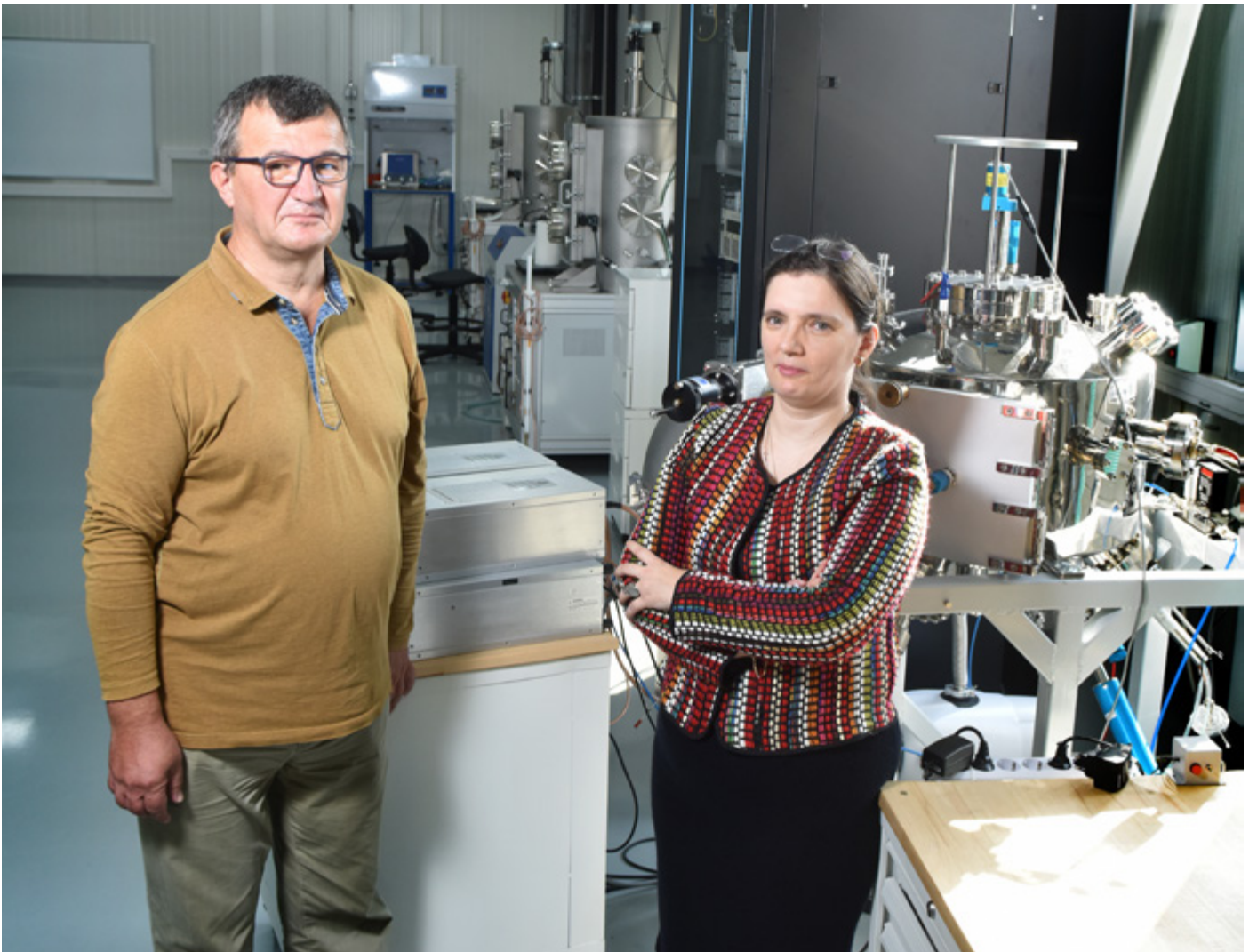


# INCDFM sprijină mediul economic prin transfer de materiale și dispozitive inteligente

## • Rezultatele și perspectivele a două proiecte POC-G la mijlocul implementării

În toamna anului 2016, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Materialelor (INCDFM) demara două proiecte POC-G dedicate transferului de cunoștințe către mediul economic, și anume: proiectul cu titlul „MATERIALE MULTIFUNCȚIONALE INTELI-GENTE PENTRU APLICAȚII DE ÎNALTĂ TEHNOLOGIE - MATI2IT” (contract nr. 54/2016); proiectul cu titlul “ANALIZE FIZICO-CHIMICE, MATERIALE NANOSTRUCTURATE ȘI DIS-POZITIVE PENTRU APLICAȚII ÎN DOMENIUL FARMACEUTIC ȘI MEDICAL DIN ROMÂNIA - AMD-FARMA-MED-RO” (contract nr. 58/2016). În septembrie 2019 s-au împlinit trei ani de la startul acestor proiecte. În cele două proiecte sunt implicați în prezent circa 100 de cercetători și ingineri din INCDFM, atât în activități de tip A, cât și în cadrul echipelor de implementare a contractelor subsidiare componente. Este deci momentul potrivit pentru a analiza stadiul în care se afla implementarea acestor proiecte, ce rezultate au produs și care sunt perspectivele pentru următorii doi ani, până la finalizarea lor.

▄▄▄ Dr. Mihaela Baibarac, director proiect AMD-FARMA-MED-RO, dr. Lucian Pintilie, director proiect MATI2IT



# Proiectul „MATERIALE MULTIFUNCȚIONALE INTELIGENTE PENTRU APLICAȚII DE ÎNALTĂ TEHNOLOGIE- MATI-2IT” (contract nr. 54/2016)

este condus de directorul de proiect dr. Lucian Pintilie, Cercetător Științific gradul 1 și Director Științific al INCDFM. În cadrul acestuia s-au derulat sau sunt în derulare 9 contracte subsidiare, după cum urmează: 1 contract pentru activități de tip C (servicii de cercetare la cererea firmei, beneficiar SC Optoelectronica 2001 SA); 8 contracte pentru activități de tip D (colaborare efectivă între firmă și organizația de cercetare, beneficiari fiind: SC Apel Laser SRL, cu două contracte, SC Optoelectronica 2001 SA, SC NANOM-MEMS SRL, SC R&D Consultanță și Servicii SRL, SC All Green SRL, SC Stimpex SA și SC ICPE-SA). Tematicile asociate contractelor subsidiare de tip D sunt descrise în continuare, împreună cu rezultatele mai importante obținute de la demararea lor:

