC, Fuji Electronic Materiale, ARM, Cadence Design Systems. Are 25 brevete SUA; 150 articole de referință cu 950 citări, din peste 200 de lucrări publicate și prezentate la conferințe și în reviste tehnice internaționale din SUA, Japonia, Europa.

Din 1970 până în 1990 a lucrat în diferite poziții de inginerie și management tehnic în tehnologia semiconductoarelor din România, începând cu ICCE, în dezvoltarea tehnologiilor de fabricație pentru dispozitive electronice din fabricile IPRS Băneasa și Microelectronica. A creat și condus Atelierul de Fabricație Măști și Fotolitografie Direct Step on Wafer, fiind responsabil pentru dezvoltarea tehnologiilor de fabricare a măștilor optice și E-Beam. A contribuit la proiectarea, construirea, instalarea și punerea în funcțiune a primelor două camere ultracurate cu atmosferă controlată din România, inclusiv cea mai mare cameră ultracurată din România, pentru fabricația de circuite integrate MOS la întreprinderea Microelectronica. A avut realizări inovatoare în vederea extinderii limitei de rezoluție optică, prin ajustarea tonalității fotorezistului<sup>197</sup> și a măștii<sup>198</sup> obținând astfel structuri cu dimensiuni sub-micronice.

Începând din 1990 și până în prezent a lucrat în SUA, în San Jose (Silicon Valley), în domeniul proceselor și echipamentelor de semiconductoare de fotolitografie. În 1995 a revenit în industria de circuite integrate, la National Semiconductor, Fairchild Research Center, Santa Clara, California. Din 1999 și până în prezent, lucrează la ASML ca membru fondator al Centrului de Dezvoltare Tehnologică, unde desfășoară activități exploratorii pentru a îmbunătăți performanța tehnică a sistemelor lithografice pentru generațiile viitoare ale ASML, în principal scanerele cu imersie cu lumina de expunere de 193 nm și cele operând în domeniul UV extrem, cu

<sup>197</sup> *Patterning 0.50 micron Lines through Image Reversal*, SEMICON Europe Technical Sessions: Inventions în Micro-Processing, 1989, Zürich, Switzerland.

<sup>198</sup> *In-house Practical Method for Lens MTF Evaluation în Microlithography*, 11th International Semiconductor Conference, CAS, October 1988, Sinaia, România; *Considering Babinet Principle for Optical Lithography Resolution Limit Exceeding Classical Resolving Power*, SPIE Vol. 1264, Optical Microlithography III, San Jose, CA, USA, 1990.



lumina de expunere de 13 nm. Activitatea științifică s-a desfășurat în patru domenii complementare ale ecosistemului litografic: fabricația măștilor, echipamentele de expunere, metrologia-controlul procesului și co-optimizarea tehnologiilor de proiectare cu tehnologiile de proces. Partea principală a activității tehnice în carieră a fost și este dezvoltarea de procese inovatoare pentru a permite echipamentelor de expunere să funcționeze într-un regim care depășește limita de rezoluție optică Rayleigh, în principal prin expuneri multipass, cunoscute în industrie ca „double/multiple exposures“. Rezultate notabile sunt, introducerea conceptului de „edge lithography“<sup>199</sup> cu metoda „pitch-division“ prin tehnicile Litho-Etch și Spacer-Assisted și crearea primului set de cerințe tehnice pentru toleranțele de control al procesului<sup>200</sup>.

### 6.3.3 Andrei Vladimirescu (Figura 6.4)



Fig. 6.4 Dr. Andrei Vladimirescu

Andrei Vladimirescu, născut în 1948, a absolvit Institutul Politehnic din București, România, Facultatea de Electronica și Telecomunicații, în 1971. A obținut diplomele de Master of Science și PhD în inginerie electrică și informatică (EECS) de la Universitatea California, Berkeley, în 1980 și, respectiv, 1982. Este IEEE Life Fellow și membru IEEE din 1977.

Din 1971 până în 1977 a lucrat la Institutul de Cercetare Componente Electronice (ICCE). Un program pentru comanda unei platforme de tăiere rubylith a primit un premiu de la Hewlett-Packard<sup>201</sup>. În aceeași perioadă, Andrei a proiectat primul CI MOS cu canal P (PMOS) fabricat în România<sup>202</sup>.

În 1977 el s-a integrat în grupul de cercetare CAD CI al departamentului EECS sub conducerea profesorului Donald Pederson la Universitatea California, Berkeley, unde a făcut parte din echipa care a dezvoltat programul SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) fiind responsabil pentru toate versiunile din 1977 până la lansarea versiunii SPICE2G6 de robustețe industrială în 1981<sup>203</sup>. Tot la Berkeley a finalizat teza de doctorat (1982).

A lucrat la diverse firme, fiind (1988-1997) director la Analog Design Tools Inc, și, ulterior, la Valid Logic Systems Inc și Cadence Design Systems Inc. Este profesor implicat în proiecte de cercetare la Universitatea California, Berkeley, la Institutul de Electronică din Paris, ISEP, la Universitatea Tehnică din Delft, precum și consultant pentru industrie în domeniul Electronic Design Automation. Activitățile sale de cercetare sunt în domeniile de proiectare, simulare și modelare a circuitelor CMOS, cu noi dispozitive (TFET) și circuite pentru calcul cuantic, cât și, algoritmi de simulare electrică pentru arhitecturi speciale de calculator.

Contribuția primordială este activitatea sa de pionierat la programul SPICE dezvoltat de la un proiect de doctorat la un program de cerințe industriale, lansat de UC Berkeley ca SPICE 2G6 în 1980. Nici un CI nu este conceput astăzi fără utilizarea unui simulator SPICE, fără de care nu s-ar fi reușit niciodată să se integreze câteva miliarde de tranzistori pe același chip. O contribuție majoră a fost introducerea modelelor compacte MOSFET moderne.

<sup>199</sup> *Prospects and Initial Results from Double Exposure/Double Pitch Technique*, ISSM2005, San Jose, CA, Sept. 2005.

<sup>200</sup> *Manufacturing Challenges in Double Patterning Lithography* ISSM, MC-233, Sept. 2006; *Pitch Doubling Through Dual Patterning Lithography, Challenges in Integration and Litho Budgets*, Proc. SPIE 6520-16, 2007; *Dense Lines created by spacer DPT: process control by local dose adjustment using advanced scanner control*, Proc. SPIE 7274-26, 2009; *Double patterning lithography: The bridge between low k1 ArF and EUV*; Microlithography World, Feb 2008.

<sup>201</sup> A. Vladimirescu and D. Prisecaru, „Integrated Circuit Layout Design using HP Desktop Calculators“, *Hewlett-Packard Keyboard*, Vol. 7, No. 3, 1975.

