



Programul Operațional Sectorial “Creșterea Competitivității Economice”
- cofinanțat prin Fondul European de Dezvoltare Regională -
“Investiții pentru viitorul dumneavoastră”



300569, Timișoara,
str. Dr. Aurel Păunescu Podeanu, nr.144,
Tel./Fax: 0256 222119 / 0256 201382,
e-mail: incemc@incemc.ro

INCENCO

Pornind de la o idee și din dorința de a dezvolta și excela într-o preocupare constantă a unui grup de cercetători din cadrul Institutului National de Cercetare – Dezvoltare pentru Electrochimie și Materie Condensată Timișoara (INCEMC) s-a născut un concept: dezvoltarea unui centru de excelență în energii regenerabile, cu accent pe energia solară, în special pe cea fotovoltaică. Cum, în zona de vest a țării, preocupări similare, respectiv pe energii regenerabile, sunt la marile universități, segmentul de nișă a fost identificat ca fiind cel de conversie directă a energiei solare în energie electrică. Cu entuziasm și dedicație, cu motivare argumentată și implicare totală, cu sprijinul conducerii și prin accesare de fonduri europene, s-a reușit implementarea proiectului POS-CCE cu titlul “Laborator de Energii Regenerabile – Fotovoltaic” în cadrul INCEMC Timișoara. În viziunea acestor cercetători, el este un element cheie în dezvoltarea unui pol de excelență zonal transfrontalier, pol care dorește să integreze entitățile cu preocupări similare din zona de vest a României și din țările vecine.

Laboratorul de Energii Regenerabile – Fotovoltaic se prezintă:

Laboratorul este amplasat în Timișoara pe strada Aurel Păunescu Podeanu la numărul 144, pe locul unui vechi turn de răcire din curtea INCEMC. Este structurat pe 4 nivele (S+P+2E), dispune de spații de cercetare dotate cu aparatură de ultimă generație și de spații conexe. Clădirea laboratorului iese repede în evidență, deoarece, în contrast cu imobilele terne învecinate, își schimbă culoarea în funcție de unghiul din care este privită.

Placarea cu elemente metalice din aluminiu vopsiteameleon are o argumentare și un rol mult mai important decât cel pur estetic. Ea asigură ecranarea față de radiația electromagnetică ambientală și garantează asigurarea condițiilor optime pentru funcționarea aparatului pretențioase de cercetare din cadrul laboratorului. Cum în vecinătatea laboratorului se află un punct de transformare înaltă/medie tensiune, ecranarea electromagnetică a clădirii a fost

impetuos necesară.

Laboratorul este autonom din punct de vedere energetic, atât datorită energiei electrice furnizate de 1200 mp de celule fotovoltaice de diferite tipuri, amplasate pe hala INCEMC cât și datorită sistemului geotermal de climatizare. Laboratorul dispune de un sistem solar fotovoltaic complet independent (off grid) trifazic de 10 kW, realizat în topologie magistrală de curent alternativ (AC Bus). Față de sistemele realizate în topologie tip magistrală de curent continuu, sistemele fotovoltaice de tip magistrală de curent alternativ au o eficiență și un randament mult mai bun, deoarece energia panourilor este transformată direct în energie de curent alternativ, iar invertoarele de rețea sunt prevăzute cu algoritmi de determinare și urmărire a punctului de putere maximă (MPPT).