## Tematici și realizări

**a. SC Apel Laser SRL - Dezvoltarea de energimetre laser pe bază de detectori piroelectrici.** Contractul se adresează unui domeniu de nișă, respectiv monitorizarea energiei laserilor în undă continuă sau care lucrează în pulsuri. Piața laserilor a crescut foarte mult în ultimul timp, susținută de aplicații diverse, de la medicină până la construcții de mașini. Funcționarea acestor lasere în condiții normale necesită și verificarea periodică a energiei, pentru a se vedea dacă laserul mai este în parametri sau dacă necesită reparații sau recalibrare. Verificarea energiei sau puterii unui fascicol laser se face cu niște echipamente speciale, care includ o parte de detecție și o parte de preluare și procesare a semnalului până la convertirea acestuia în valori de energie sau putere după o curbă de calibrare imersată în memoria echipamentului. Rezultă că partea de detecție este cea mai importantă, aceasta convertind energia sau puterea fascicolului laser în semnal electric. Una din modalitățile de detecție uzuală este cea pe bază de efect piroelectric, adică prin generarea unui puls de curent sau tensiune atunci când variază tempera-

tura elementului de detecție activ, în cazul de față un capacitor din material feroelectric cu polarizare orientată perpendicular pe suprafețele acoperite cu electrozi metalici.

Contractul de colaborare prevede deci ca INCDFM să realizeze elementul activ, respectiv capacitorul piroelectric, iar Apel Laser să dezvolte partea de amplificare și procesare a semnalului. În perioada de aproape 2 ani trecută de la demararea contractului s-a reușit producerea de capacitore piroelectrice din mai multe materiale feroelectrice, selecția materialului cu cel mai bun semnal piroelectric, dezvoltarea părții electronice care include interfațarea cu unitatea de calcul și partea software de comandă, precum și efectuarea primelor teste de măsurare, cuplând detectorul piroelectric furnizat de INCDFM cu partea electronică realizată de către Apel Laser. S-a constatat că detectorul răspunde foarte bine la fascicule laser în domeniul IR, fiind mai puțin sensibil înspre domeniul UV, deficiență ce urmează să fie remediată în ultimul an de contract, prin selecția unui strat absorbant optim pentru spectrul vizibil și UV. În figură 1a) este înfățișată partea de detecție piroelectrică realizată în INCDFM, iar în figură 1 b) este înfățișat semnalul piroelectric afișat pe monitorul unui calculator atunci când detectorul piroelectric a fost expus la fasciculul de la o diodă laser cu lungimea de undă de 808 nm.