<sup>202</sup> A. Vladimirescu, „Calculator-Aided Design of MOS Integrated Circuits“, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. SC-10, No. 3, June 1975.

<sup>203</sup> A. Vladimirescu, et al., *SPICE Version 2G User's Guide*, Univ. of California, Berkeley, August 1981.



El a inițiat dezvoltarea modelelor compacte MOSFET cu efecte la dimensiuni mici<sup>204</sup>, care au devenit predominante în anii 1980. Dr. Vladimirescu este autorul cărții „The SPICE Book“, publicată de J. Wiley & Sons, în 1994<sup>205</sup>. Această lucrare a fost tradusă în mai multe limbi. El este autor și a co-autor a peste 100 de articole în jurnale de specialitate și conferințe. Dr. Vladimirescu este Life Fellow IEEE. A coordonat conferința internațională ESSCIRC 2013 (București, pentru prima oară în estul Europei).

### 6.3.4 Radu Vanco (Figura 6.5)

Radu Vanco (Vancu), născut în 1949, a absolvit în 1972, ca șef de promoție, secția Ingineri fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București, cu numele Mutică, modificat în Vancu, după căsătorie, apoi în Vanco. Între 1972 și 1984, a lucrat la Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE), unde, ca Șef al grupului de proiectare de circuite integrate MOS a dezvoltat mai multe produse, incluzând primul circuit integrat VLSI din România.

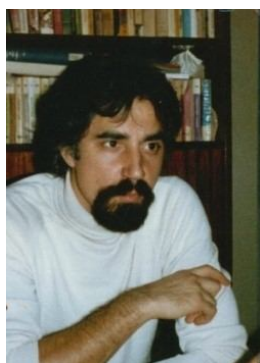


Fig. 6.5 Dr. Radu Vanco

În 1985 a emigrat în SUA. Între 1985 și 1991 a lucrat la Seeq Tehnology, mai întâi ca inginer de proiectare, apoi, din 1988, ca Director al Ingineriei de Proiectare. A proiectat produse revoluționare pentru companie, incluzând un EEPROM de mare viteză care opera la 35 ns, în timp ce produsele curente erau la 200 ns, primul EEPROM cu corecția erorii și a câștigat cursa pentru densitatea de 1 Mbit împotriva principalului competitor, Xicor.

Între 1991 și 1993 a fost Manager al Liniei de Producție HDPLD, la Cypress Semiconductor. Din 1992 este fondator al Essex Com srl și LXI Corporation, companii cu sediul în București, România, respectiv în Silicon Valley, California, care sunt specializate în dezvoltarea de software, hardware și servicii de inginerie.

Între 1993 și 2002, a lucrat la firma Catalyst Semiconductor, mai întâi ca VPE (VP Engineering), apoi ca VP Executive, construind, în condiții extrem de dificile, o organizație inginerescă eficientă de peste 50 de persoane cu sarcina de a dezvolta un portofoliu variat de produse programabile incluzând Flash, EEPROM și Mixed Signal. A reușit să reîntoarcă la profitabilitate compania, prin restructurarea și re poziționarea activităților, construirea unei echipe noi de management, renegocierea datoriilor și aducerea de capital nou. Ca rezultat, valoarea acțiunilor a crescut cu peste 10.000%, și compania a fost relistată în NASDAQ. Ulterior, compania a fost achiziționată de ON Semiconductor.

Din 2005 este fondator și CEO al firmei WebVision Inc., o companie privată care dezvoltă tehnologii inovative Web 2.0 pentru accesarea, organizarea și distribuirea informației multimedia. Compania operează un portofoliu de site-uri web de știri și media, incluzând Quazoo.com și Snipview.com.

<sup>204</sup> A. Vladimirescu and S. Liu, „The Simulation of MOS Integrated Circuits using SPICE2“, UCB/ERL Memo M80/7, Univ. of California, Berkeley, Oct. 1980.

<sup>205</sup> A. Vladimirescu, *The SPICE Book*, J. Wiley and Sons, New York, NY, 1994.

### 6.3.5 Radu Bârsan (Figura 6.6)



Fig. 6.6 Dr. Radu Bârsan

Radu M. Bârsan, născut în 1953, a absolvit în 1976 secția de Componente și Dispozitive Electronice, de la Facultatea de Electronică, Institutul Politehnic București (1976). Are Doctorat în Științe Aplicate cu specializare în Microelectronică, Universitatea Catolică Louvain, Belgia (1981), conducător Prof. F. Van de Wiele și Doctorat în Electronică, IPB (1986), conducător Acad. M. Drăgănescu.

A condus la Facultatea de Electronică seminarul de dispozitive și circuite integrate MOS și a predat cursul „Elemente de Teoria și Proiectarea Circuitelor MOS Integrate pe Scară Mare”. Ca cercetător științific la ICCE (1976-1982) a creat programe de proiectare asistată de calculator a circuitelor integrate, a dezvoltat primele dispozitive semiconductoare cu transfer de sarcină<sup>206</sup> și primele tehnologii de circuite integrate MOS pentru noua întreprindere Microelectronica. La Microelectronica a condus secția de tehnologie și fabricație structuri de circuite integrate de la punerea în funcțiune în 1982 până în 1990. Tehnologiile dezvoltate sub directă sa îndrumare au fost utilizate la fabricația primelor circuite integrate pe scară mare din România, pentru aplicații noi la acea vreme, cum ar fi primul telefon cu tastatură numerică, primul ceas digital de bord auto și altele.