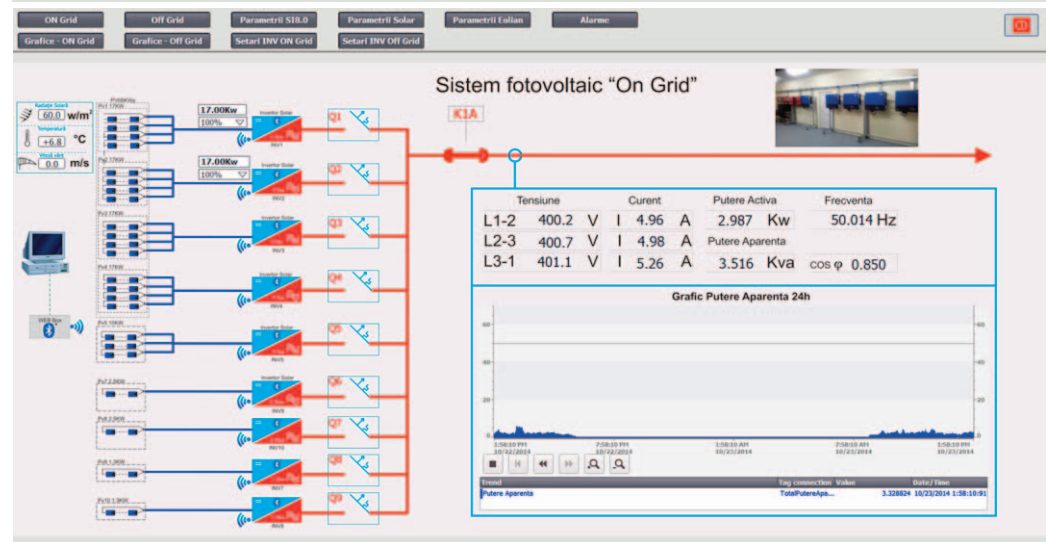
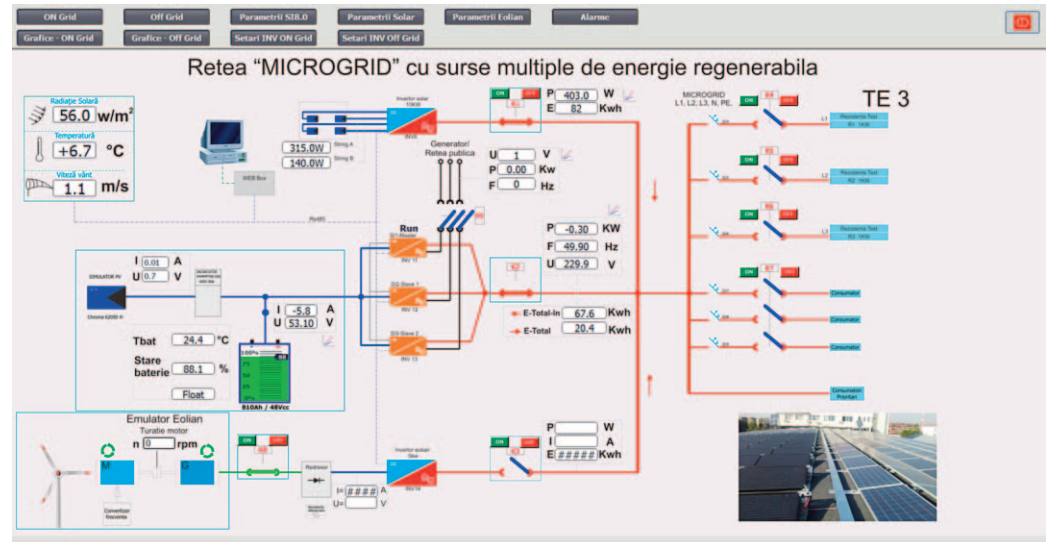


Sistemul solar fotovoltaic independent de tip magistrală de curent alternativ este format dintr-un generator fotovoltaic cuplat la un invertor trifazic, având trei invertoare tampon (un master și doua slave), un invertor de baterii și un banc de acumulatori (48 V, 1000 Ah). Invertoarele de rețea pentru aceste sisteme transformă energia de curent continuu generată de panourile fotovoltaice în energie de curent alternativ și o injectează direct în rețeaua electrică a imobilului.

Surplusul de energie generat în timpul zilei este stocat în acumulatori pentru a asigura necesarul de energie pe timpul nopții cu ajutorul invertoarelor de curent continuu. Un simulator eolian, care funcționează cu energie solară completează echipamentul de cercetare.

Sistemele fotovoltaice on-grid ale laboratorului (cuplate cu furnizorul de energie electrică) sunt punctul forte al laboratorului și reprezintă una din cele mai eficiente surse de conversie a energiei solare în energie electrică (invertoare de rețea). Puterea instalată a panourilor de diferite tipuri, prin intermediul a nouă invertoare de putere depășește 80 kW. Panourile fotovoltaice convertesc lumina soarelui prin efect fotoelectric în energie electrică de curent continuu. Aceasta este transformată prin intermediul invertoarelor on-grid în energie electrică de curent alternativ alimentând consumatorii conectați.

În cazul nostru, pe lângă asigurarea necesarului intern, în zilele însoțite furnizăm energie electrică gratuit institutului mamă, INCEMC. În zilele cu mai puțin soare ne asigurăm necesarul propriu. Energia neutilizată se injectează în Sistemul Energetic Național (SEN). Invertoarele on-grid sunt construite fără transformatoare și sunt prevăzute cu algoritmi de determinare și urmărire a punctului de putere maximă. Invertoarele se sincronizează la frecvența rețelei (50 Hz) și nu funcționează decât dacă sunt conectate la un sistem tip SEN. În cazul întreruperii legăturii la SEN, sistemele cu invertoare on-grid se opresc automat și nu oferă energie de rezervă.