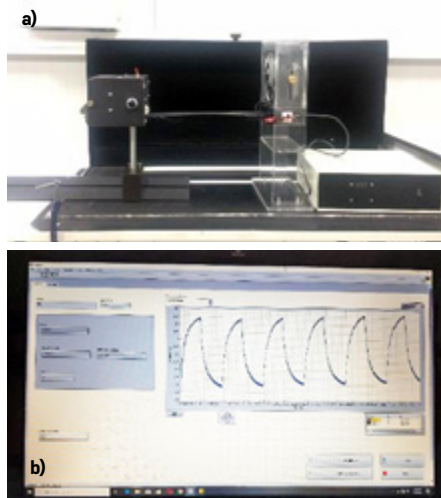


Fig. 1 a) partea de detecție piroelectrică a energimetrului laser; b) semnalul afișat pe monitor, după prelucrarea electronică a semnalului piroelectric generat de către elementul activ la expunere cu radiație IR de la o diodă laser cu lungime de undă 808 nm.

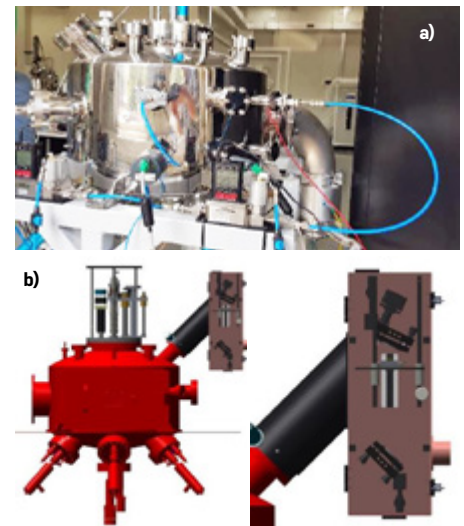


Fig. 2 a) incinta de depunere cu magnetroane montate; b) modulul de cuplaj între incinta de depunere și laserul cu excimer utilizat pentru ablație.

**b. SC Apel Laser SRL - Dezvoltarea unei instalații hibrid pentru depunerea de filme subțiri prin combinarea tehnicii de pulverizare în radio-frecvențe cu magnetron și depunere prin ablație în fascicul laser pulsant.** O astfel de instalație ar permite depunerea de straturi subțiri dielectrice, feroelectrice, multiferice, semiconductoare și a contactelor metalice în același proces, fără a mai fi nevoie ca proba să fie scoasă pentru a fi mutată dintr-o instalație în alta. Se evită astfel contaminarea suprafeței probei înainte de depunerea contactelor metalice, contaminare care poate afecta proprietățile interfeței cu electrodul. De la demararea contractului până în prezent au fost proiectate părțile componente ale instalației hibrid și au fost executate o parte din sub-ansamble, cum ar fi camera de depunere și magnetroanele pentru pulverizare în radio-frecvență în prezența câmpului magnetic (figura 2a). De asemenea, a fost proiectat modulul de cuplare a fascicolului laser cu incinta de depunere, după cum se prezintă în figură 2b).

**c. SC Optoelectronica 2001 SA - Modernizarea unui videocomparator VDF300 la VDF500.** Aceste videocomparatoare sunt utilizate la depistarea documentelor sau înscrisurilor falsificate (spre exemplu acte de identitate, pașapoarte, bancnote, etc.). Înscrisurile oficiale conțin diferite elemente de securitate, sub forma unor cerneluri speciale (spre exemplu cerneluri care devin lumini-



cente sub acțiunea luminii cu anumite lungimi de undă), micro-texte, etc. Colaborarea se bazează pe utilizarea expertizei INCDFM în recomandarea surselor de lumină, filtrelor, camerelor de luat vederi optime pentru a spori sensibilitatea și rezoluția videocomparatorului produs până acum de către firma parteneră.