După stabilirea în SUA în 1990 a contribuit mai întâi (firma Tempcraft din Cleveland, Ohio) la dezvoltarea uneia din primele tehnologii de fabricație aditivă tri-dimensională („3D-Printing”) din lume, folosită la proiectarea elicelor de motoare turbo-reactoare, denumită stereo-litografie. La firma Cypress Semiconductor din Valea Siliciului în California (vânzări de 500 milioane dolari) a dezvoltat o nouă tehnologie de memorie nevolatilă pentru circuite logice programabile de utilizator. La AMD (Advanced Micro Devices) în Sunnyvale, California (vânzări de 3 miliarde dolari), a condus cercetarea și dezvoltarea a trei noi tehnologii pentru circuite integrate pe scară foarte mare, inclusiv cu memorie nevolatilă integrată. La firma Cirrus Logic din Fremont, California (vânzări de 1,2 miliarde dolari), a condus ca vice-președinte dezvoltarea de noi tehnologii pentru circuite integrate în colaborare cu două dintre cele mai prestigioase firme din domeniu: IBM și Lucent (fost AT&T). În domeniul dispozitivelor optice a condus ca vice-președinte al firmei Phaethon Communications din Fremont, California, cercetarea unei noi tehnologii de control a dispersiei impulsurilor laser propagate pe fibre optice de comunicații de foarte mare viteză. Ca președinte al firmei Redfern Integrated Optics (RIO), finanțată de investitori din SUA și Australia și achiziționată ulterior de firma Britanica QinetiQ (vânzări de 1,2 miliarde lire sterline), a condus și contribuit personal la realizarea primului laser din lume cu cavitare externă integrată pe siliciu, cu echipe de ingineri și cercetători în Sydney, Australia și Santa Clara, California. Aceste dispozitive laser de mare precizie sunt folosite în aplicații extrem de diverse, de la comunicații de mare viteză prin fibră optică, la sisteme interferometrice industriale de mare precizie, la sateliți NASA pentru cercetarea calotelor polare, la explorarea zăcămintelor și monitorizarea conductelor petroliere. În domeniul dispozitivelor și circuitelor integrate de putere a condus ca vice-președinte la firma Power Integrations din San Jose, California (vânzări de 400 milioane dolari), cercetarea și dezvoltarea de tranzistoare de putere, tehnologii pentru circuite integrate de înaltă tensiune și noi materiale semiconductoare pentru dispozitive de putere. Tehnologiile microelectronice dezvoltate sub îndrumarea sa constituie baza fabricației a miliarde de circuite integrate vândute anual, în cele mai diverse aplicații, de la bunuri de consum, telecomunicații, calculatoare, roboți industriali, și până la turbine eoliene, locomotive electrice, conducte petroliere sau panouri solare. Are 17 patente în SUA, în diferite tehnologii și dispozitive semiconductoare și fotonice.

Are peste 50 de articole științifice publicate în reviste internaționale de prestigiu (IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Solid-Sate Electronics, Applied Physics Letters etc.) și comunicări științifice la conferințe internaționale de specialitate (ESSDERC în Europa, diverse conferințe în SUA sub auspiciile IEEE și OSA). Este membru fondator al Conferinței Anuale de Semiconductoare (CAS) din România, membru al comitetului tehnic de selecție de la înființare în 1977 până în 1986.

<sup>206</sup> A scris „Dispozitive și circuite integrate cu transfer de sarcină”, Ed. Tehnică, 1981; „Fizica și tehnologia circuitelor integrate pe scară mare”, Ed. Tehnică, 1989 – folosită de multe generații de studenți din România.

### 6.3.6 Viorel Banu (Figura 6.7)



Fig. 6.7 Dr. ing, Viorel Banu

Viorel Banu a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Componente și Dispozitive Electronice în 1978, fiind repartizat la IPRS-Băneasa, la secția 2300 – diode și tiristoare. Încă din facultate a fost cooptat în grupul de cercetare „Studiul contactului metal-semiconductor”<sup>207</sup>. Primele rezultate din IPRS au fost legate de tensiunile înalte de blocare la tiristoarele de mare putere. A fost inclus în echipa pentru transferul unei licențe de tiristoare de mare putere (AEG-Telefunken). S-a afirmat în continuare în cercetarea tehnologică legată de realizarea a diferite dispozitive de putere, inclusiv în tehnologiilor nucleare în colaborarea cu IFTAR, Măgurele. În IPRS Băneasa a ajuns până la nivelul de șef de secție.

În 2007 când a emigrat în Spania, trecând la cercetarea dispozitivelor electronice de putere realizate pe semiconductoare de bandă largă (WBG), atât carbura de siliciu (SiC) cât și nitruza de galiu (GaN) sau nitruza de galiu-aluminiu (Al-GaN). La IMB-CNM Barcelona a lucrat la realizarea unor diode pentru misiunea spațială BepiColombo, care urma să trimită o sondă către planeta Mercur<sup>208</sup>. S-a ocupat de caracterizarea în laborator a dispozitivelor de putere realizate pe carbură de siliciu, de tip diode Schottky, JBS, MOSFET, MESFET, BJT (Junction Bipolar Transistor). A dezvoltat o metodă originală de ciclare în putere care permite cunoașterea temperaturii instantanee atinsă în dispozitivul testat și a defazajului dintre temperatură și puterea aplicată<sup>209</sup>. S-a ocupat de încapsularea dispozitivelor cu carbura de siliciu, demonstrând o creștere de două ori a capacității în suprasarcina de curent sau peste un milion de cicluri fără modificări sesizabile ale parametrilor<sup>210</sup> precum și de proiectarea unor circuite integrate pe SiC cu tranzistoare MESFET de putere<sup>211</sup> ș.a.

## 6.4 O nouă generație ajunsă la maturitate: nanoelectronică și nanotehnologie.

### 6.4.1 Sorin Voinigescu (Figura 6.8)

Sorin P. Voinigescu a absolvit (1984) Facultatea de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București, în specialitatea Microelectronică. Lucrarea de diplomă a avut ca subiect zgomotul în diodele de microunde Barritt și Impatt. Zgomotul în tranzistoarele și circuitele integrate de microunde și unde milimetrice

<sup>207</sup> D. Dascălu, GH. Brezeanu, P.A. Dan, **V. Banu**, „Bulk Breakdown În Heat-Treated planar AL/n-Si Schottky Diodes“, **Revue Roumaine de Physique**, Tome 27, 1982, pag. 309-311.

<sup>208</sup> V. de exemplu: **V. Banu**, P. Brosselard, X. Jordá, J. Montserrat, P. Godignon, J. Millán, „Behaviour of 1.2 kV SiC JBS diodes under repetitive high power stress“, **Microelectronics Reliability** **48 (2008) 1444–1448**.

<sup>209</sup> **V. Banu**, V. Soler, J. Montserrat, J. Millán, P. Godignon, „Power cycling analysis method for high-voltage SiC diodes“, **Microelectronics Reliability**, 2016, Vol. 64 pp 420-423.

<sup>210</sup> **V. Banu**, P. Godignon, X. Perpiñá, X. Jordá, J. Millán, „Enhanced power cycling capability of SiC Schottky diodes using press pack contacts“, **23rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis, ESREF 2012**.

<sup>211</sup> **V. Banu**, J. Montserrat, M. Alexandru, X. Jordá, J. Millán, P. Godignon, „Monolithic Integration of Power MESFET for High Temperature SiC Integrated Circuits“, **Proceeding of: The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013**.

este un subiect pe care l-a cercetat de-a lungul următorilor 30 de ani, publicind câteva articole<sup>212,213</sup> și patente<sup>214</sup> citate frecvent, și care i-a adus ridicarea la gradul de IEEE Fellow, succes comercial și premiul președintelui companiei multinaționale Nortel în 1996.