Sistemul de climatizare al clădirii este de tip geotermal, cu pompă de căldură apă-apă, producere simultană de agent termic, apă rece/caldă și recuperare de energie.

Sistemul (GEA) are patru compresoare silențioase tip "scroll", două circuite frigorifice, patru trepte de capacitate și funcționează cu freon ecologic R410A.

Puterea de răcire este de 182 kW la temperatura fluidului de răcire de 7/12°C, iar puterea de încălzire este de 202 kW la temperatura fluidului de încălzire de 50/45°C. Puterea electrică instalată este de 68 kW, cu un COP (coeficient de performanță) de 3.84, EER (rată de eficiență) de 4.67 - putând ajunge la 6.75 (când sistemul lucrează pe re-

cuperare de căldură 100%). Cu alte cuvinte sistemul consumă ce mult 68 kW pentru a furniza 202 kW putere termică sau 182 kW putere de răcire. Centrala de tratare a aerului este în construcție exterioră și are o funcționare pe aer proaspăt 100% în dublu flux, suprapusă.

Sistemul dispune de recuperatoare de căldură în plăci de mare eficiență (54% vara și 63% iarna), baterie de încălzire cu apă caldă 50/40°C cu capacitatea de 96 kW, și baterie de răcire cu apă rece 7/12°C cu capacitatea de 105.6 kW. Ventilatorul de evacuare a aerului viciat (nișe, grupuri sanitare etc.) are debitul de 11.600 mc/h la presiunea statică de 300 Pa. Puterea electrică a venti-

latorului de introducere a aerului este de 11 kW, iar a celui de evacuare este de 4 kW, are automatizare completă și conține: convertizoare de frecvență pentru funcționarea ventilatoarelor în regim automat/auto-comandat, vane cu trei căi motorizate și reglaj proporțional pentru baterii, presostatate rupere curele, presostatate diferențiale semnalizare colmatare filtre, microîntrerupătoare de siguranță uși, protecție anti-îngheț, servomotoare de comandă clapete, pompă de recirculare locală a agentului de încălzire, senzori de temperatură și presiune digitali, senzor de fum și de calitate a aerului, regulatoare electronice programabile, etc.



Laboratorul dispune de o instalație de producere de azot gazos / lichid (Oxywise – Cryomech), necesar funcționării echipamentului științific din dotare.

Generatorul de azot gazos (Oxywise – Slovacia) este compus din:

- compresor de aer cu șurub, cu un debit de aer de 0.60m³/min la presiune normală de lucru de 8 bar, prevăzut cu filtru ciclon și sistem automat de purjare;
- uscător cu refrigerare cu capacitatea de 1 m³/min;
- sistem de filtrare cu filtre de 1 μm și respectiv 0.01 μm legate în cascadă, prevăzut cu sistem de purjare;
- tanc de aer comprimat vertical cu volumul de 200L;
- generator de azot gazos de înalta puritate (15 Nm³/h la o puritate 99.5% respectiv 3.5 Nm³/h azot de puritate 99.9995%) la o presiune de 5 bar utilizând tehnologia de adsorbție alternantă sub presiune;
- tanc vertical de azot gazos cu volumul de 200L prevăzut cu reductor de presiune și filtru reținere impurități.

Generator de azot lichid LNP40 (Cryomech - SUA) capabil să producă peste 40 L / Zi azot lichid de o puritate de minim 99% folosind tehnologia de criogenare Gifford – McMahon. Sistemul este alimentat cu azot gazos produs de generatorul descris anterior și include următoarele părți componente:

- criogenerator de azot bazat pe tehnologia Gifford-McMahon cu o capacitate de răcire de 145W@77K (-196.150C), montat pe vasul Dewar a generatorului de azot lichid;
- compresor cu Helium la o presiune de peste 14 bar, răcit cu apă și capabil să funcționeze în condiții ambientale;
- ansamblu vas Dewar cu volum de 160 L, construit din oțel inoxidabil, pereți dubli, izolație termică asigurată prin vid, prevăzut cu linie de extracție azot lichid și sistem automat de măsurare și afișare a nivelului de azot lichid în vas.