- d. SC NANOM-MEMS SRL - Dezvoltarea de pelistori pe bază de materiale prietenoase față de mediu și abundente în natură. Pelistorii sunt, de fapt, senzori de gaze sensibili la gazele cu potențial exploziv, cum ar fi metanul. Astfel de senzori sunt integrați în sisteme de securitate la foc sau explozie, sensibilitatea lor fiind esențială pentru depistarea din timp a scurgerilor de gaze cu potențial exploziv. Materialele care au fost preparate și testate pentru detecția de gaz metan au codificările SENZ-1 ( $CeO_2:MnO_x:(4wt\%La_2O_3-Al_2O_3)=7:3:10$ ) și SENZ-2

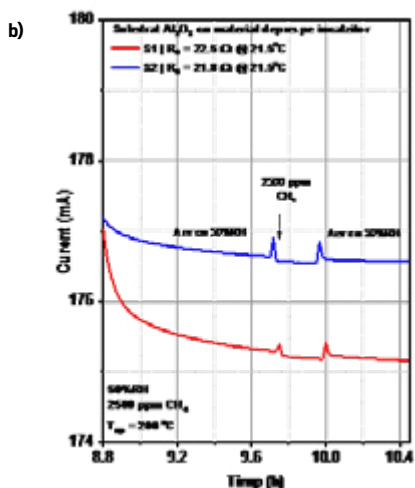
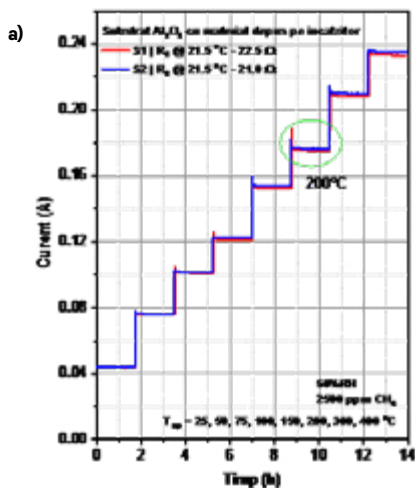


Fig. 3. Variația de curent la 2500 ppm CH<sub>4</sub> în aer cu 50%RH @ 25-400 °C; Zoom la 200 °C.

( $CeO_2:MnO_x:(4wt\%La_2O_3-Al_2O_3)=7:3:20$ ), ele fiind obținute prin metoda de coprecipitare. În figură 3 sunt prezentate primele rezultate privind detecția gazului metan în concentrație de 2500 ppm în aer, cu umiditate relativă de 50 %.

- e. SC R&D Consultanta și Servicii SRL - Contractul prevede dezvoltarea unor materiale magnetice cu proprietăți îmbunătățite pentru lucrul în condiții extreme. Contractul abia a fost demarat în martie 2019, primele rezultate fiind legate de prepararea unor materiale și testarea lor din punct de vedere al proprietăților magnetice.
- f. SC All Green SRL - Contractul are ca scop dezvoltarea unor materiale compozite cu proprietăți termice anizotrope. Compozitul este format din materiale polimerice și pulberi de particule metalice sau dielectrice, partea inovativă constând în orientarea acestor pulberi sub acțiunea unui câmp electromagnetic pentru a obține conducție termică îmbunătățită pe o anumită direcție. Și acest contract a fost demarat abia în martie 2019, fiind deci în faza preparării pulberilor și a primelor compozite de tip pulbere/polimer.
- g. SC Stimpex SA - Contractul prevede realizarea unei instalații de șlefuire și nanoaliere cu electroni de joasă energie, și constituie valorificarea practică a unei cereri de brevet realizată în INCDFM. Contractul a început în august 2019 și este în faza de proiectare a instalației.
- h. SC ICPE-SA - Contractul prevede utilizarea materialelor inteligente pentru a crește performanța mașinilor electrice produse de către firma parteneră. În urma discuțiilor s-au identificat două direcții care pot duce la îndeplinirea obiectivului: un nou concept de detecție a câmpului magnetic la electromotoare, bazat pe un alt design de amplasare a senzorilor de câmp magnetic; realizarea unor rășini cu proprietăți termice îmbunătățite pentru acoperirea bobinelor la electromotoare, menite să asigure un transfer termic cât mai bun pentru a preveni supraîncălzirea motorului în timpul funcționării. Proiectul a demarat în septembrie 2019 și este în faza de documentare și stabilire a condiționalităților tehnice.