Fig. 6.8 Prof. Sorin P. Voinigescu, University of Toronto, Ontario, Canada

Între 1984 și 1987, a lucrat în colectivul de Dispozitive de microunde, la Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București, unde a contribuit la proiectarea și demonstrarea sistemului Delta de comunicații între calculatoare prin microunde folosind modulație digitală QPSK, direct la 11 GHz. A dezvoltat un algoritm de rezolvare simultană a ecuației Poisson și Schrodinger în dispozitive quantice, pe care l-a aplicat la cercetarea tranzistoarelor HEMT și a nivelelor energetice în gropi cuantice de potențial cuplate<sup>215,216</sup>. S-a mutat în Laboratorul de Microunde de la ICCE, unde a contribuit proiectarea, fabricarea și caracterizarea dispozitivelor și circuitelor integrate de microunde.

A făcut doctoratul (1991-1994) la Departamentul de Inginerie Electrică și de Calculatoare al Universității din Toronto, finalizând teza „*Tranzistoare p-MOSFET cu heterojuncțiuni Si/SiGe și compatibile cu procesele VLSI*“. Astăzi, astfel de tranzistoare p-MOSFET cu canal din SiGe se găsesc în toate procesele de producție CMOS cu dimensiuni minime mai mici de 22 nanometri. Între 1994 și 2000, a lucrat la NORTEL în Ottawa unde a fost responsabil cu dezvoltarea modelelor pentru dispozitive semiconductoare din Si, SiGe și materiale III-V. A condus, de asemenea, cercetări în circuite integrate pentru sisteme de comunicație prin telefonie mobilă la 5 GHz și prin fibră optică la 40 Gb/s folosind aceste materiale semiconductoare și tehnologii CMOS, SiGe BiCMOS, GaAs HBT și InP HBT. În anul 2000, Sorin Voinigescu a co-fondat și a fost CTO-ul companiei start-up *Quake Technologies* în Ottawa, Canada, care a introdus primele sisteme-pe-chip SONET la 10 Gb/s și 10 G Ethernet din lume în 2001 și, respectiv, în 2002.

Din 2002 este Profesor și directorul grupului de VLSI în Departamentul de Inginerie Electrică și Calculatoare al Universității din Toronto unde deține catedra Stanley Ho în Microelectronică. Este autorul câtorva lucrări frecvent citate despre dispozitive și circuite integrate de microunde și unde milimetrice cu Si și SiGe și a unei cărți foarte apreciate în industrie, „*High-Frequency Integrated Circuits*“, Cambridge University Press (2013). În 2008-2009 și 2015-2016 a petrecut ani sabatici la Fujitsu Laboratories of America, Sunnyvale, CA, SUA, la NTT Device Research Laboratories în Atsugi, Japonia, la Robert Bosch GmbH în Germania și la University of New South Wales în Sydney, Australia, unde a făcut cercetări în tehnologiile și circuitele pentru radio, radar și senzori de unde milimetrice, și pentru sistemele de comunicații pe fibră optică la 1Tb/s. În 2009-2010 a co-fondat ca Chief Technology Office (CTO) compania *Peraso Technologies* cu sediul în Toronto, și care dezvoltă și comercializează circuite integrate pentru radiouri la 60 GHz. În 2013, a primit ITAC Lifetime Career Award pentru contribuțiile sale la Industria Canadiană de Semiconductoare.

<sup>212</sup> S.P. Voinigescu, M.C. Maliepaard, J.L. Showell, G. Babcock, D. Marchesan, M. Schroter, P. Schvan, and D.L. Hame, „A Scalable High Frequency Noise Model for Bipolar Transistors with Application to Optimal Transistor Sizing for Low-Noise Amplifier Design“, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 32, No. 9, pp. 1430-1438, 1997.

<sup>213</sup> T. Yao, M.Q. Gordon, K.K.W. Tang, K.H.K. Yau, M-T. Yang, P. Schvan, and S.P. Voinigescu, „Algorithmic Design of CMOS LNAs and PAs for 60-GHz Radio“, *IEEE Journal of Solid State Circuits*. Vol. 42, No. 5, pp. 1044-1057, May, 2007.

<sup>214</sup> S.P. Voinigescu and M.C. Maliepaard on „High frequency noise and impedance matched integrated circuits“, US Patent No: 5789799.

<sup>215</sup> S. Voinigescu, „Quantum modelling of charge distribution in single and multiple heterojunction modfets“, *Int. J. Electronics*, vol. 66, pp. 227-245, 1989.

<sup>216</sup> S. Voinigescu and A. Müller, „Charge Dynamics in Heterostructure Schottky-Gate Capacitors and Their Influence on the Transconductance and Low-Frequency Capacitance of MODFET's“, *IEEE Trans. Electron. Dev.*, Vol. ED-36, pp. 2320-2327, 1989.





#### 6.4.2 Adrian Ionescu (Fig. 6.9)

Fig. 6.9 Mihai Adrian Ionescu, profesor universitar în nanoelectronică la Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne, Elveția.

Adrian Ionescu, născut în 1965, a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic București. A obținut doctoratul sub conducerea prof. Adrian Rusu, în 1994. În 1997 susține o a doua teză la Institut National Politechnique de Grenoble, unde sub îndrumarea profesorului Alain Chovet obține, cu o lucrare experimentală în domeniul materialelor și transistoarelor Silicon-On-Insulator (siliciu pe izolant). După un an la Stanford University, în SUA, Adrian Ionescu crează la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) laboratorul Nanolab (*Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques*: <https://nanolab.epfl.ch/>). Grupul lui Adrian Ionescu dezvoltă noi concepte pe dispozitive cu un singur electron (*single electron transistor, SET*) și hibridizarea lor pe aceeași platformă tehnologică CMOS. O serie de rezultate și lucrări științifice în acest domeniu îl plasează în grupurile cele mai avansate și rezultatele sale de modelare și concepție de dispozitive și circuite SET<sup>217</sup>. În paralel, grupul lui Adrian Ionescu începe explorarea domeniilor de dispozitive de putere redusă și *More Than Moore*, în care funcții electronice analogice și de radiofrecvență utilizând tehnologii RF MEMS, integrarea de sensori și tehnici de integrare hibridă 3D preced revoluția smartphone-urilor, care va începe în anul 2007. Nanolab-ul lui Adrian Ionescu devine un adevărat lider european de proiecte finanțate de Comisia Europeană, implicând grupuri academice și industriale, permițând creșterea masei critice a grupului său la peste 20 cercetători și obținerea unor rezultate de certă originalitate, publicate în reviste de prestigiu internațional și, în multe cazuri, prezentate la conferințe cu impact major, cum ar fi IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), Device Research Conference (DRC), Transducers și MEMS. Profesorul Ionescu a publicat un număr de peste 500 articole în reviste și conferințe internaționale<sup>218</sup> și a condus, până în prezent, peste 40 de teze de doctorat la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Printre contribuțiile originale ale profesorului Ionescu, se pot enumera: conceptul de tranzistor cu corp vibrant („vibrating body FET”) cu aplicații în domeniul de sensori și dispozitive de radiofrecvență Nano-Electro-Mechanical-Systems (NEMS), diferite concepte avansate de tranzistor cu efect tunel (tunnel FET)<sup>219</sup>, primul concept de tranzistor de tip Density-of-States (DOS), numit Electron-Hole Bilayer Tunnel FET<sup>220</sup>, prima demonstrație experimentală a efectului de capacitate negativă<sup>221</sup>, și, mai recent, elaborarea conceptului de multi-sensor Lab On Skin, pentru explorarea și măsurarea concentrației biomarkerilor în fluide corporale, pentru aplicații în domeniul medicinei personalizate și preventive. Acest ultim concept a permis crearea companiei elvețiene Xsensio<sup>222</sup>.