În acest moment laboratorul dispune de aparatură pentru sinteze, analiză și caracterizare a materialelor (și nu numai) de ultimă generație (funcțională), precum și de facilități deosebite, majoritatea funcționale sau în curs de punere în funcțiune. Datorită acestui fapt, laboratorul este unic nu doar în țară ci și în partea de sud-est a Europei. El reprezintă, după noi, elementul central pentru dezvoltarea unui pol de excelență pe energii regenerabile, în această parte a Europei.



LERF



Nișă marca Merci (Republica Cehă) dotată cu: exhaustare, linie de gaz inert, linie vacuum, aer comprimat, curent electric, blat din piatră artificială și interior glazurat cu sticlă.

Masă antivibrații pentru balanță marca Merci (Republica Cehă) dotată cu bloc din granit și blat laminat compact rezistent la substanțe chimice.

Mobilă de laborator dotată cu: blat din ceramică tehnică antiacidă cu grosimea de 20 mm, respectiv blat laminat compact rezistent la substanțe chimice, dulapuri de stocare rezistente la substanțe chimice, cuvă, robinet și sifon antiacid.

Laborator sinteze

Balanța ML 204 - (Mettler Toledo Statele Unite)

Caracteristici funcționale: Display LCD Blacklit, Smart Trac pictogramă pentru urmărirea domeniului de măsură, Smart Key accesare rapidă a aplicațiilor (1 SmartKey), Tehnologie Mono Bloc sau SG, celule de cântărire de mare performanță, calibrare internă, accesare rapidă prin simpla apăsare a unui buton etc. Aplicații: Numărare de piese, Cântărire dinamică, Cântărirea unui amestec după o rețetă, Statistică, Verificarea greutateii (verifică greutatea probelor în anumite toleranțe), Cântărire procentuală.



Bidistilator marca Fistreem model Cyclon

Caracteristici funcționale:

4 l/h, conductivitate apă sub $1\mu\text{S}$,
fără pirogenități,
dotat cu rezervor de stocare
cu volumul de 30 L
prevăzut cu senzor de nivel
și oprire automată în cazul umplerii



Centrifugă Model Sigma 3-30 KS (Germania)

Caracteristici funcționale:

Maximum 30.000 rot min⁻¹

Maximum 65.400 g

Capacitate maximă 6 x 85 ml

Control exact al vitezei de rotație, temperaturii și timpului.

Rotor interschimbabil

Interior din oțel inoxidabil

Domeniu de temperatură: -20 °C până la 40 °C (răcirea rotorului de face cu ajutorul refrigerentului R404a)

Maximum 60 de programe având curbe de accelerare și frânare a rotorului stabilite de utilizator.

Etuvă cu vacuum model DZF 6020 marca MTI (Statele Unite)

Caracteristici funcționale

Temperatura maximă 250°C

Putere 1000 W/220 V

Interior din oțel inox

Controlul temperaturii se face prin intermediul unui controller PID.