## Câștiguri

De la începerea proiectului au fost publicate 7 articole, un articol este pregătit pentru a fi trimis spre publicare, au fost înregistrate la OSIM 8 cereri de brevet și o cerere de model de utilitate, au fost generate 17 locuri de muncă noi (10 în cadrul echipelor de implementare a contractelor subsidiare) și au fost atrase fonduri de aproximativ 2.200.000 lei sub formă de co-finanțare din mediul privat. Se poate concluziona că, la 3 ani de la demarare, proiectul „MATERIALE MULTIFUNCȚIONALE INTELIGENTE PENTRU APLICAȚII DE ÎNALTĂ TEHNOLOGIE- MATI2IT” se află pe drumul cel bun în ceea ce privește îndeplinirea obiectivelor. Apreciem că există premisele pentru finalizarea cu succes a proiectului, prin îndeplinirea indicatorilor asumați în cererea de finanțare, în condițiile în care se păstrează ritmul actual și în următorii doi ani de implementare, și în contextul în care există stabilitate și coerență la nivelul autorității publice contractante.

**Proiectul „ANALIZE FIZICO-CHIMICE, MATERIALE NANOSTRUCTURATE ȘI DISPOZITIVE PENTRU APLICAȚII ÎN DOMENIUL FARMACEUTIC ȘI MEDICAL DIN ROMÂNIA (AMD-FARMA-MED-RO)”** (contract 58/2016), condus de dr. Mihaela Baibarac, Șef de Laborator, CSI, are ca obiectiv transferul de cunoștințe de la INCDFM la întreprinderile din domeniul economic al sănătății și industriei farmaceutice.

## Principalele colaborări și rezultatele obținute

În vederea atingerii acestui obiectiv, din decembrie 2017 până în prezent au fost inițiate cinci colaborări efective (activități de tip D) cu următoarele întreprinderi: S.C. Sara Pharm Solutions S.R.L., S.C. Bioelectronic S.R.L., S.C. Pro-Vitam S.R.L., S.C. Agilrom Scientific S.R.L. și S.C. Centru IT pentru Știință și Tehnologie S.R.L. Principalele obiective ale acestor subcontracte subsidiare constau în:

- I. dezvoltarea a noi forme solide și formulări ale azatioprinei, validate prin analize efectuate prin fotoluminescență, împrăștiere Raman și spectroscopie de absorbție în infraroșu ca metode complementare difracției de raze X (INCDFM - S.C. Sara Pharm Solutions S.R.L.),

- II. dezvoltarea unor biosenzori bazați pe materiale compozite de tip nanotuburi de carbon/oxid de grafenă (CNT/GO) funcționalizat cu polipirrol (PPY) dopat cu heteropolianioni pentru detecția acidului folic - AF (IN-CDFM - S. C. Bioelectronic S.R.L.);
- III. dezvoltarea unor imunosenzori bazați pe polimeri conjugați și GO/oxid de grafenă redus (RGO) pentru detecția biomarkerilor, cum ar fi receptorul factorului de creștere epidermal - EGFR și a receptorului hormonului de stimulare tiroidiană - TSH (IN-CDFM - S.C. Pro-Vitam S.R.L.);
- IV. dezvoltarea a noi platforme senzoriale de tip RGO și grafenă asamblată în trei straturi (TLG) decorate cu nanoparticule de Ag și Au pentru aplicații în domeniul sănătății (INCDFM - S.C. Agilrom Scientific S.R.L.);
- V. structuri electrofilate bazate pe polimeri și CNT ca materiale active în domeniul senzorilor electrochimici și senzorilor optici pentru detecția acidului uric (INCDFM - S.C. Centru IT pentru Știință și Tehnologie S.R.L.).
- Principalele rezultate obținute până în prezent în cadrul acestui proiect sunt:
- I. dezvoltarea de noi procedee de preparare și de utilizare a noilor forme cristaline ale 6-(3-metil-5-nitroimidazol-4-il) sulfanil-9H purină (*Cererea de brevet nr. 1901/2019; Journal of Molecular Structure 1184, 25, 2019*);
- II. rolul luminii UV în procesul de fotodegradare al azatioprinei (**Results in Physics** 14, 102443, 2019), substanța activă utilizată în produsele farmaceutice prescrise în etapa post-operatorie a pacienților care au avut o operație de transplant de organe (rinichi, ficat, inimă, etc.) în vederea diminuării respingerii organului implantat;
- III. dezvoltarea unei platforme bazate pe nanotuburi de carbon cu mai mulți pereți și PPY (*International Journal Electrochemistry Science* 13, 10514, 2018) în vederea detecției AF, substanța activă în produsele farmaceutice administrate pentru evitarea apariției defectelor de tub neuronal la noii născuți;
- IV. evidențierea influenței pH-ului și a luminii UV asupra proprietăților optice ale AF în soluțiile tampon fosfat