Adrian Ionescu are titlul de *IEEE Fellow* din anul 2016 și a fost Editor al revistei *IEEE Transactions on Electron Devices* timp de 6 ani (2009-2015). În anul 2009 a primit medalia *André Blondel* decernată de Society of Electrical and Electronics Engineering, Paris, France și, în anul 2013, premiul *IBM Faculty Award*, pentru contribuții în domeniul științelor ingineresti. Un alt rezultat deosebit al carierei sale este coordonarea proiectului pilot FET (Future Emerging Technologies) Flagship intitulat *Guardian Angels for a Smarter Life*, un program de cercetare avansată implicând 66 parteneri internaționali, care a fost clasat în cei patru finaliști ai competiției europene de tehnologii flagship ale viitorului. Din anul 2015 profesorul Adrian Ionescu devine membru al Academiei Elvețiene

<sup>217</sup> A.M. Ionescu, S. Mahapatra, *Hybrid CMOS single-electron-transistor device and circuit design*, 2006, Artech House, Inc. Norwood, MA, USA.

<sup>218</sup> <https://scholar.google.ch/citations?user=CDI07dYAAAAJ&hl=en&oi=ao>

<sup>219</sup> A.M. Ionescu, H. Riel, *Tunnel field-effect transistors as energy-efficient electronic switches*, Nature 479 (7373), 2011, pp. 329-337.

<sup>220</sup> L. Lattanzio, L. De Michielis, A.M. Ionescu, Complementary germanium electron-hole bilayer tunnel FET for sub-0.5-V operation, IEEE Electron Device Letters 33 (2), 2012, pp. 167-169.

<sup>221</sup> G.A. Salvatore, D. Bouvet, A.M. Ionescu, *Demonstration of subthreshold swing smaller than 60mV/decade in Fe-FET with P (VDF-TrFE)/SiO<sub>2</sub> gate stack*, IEEE IEDM 2008.

<sup>222</sup> <https://xsensio.com/>

de Științe Inginerești (SATW)<sup>223</sup> și membru al Comitetului Științific al SATW. În același an obține premiul *Outstanding Achievement Award 2015* al aceleiași academii de științe. În luna decembrie 2017, Adrian Ionescu a primit o altă recunoaștere internațională de înalt nivel, fiind invitat ca plenary speaker la IEEE International Electron Device Meeting în San Francisco, cu lucrarea „*Energy efficient computing and sensing in the Zettabyte era: from silicon to the cloud*” alături de lideri ai marilor companii de semiconductoare.

#### 6.4.3 Florin Udrea (Fig. 6.10)



Fig. 6.10 Florin Udrea, profesor la University of Cambridge, Anglia.

Florin Udrea s-a născut în 1967 la București. A absolvit în 1991 Facultatea de Electronică din Politehnica București. În 1992, în cadrul programului Tempus finanțat de Comunitatea Europeană, a obținut un Master la Universitatea Warwick din Marea Britanie pe domeniul de microsenzori. În 1995 a terminat teza de doctorat la Universitatea Cambridge în domeniul dispozitivelor semiconductoare de putere<sup>224</sup>. În timpul tezei de doctorat Florin a justificat pentru prima dată necesitatea folosirii tehnologiei „trench” în „Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs)”<sup>225</sup> și a propus un nou fenomen fizic – injecția dintr-un strat de inversie (modulat de o poartă MOS) care poate fi folosit în diode, dispozitive bipolare sau tiristoare cu emitor virtual.<sup>226,227</sup>

Din 2008, Florin Udrea este profesor Universitar, și șeful grupului de electronică de putere și senzori din departamentul de inginerie al Universității Cambridge. Conduce un grup de 20 de cercetători, pe domeniile de microsenzori și dispozitive semiconductoare de putere. În perioada 1995-2000 Florin a dezvoltat tehnologii de „Silicon-on-insulator (SOI)”<sup>228</sup>, „power integrated circuits” și Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)<sup>229</sup>. În 1998, a introdus conceptul de „Superjunction”<sup>230</sup>, astăzi ca una dintre cele mai mari invenții din domeniul de dispozitive de putere. Dispozitivele bazate pe acest concept, precum „Cool MOS”, au o piață anuală de aproximativ 1 miliard de dolari<sup>231</sup>.

<sup>223</sup> <https://www.satw.ch/en/ueber-satw/members/>

<sup>224</sup> Udrea, F. (1995). *Novel MOS-gated bipolar device concepts towards a new generation of power semiconductor devices*. PhD Thesis, Cambridge University.

<sup>225</sup> Udrea F. and AMARATUNGA, C.A.J. (1995). „Theoretical and Numerical Comparison between DMOS and Trench technologies for Insulated Gate Bipolar Transistors”, *IEEE Transaction on Electron Devices*, 42(7), p. 1356-1366.

<sup>226</sup> Udrea F. and AMARATUNGA, C.A.J. (1994). „Analysis of a MOS-Controllable Thyristor utilizing an Inversion Layer” *Solid State Electronics*, 37(12), p. 1999-2002.

<sup>227</sup> Udrea, F., Udugampola, U.N.K., Sheng, K., McMahon, R.A., Amaratunga, G.A.J., Narayanan, E.M.S., Hardikar, S. (2002). Experimental demonstration of an ultra-fast double gate inversion layer emitter transistor (DG-ILET). *IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS*, 23(12), 725-727.

<sup>228</sup> Udrea, F., Garner, D., Sheng, K., Popescu, A., Lim, H.T., & Milne, W.I. (2000). SOI power devices. *ELECTRON COMMUN ENG*, 12(1), 27-40.

<sup>229</sup> Udrea, F., & Gardner, J.W. (1996). Design of a silicon microsensor array device for gas analysis. *MICROELECTRON JOURNAL*, 27(6), 449-457.

<sup>230</sup> Udrea, F., Popescu, A., & Milne, W.I. (1998). 3D RESURF double-gate MOSFET: A revolutionary power device concept. *ELECTRON LETTERS*, 34(8), 808-809.

<sup>231</sup> Udrea, F., Deboy, G., & Fujihira, T. (2017). Superjunction power devices, history, development, and future prospects. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 64(3), 713-727.



Invenția lui Florin pe dispozitive de voltaj înalt (600 V) pe membrană<sup>232</sup>, a dus la formarea în anul 2000 a companiei *Cambridge Semiconductor Ltd (Camsemi)*, care a vândut peste 1 miliard de circuite integrate de putere și în 2015 a fost cumpărată de Power Integrations, SUA (\$20M).

*Cambridge CMOS Sensors* (fondată de Florin Udrea în 2008) a fost prima companie care a lansat un microsenzor de gaze pentru calitatea aerului, compatibil cu telefoanele mobile și cu alte dispozitive genul „smart“. În 2016, compania a devenit dintre cele mai profitabile „trade exits“ din Universitatea Cambridge, fiind cumpărată de Ams (considerată ca cea mai importantă companie în domeniul de senzori pentru mediul înconjurător în aplicații ca „smart homes“, „smart wearables“ și „smart devices“). A coordonat din partea Universității Cambridge și companiei *Cambridge CMOS Sensors* multe proiecte Europene, de exemplu: Framework V WIDE-RF și ROBSPIC, Framework VI, SOI-HITS, Horizon 2020 MSP, GREEN DIAMOND, E2-SWITCH, NANO2SENSE . A avut și are multe proiecte industriale, cu parteneri ca ABB (Elveția), Infineon (Germania), Honeywell (SUA și România), Fuji Electric (Japonia), Denso (Japonia), Toyota (Japonia), Vishay (Taiwan), Siliconix (SUA), XFAB (Malaysia și România), NXP (Belgia), On-Semiconductor (Germania și SUA). Este în prezent CTO la *Cambridge Microelectronics*, Director în *Flusso* și *Cambridge GaN Devices* și director academic în comitetul director al Cambridge Enterprise. Este, de asemenea, Director senior la Ams în divizia de senzori pentru mediul înconjurător.

A câștigat premiul Tudor Tănăsescu al Academiei Române (2002) și Medalia de Argint a Academiei Regale de Inginerie din Marea Britanie în 2012 pentru „*outstanding personal contribution to British Engineering*“<sup>233</sup>. Are peste 500 de articole, peste 100 de patente internaționale, peste 50 de lucrări invitate la diferite instituții și conferințe. A fost ales în 2015 ca *academician („fellow“)* al Academiei Regale de Inginerie din Marea Britanie<sup>234</sup>, cel mai înalt titlu la care poate aspira un inginer din Marea Britanie.

#### 6.4.4 Sorin Melinte (Fig 6. 11)

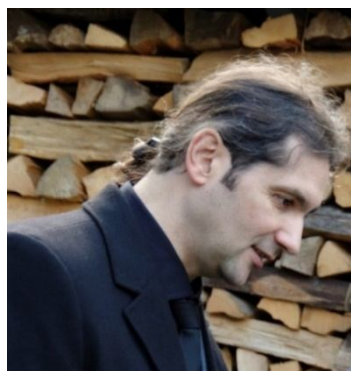


Fig. 6.11 Dr. Sorin Melinte, *profesor universitar în nanotehnologie și știința materialelor la Université catholique de Louvain (UCL), Louvain-la-Neuve, Belgia.*

Sorin Melinte s-a născut la Galați, în 1969. A urmat Facultatea de Fizică a Universității București, specializându-se în Fizica Solidului (1994). După o scurtă colaborare cu Institutul de Cercetări și Proiectări Electrotehnice (ICPE) din București și-a reluat cariera științifică la UCL, cu un masterat și apoi o teză de doctorat. Împreună cu profesorii Vincent Bayot, Mladen Horvatić și Claude Berthier, Dr. Melinte a făcut primele măsurători de rezonanță magnetică nucleară în sisteme electronice bidimensionale în 1999, la Laboratorul de Câmpuri Magnetice Intense din Grenoble. Principalele obiective ale cercetării doctorale au fost fabricarea și caracterizarea sistemelor dimensionale reduse – mezoscopice și nanoscopice – sub formă de straturi metalice subțiri și heterostructuri semiconductoare III-V. După ce a obținut titlul de doctor în 2001 la UCL, Dr. Melinte a dezvoltat noi dispozitive electronice în heterostructuri bazate pe GaAs/AlAs la Universitatea Princeton, în anii 2001-2003. Trei articole în *Physical Review Letters* au fost citate de peste 100 de ori<sup>235</sup>.

<sup>232</sup> Udrea, F., Trajkovic, T., & Amaratunga, G.A.J. (2004). Membrane high voltage devices – A milestone concept in power ICs. În *IEEE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING 2004, TECHNICAL DIGEST* (pp. 451-454).

<sup>233</sup> <http://www.eng.cam.ac.uk/news/professor-florin-udrea-wins-royal-academy-engineering-award-outstanding-commercial-success>

<sup>234</sup> <https://www.raeng.org.uk/about-us/the-fellowship/new-fellows-2015/fellows/florin-udrea>.

<sup>235</sup> V. Bayot, E. Grivei, S. Melinte, M.B. Santos, and M. Shayegan, Giant Low Temperature Heat Capacity of GaAs Quantum Wells near Landau Level Filling  $\nu = 1$ , *Phys. Rev. Lett.* **76** (1996), 4584-4587; S. Melinte, N. Freytag, M. Horvatic, C. Berthier, L.-P. Lévy, V. Bayot, and M. Shayegan NMR Determination of 2D Electron Spin Polarization at  $\nu = 1/2$ , *Phys. Rev. Lett.* **84** (2000), 354-357; E. Tutuc, S. Melinte, and M. Shayegan Spin Polarization and g-Factor of A Dilute GaAs Two-Dimensional Electron System, *Phys. Rev. Lett.* **88** (2002), 036805(4).

Ulterior, Dr. Melinte și a început profesoratul la UCL și a creat Grupul de Electronică Moleculară din UCL în 2003. Principalul scop al grupului său de cercetare a fost și este să stabilească dacă o moleculă sau un set finit de molecule pot îndeplini toate funcțiile de bază ale componentelor electronice convenționale (de exemplu, diode și tranzistoare). Una dintre problemele principale legate de nanoelectronică și nanofotonica moleculară și, în același timp, un subiect continuu de cercetare este interconectarea unităților moleculare, pentru a obține arhitecturi capabile să efectueze operații aritmetice sau logice.