- (*Scientific Reports* 9, 14278, 2019);
- V. prepararea electrozilor bazați pe materiale compozite de tip RGO / poli difenilamină (PDPA) (*Journal of Molecular Structure* 1184, 25, 2019) în vederea utilizării acestora în domeniul biomarkerilor pentru tumorile cerebrale;
- VI. vi) asamblarea imunosenzorului electrochimic bazat pe GO/PDPA cu 1, 4-fenilen diizotiocianat (PDITC) (*Scientific Reports* 9, 11968, 2019) în vederea detecției EGFR (Fig. 1);
- VII. dezvoltarea unei metode de imunoprecipitare pe placă reutilizabilă folosind protocolul de „cross-linking” între proteina G și anticorpii anti-TSH /anti-EGFR (sub evaluare la *Journal of Immunological Methods*, 2019);
- VIII. realizarea unor electrozi bazați pe RGO decorat cu nanoparticule metalice de Ag și Au utilizând procedee chimice și/sau electrochimice (*Capitolul 3. Nanostructures –based detection of pharmaceutical and other contaminants of emerging concern în cartea intitulată Advanced Nanostructures for Environmental Health, editori L. Baia Z. Pap, M. Baia, K. Hernadi, Elsevier, 2019*) în vederea detecției unor compuși activi în domeniul farmaceutic și de interes pentru analizele medicale;
- IX. realizarea unor materiale compozite bazate pe CNT și compuși macromoleculari de tip poli(orto-fenilendiamină) – polietilenoxid (POPDP-PEO), POPD - poli fluorură de vinil (PVDF), etc. în vederea utilizării acestora ca platforme senzoriale în domeniul senzorilor optici/electrochimici pentru detecția acidului uric, compus care în concentrații mari în sânge și în țesuturi poate induce guta.
- Rezultatele obținute până în prezent în cadrul proiectului POC 58/2016 evidențiază că:

- I. manipularea compușilor activi de tip AF sau azatioprină trebuie efectuată în absența luminii UV atât în etapa de preparare a produsului farmaceutic, cât și în cea de păstrare și administrare a medicamentelor comerciale;
- II. efectul luminii UV asupra AF și azatioprinei trebuie luat în considerare și în cazul efectuării aplicațiilor în domeniul senzorilor electrochimici/optici pentru care sunt folosite diverse platforme senzoriale;
- III. fotoluminescența poate fi folosită cu succes ca metodă alternativă spectroscopiei de absorbție UV-VIS în vederea monitorizării proceselor de fotodegradare a compușilor activi din produsele farmaceutice
- IV. conform analizelor fizico-chimice efectuate în cazul materialelor compozite preparate până în prezent în acest proiect, anticipăm utilizarea acestora în domeniul senzorilor cu detecție electrochimică și/sau optică.

## Tintele viitoare

În perioada următoare, implementarea proiectului are în vedere:

- I. evaluarea performanțelor platformelor senzoriale mai sus menționate pentru detecția AF, EGFR, TSH, acidului uric și a diferiților compuși activi prezenți în produsele farmaceutice sau de interes în analizele medicale din România;
- II. realizarea unui dispozitiv portabil pentru detecția AF;
- III. realizarea unor kituri bazate pe straturi de RGO decorate cu nanoparticule de Ag și Au pentru detecția compușilor activi din producții farmaceutice;
- IV. realizarea de analize fizico-chimice prin tehnici în care INCDFM are expertiză cum ar fi împrăștierea Raman, spectroscopia Raman exaltată



Fig. 4 Electroful de GO/PDPA funcționalizat cu PDITC

## Importanța proiectelor POC G în dezvoltarea INCDFM

„Activitatea de cercetare științifică are două scopuri principale: dobândirea de noi cunoștințe și respectiv aplicarea acestora în mediul socio-economic cu rezultate palpabile pentru cetățenii plătitori de taxe. A găsi echilibrul între aceste două componente nu este un lucru ușor, chiar dacă pentru societate cea de a doua componentă, pe care o putem echivala cu cercetarea aplicativă, este în mod evident mai importantă. Această componentă nu este însă posibilă fără prima dintre ele, cercetarea așa numită fundamentală. Acest lucru este și mai important astăzi comparativ cu situația de acum unu sau două decenii, dat fiind potențialul disruptiv dat de unele descoperiri științifice în domenii precum inteligența artificială, energia din surse regenerabile sau ingineria genetică. În acest context, cele două proiecte prezentate au rolul de a exploata cunoștințele deja dobândite de cercetătorii din INCD Fizica Materialelor în cadrul unor colaborări bine focalizate cu diferite entități economice. Colaborările oferă cercetătorilor prilejul de a înțelege mai bine nevoile reale ale mediului economic și de a face un pas în plus în direcția aplicării rezultatelor muncii lor. Beneficiile aduse de aceste punți de colaborare, deocamdată pe termen scurt, se regăsesc și în posibilitățile de dezvoltare a resursei umane, atât la nivelul INCD Fizică Materialelor, cât și la nivelul companiilor colaboratoare. Implicarea echipelor de specialiști în proiecte comune

duce la transferul eficient de expertiză, la găsirea limbajului comun și a unui mod de lucru dinamic, menit să răspundă necesităților comune de producere de plusvaloare.

La nivel declarativ, atât responsabilii la nivel național, cât și la nivel european punctează necesitatea dinamizării fluxului de cunoștințe din mediul academic spre entități lucrative pentru a putea concura la nivel mondial cu marile puteri economice precum Statele Unite, China, Japonia sau Coreea. Acest tip de proiecte reprezintă un pas în această direcție, pas care din păcate nu este suficient, lipsind numeroase elemente pentru a atinge masa critică (e.g. având în vedere că a existat o singură competiție dedicată acestui tip de proiecte în cadrul întregului exercițiu financiar 2014 – 2020).

**Dr. Ionuț Marius Enculescu**, director general INCDFM



prin plasmoni de suprafață, difracția de raze X, spectroscopia de absorbție UV-VIS-NIR și IR, fotoluminescența, etc. pentru producții de interes furnizați de întreprinderile mici și mijlocii care activează în domeniul farmaceutic și medical din România.

### Câștiguri

În cadrul acestui proiect, o atenție specială este acordată atât transferului de cunoștințe către mediul economic care activează în domeniul farmaceutic și medical din România, cât și formării de noi specialiști în cadrul INCDFM,

capabili să răspundă provocărilor viitoare aferente acestui domeniu. În acest context, menționăm că în echipa de implementare a INCDFM, în prezent doi membri au tezele de doctorat focalizate pe tematica acestui proiect, lucrările având ca obiectiv i) studii spectro-electrochimice pentru analiza unor compuși farmaceutici (doctorand Monica Dăescu) și ii) realizarea unor materiale bazate pe grafenă ca substraturi active utilizabile în împrăștierea Raman exaltată prin plasmoni de suprafață - SERS și spectroscopia de absorbție IR exaltată prin plasmoni de suprafață - SEIRA (doctorand N'ghaya Toulbe). Menționăm că, până în prezent,

proiectul condus de dr. Baibarac a generat 5 noi locuri de muncă, din care unul este direct legat de contractele subsidiare, iar celelalte urmează să fie incluse în echipele de implementare.

Succesul implementării acestui proiect, precum și continuarea colaborării INCDFM cu mediul de afaceri care activează în domeniul farmaceutic și medical din România va depinde de întreținerea și modernizarea continuă a infrastructurii de cercetare care poate răspunde cerințelor mediului economic. În acest context, menționăm că infrastructura INCDFM a fost completată în 2019 cu un spectro-microscop de infraroșu (Fig. 5), care va fi utilizat pentru detecția optică a compușilor farmaceutici prin SEIRA utilizând suportți bazați pe grafenă decorată cu nanoparticule metalice.

Progresul științific înregistrat pe parcursul implementării acestui proiect, expertiza echipei de implementare, formarea noii generații de tineri cu educație antreprenorială și infrastructura modernă a INCDFM, capabilă să răspundă provocărilor induse de dezvoltarea produselor farmaceutice și dispozitivelor medicale, permite anticiparea consolidării relației INCDFM cu mediul de afaceri care activează în domeniul farmaceutic și medical din România.



Fig. 5 Spectro-microscopul de infraroșu