În perioada 2008-2011 a colaborat cu Centrul de Nanotehnologii din IMT și a avut un rol cheie în redactarea propunerii de proiect CENASIC care a asigurat investiția necesară construcției Centrului de nanometariale bazate pe carbon, infrastructură inaugurată în 2015 în IMT (secțiunea 4.3.7).

Din 2012, grupul Dr. Melinte a adus contribuții și în domeniul nanoenergiei și nanofotonicii cu nanostructuri de Si<sup>236</sup>, rezultatele definindu-l drept una din echipele din Europa cele mai dinamice în dezvoltarea de noi aplicații cu nanofire de Si.

#### 6.4.5 Daniel Lăpădatu (Figura 6.12)



Fig. 6.15 Dr. Daniel Lăpădatu

Daniel Lăpădatu s-a născut în 1967, la Turnu Măgurele. A absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic București, secția de microelectronică, în 1991. În 1992 a obținut titlul de M.Sc. la Facultatea de Științe Aplicate (*Applied Sciences*) al Universității Catolice din Leuven (*KU Leuven – Katholieke Universitet Leuven*), Belgia. Lucrarea de masterat a prezentat un nou mecanism de stopare automată a procesului de corodare anizotropă a siliciului în soluții alcaline, care a permis automatizarea unui proces tehnologic de bază în fabricarea dispozitivelor MEMS<sup>237</sup>. Lucrarea de doctorat<sup>238</sup> a prezentat limitele tehnologice și fizice ale accelerometrelor capacitive.

În 1996, Daniel Lăpădatu s-a angajat la firma norvegiană SensoNor ASA. Între 1996 și 2003, a participat activ în designul tuturor produselor SensoNor: accelerometrele SA5 (întrerupător uniaxial)<sup>239</sup>, SI10 (biaxial, capacitiv)<sup>240</sup>, SA30 (biaxial, piezorezistiv), SA50 (biaxial, capacitiv), SAC60 (uniaxial, piezorezistiv) și a senzorului de viteză unghiulară SAR10 (uniaxial, capacitiv)<sup>241</sup>. Între 2003 și 2009, în urma achiziției SensoNor-ului, Daniel Lăpădatu a lucrat pe poziția de *Senior Engineer* în cadrul companiei germane Infineon Tehnologies AG, devenind responsabil de punerea în practică și managementul programului MultiMEMS<sup>242</sup>, oferea un serviciu MPW (*Multi-Purpose Wafer*) partenerilor industriali și academici. Daniel Lăpădatu a reprezentat Infineon Tehnologies în câteva proiecte europene, STIMESI, MicroBuilder, PATENT-DfMM, EUMIREL Service Cluster etc. Între 2009 și 2014, în urma unui proces de management *buy-back*, a revenit la Sensoror AS și a fost proiectantul senzorului de viteză unghiulară SAR500 și a capsulelor ceramice de mare eficiență termică dedicate acestuia și bolometrului

<sup>236</sup> A. Vlad, A.L.M. Reddy, A. Ajayan, N. Singh, J.-F. Gohy, S. Melinte, and P.M. Ajayan, Roll-Up Nanowire Battery from Silicon Chips, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **109** (2012), 15168-15173.; A. Vlad, A. Frölich, T. Zebrowski, C.A. Duțu, K. Busch, S. Melinte, M. Wegener, and Isabelle Huynen, Direct Transcription of Two-Dimensional Colloidal Crystal Arrays into Three-Dimensional Photonic Crystals, *Adv. Funct. Mater.* **23** (2013), 1164-1171. [Research highlights, *Materials Today* **15** (2012), 531.

<sup>237</sup> D. Lapadatu, „Photovoltaic and Electrochemical Etch-Stop Mechanism“, *M.Sc. thesis*, K.U. Leuven, 1992.

<sup>238</sup> D. Lapadatu, „Limits in Miniaturisation of Bulk Micromachined Capacitive Accelerometers“, *Ph.D. thesis*, K.U. Leuven, 1996.

<sup>239</sup> D. Lapadatu, H. Jakobsen, „Building of silicon mechanical sensors by bulk micromachining and anodic bonding“, *Romanian Journal of Information Science and Technology*, Vol. 2, 1-2, (1999), p. 71.

<sup>240</sup> D. Lapadatu, S. Habibi, B. Reppen, G. Salomonsen, T. Kvisterøy, „Dual-axes capacitive inclinometer/low-g accelerometer for automotive applications“, *Proc. of MEMS 2001*, (2001), p. 34; JP2001-203371, „Micromechanical Device“, Japan patent, 2001; KR1020000051999, „Micromechanical Device“, Korea patent, 2001.

<sup>241</sup> US6684699 B1, „Micromechanical Device“, US patent, 2004; EP1096260 B1, „Micromechanical Device“, European patent, 2005.

<sup>242</sup> D. Lăpădatu, „MultiMEMS Design Handbook“, Infineon Technologies AG and Sensoror Technologies, 2009.

SB100. Noua tehnologie, o combinație structurală a sticlei și siliciului, patentată, urma să permită fabricarea celui mai performant giroscop MEMS<sup>243,244</sup>. Între 2014 și 2015, în cadrul firmei poLight, Daniel Lăpădatu a conceput și pus în practică o metodă de testare a rezilienței la șoc a lentilei TLens<sup>®</sup>, o lentilă piezoelectrică dedicată modulelor optice din telefoanele mobile inteligente (*smartphones*). Din 2015 este director tehnic la compania română Alfa Rom Consulting SRL.

Este autor a numeroase articole științifice în domeniul dispozitivelor MEMS, a micro- și nanotehnologiilor și a sistemelor de poziționare și navigație inerțială, ca și al unor capitole de specialitate în diverse cărți științifice<sup>245</sup>.

### 6.5 In Memoriam: Andrei Mircea (1935-2011)<sup>246</sup>

Fig. 6.13 Dr. Andrei Mircea



*Andrei Mircea (Fig. 6. 13) s-a născut (1936) la București. În 1951 își începe studiile universitare la Institutul Politehnic din București și în paralel la Universitatea București. Și-a obținut diploma de inginer, specialitatea Radiocomunicații, la Institutul Politehnic București, în 1956 (a făcut parte din prima promoție a Facultății de Electronică și Telecomunicații) și diploma de fizician, specialitatea Fizica Solidului, la Universitatea București, în 1959. A obținut titlul de doctor inginer în Telecomunicații, la Institutul Politehnic București, în 1966 și titlul de „Docteur es-Sciences“ la Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, în 1976 (în 1968 părăsise România și se stabilise definitiv în Franța).*

*A fost asistent la Institutul Politehnic București, Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Catedra de Radiocomunicații condusă de prof. Gheorghe Cartianu (1956-1957); cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice, București (1957-1960), care a fost transferat ca Laborator de Semiconductori, I.P.R.S. Băneasa, Băneasa (1965-1968); cercetător principal la Institutul de Fizică Atomică (I.F.A.), Laboratorul Tehnologia Vidului, Măgurele (1965-1968); în Franța este succesiv, cercetător la Philips, la Radiotechnique-Compelec, Laboratoire de Semiconducteurs, Suresnes, Franța (1968-1970); cercetător, șef al Grupului Dispozitive Microelectronice (cca 20 pers.) și șef al Departamentului Studii de Bază, Fizică și Tehnologie (cca 30 pers.) la Philips, Laboratoire d'Electronique et de Physique (L.E.P.), Limeil Brévannes (1970-1979); cercetător, șef al Departamentului Fizica și Tehnologia Dispozitivelor Semiconductoare (cca 40 pers.) (1979-1980), șef al Departamentului Materiale Semiconductoare (cca 20 pers.) (1980-1984), șef al Diviziei Componente Optoelectronice (cca 70 pers.) (1984-1994), adjunct al directorului, coordonator al programului CATON (composants pour transmissions optiques numériques) (cca 70 pers.) la France Telecom, Centre National d'Etudes des Télécommunications (C.N.E.T.), Centre Paris B, Laboratoire de Bagneux (1979-2000).*

*Activitatea sa științifică a fost în principal orientată către următoarele domenii: teoria comunicațiilor (distorsiuni ale semnalelor modulate în frecvență, răspunsul rețelelor la semnale cu MF, zgomote de intermodulație în prezența semnalelor MF etc.); fizica vidului; dispozitive semiconductoare în general (măsurări de rezistivitate la plăci semiconductoare, diode Gunn și IMPATT, dispozitive semiconductoare pentru microunde, optimizări tehnologice etc.); epitaxie cu compuși organometalici. A fost distins cu: Prix Foucault de la Société Française de Physique (1979) pentru cercetări asupra Nivelelor Adânci în Semiconductori; Prix C.N.E.T. France Telecom (1990) pentru cercetări în domeniul Epitaxiei cu Compuși Organometalici.*

*Rezultatele activității sale de cercetare sunt validate de: 128 articole științifice publicate ca autor sau co-autor*

<sup>243</sup> WO2011/128449, „MEMS Structure for an Angular Rate Sensor“, World patent, 2011.

<sup>244</sup> EP2378246 A1, „MEMS Structure for an Angular Rate Sensor“, European patent, 2011.

<sup>245</sup> D. Lăpădatu, „Sensors for Automotive Applications“, Vol. 4, Chapter 5 – Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2005; D. Lapadatu, „Nanoelectronics: Materials, Devices, Applications“, Vol. 2, Chapter 16 – Heterogeneous Systems, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2017.

<sup>246</sup> Fragmente reproduse cu permisiunea autorului (Aurel Millea) din biografia publicată (pp. 116-121) în „File din istoria radiotehnicii și electronicii românești: personalități“ (Coord. Andrei Ciontu), NAGARD, Lugoj 2013.

*în reviste internaționale prestigioase cum sunt: IEEE Proceedings, IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Electron Device Letters, Solid State Electronics, Onde Electrique, Journal of Scientific Instruments, Applied Physics, Solis State Comm., Journal of Crystal Growth, International Journal of Electronics, Electronics Letters etc.*

*În perioada 1960-1968, lucrând la Laboratorul de Semiconductori al ICET și apoi la I.P.R.S. Băneasa, viziunea sa de inginer, dublată de cea a fizicianului, i-a permis crearea de noi dispozitive optoelectronice, realizarea de circuite integrate, perfecționarea unor tehnologii de fabricare a acestora etc. – ceea ce a condus la o unanimă apreciere de către colegii și colaboratorii săi.*

*În a doua parte a vieții sale, în Franța, Andrei Mircea a dovedit calități foarte bune de organizator și coordonator, ca dovadă i s-au încredințat în toată aceasta perioadă funcții de șef de laborator sau de compartiment, director adjunct. Însă, spre deosebire de mulți alți „șefi“, care se limitează la conducere și supervizare, el a fost tot timpul un cercetător activ, lucrând cot la cot cu cei din colectivele pe care le conducea. Mărturia cea mai bună este numărul mare de comunicări, articole și alte lucrări elaborate, la care era cel mai des primul autor, publicate în reviste internaționale de prestigiu. Tot în Franța, în anul 1996, la CNET a fost declarat „OMUL ANULUI“, iar raportul personal asupra realizărilor, pe care l-a prezentat acolo în plenul consiliului științific al instituției, a fost aplaudat de asistență.*

*În anul 2000, după pensionare, se alătură unei echipe care lucra la un proiect cu finanțare extrabugetară la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Elveția). Lucrează aici până la sfârșitul vieții sale, care survine în ziua de 5 martie 2011, în urma unui al doilea atac de cord, care l-a găsit pe... „frontul“ cercetării științifice.*

## 7. În loc de încheiere

Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Politehnicii bucureștene, prin profesorii Tudor Tănăsescu și Mihai Drăgănescu a susținut două orientări strategice ale statului român: dezvoltarea fizicii nucleare, respectiv a industriei electronice și de calculatoare. **Școala politehnică** și-a adus contribuția nu numai prin inițierea și pilotarea unor cercetări științifice, ci mai ales prin formarea unor generații de specialiști de primă mână, recrutați dintr-un număr mare de absolvenți de liceu atrași de domeniul nou și antrenați în Olimpiadele școlare de matematică și fizică. *Competitivitatea* a fost cultivată în școală sau facultate, dar și în industria de semiconductori a României care – împreună cu educația universitară și cercetarea – au asigurat un mediu propice creației științifice și tehnologice. Eforturile inginerilor români de a dezvolta dispozitive sau tehnologii au contribuit și ele la o formare excelentă și nu trebuie desconsiderate. Ne referim și la *ingineria inversă* (termenul neacademic de „japonizare“ este semnificativ pentru experiența uneia din țările – astăzi – cele mai avansate în domeniu). Astfel de ingineri au dat ulterior, în străinătate, întreaga măsură a potențialului lor creativ.

Presiunile și limitările din ultimii 10-15 ani ai regimului comunist au determinat plecarea multor specialiști iar exodul s-a accentuat după decembrie 1989, în lipsa unor priorități naționale și pe fondul indiferenței față de industria autohtonă. Au supraviețuit și s-au adaptat unele activități de cercetare, iar românii din țară, ca și cei din diasporă, își valorifică în continuare competențele printr-o gamă foarte largă de activități, contribuind la dezvoltarea cunoașterii în domeniul *micro- și nanoelectronicii*. Legăturile cu cercetarea europeană și cu mediul de afaceri creează premise ca această cunoaștere să fie valorificată prin inovare și în România.