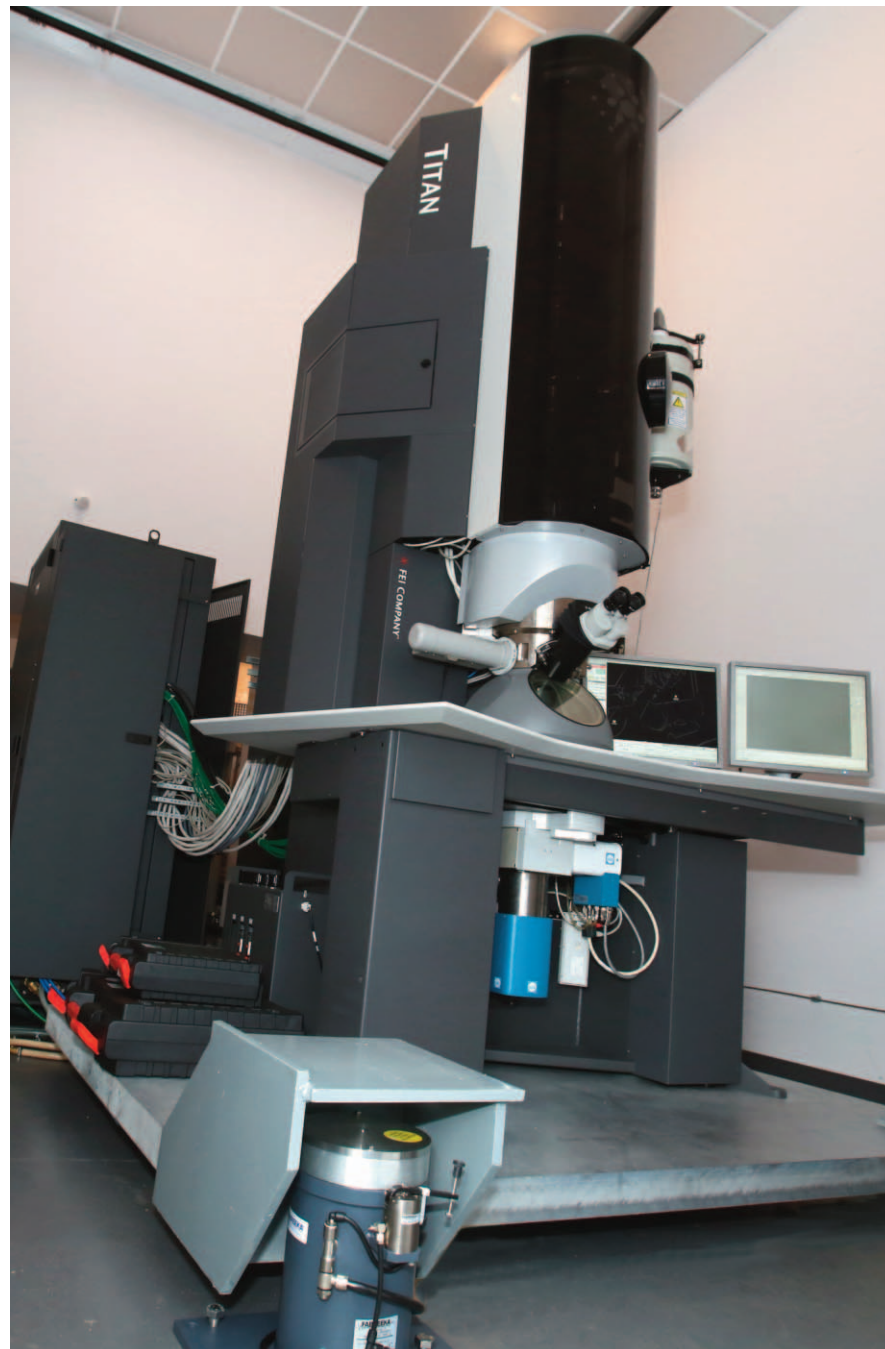
Manometru pentru vacuum cu rezoluția 0.005 MPa.



Microscop electronic de transmisie Titan G2 80-200

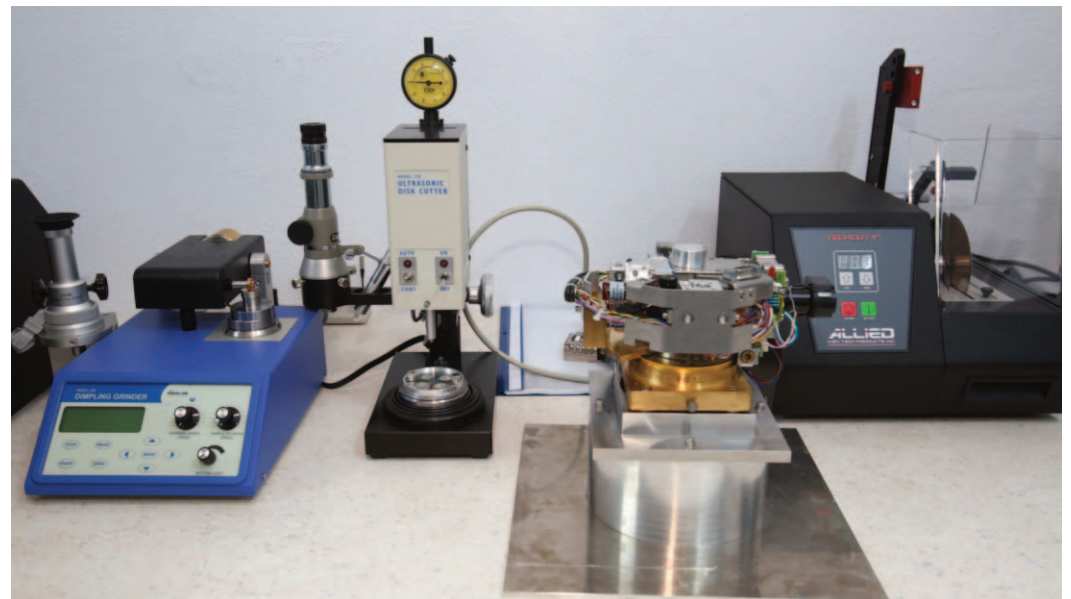
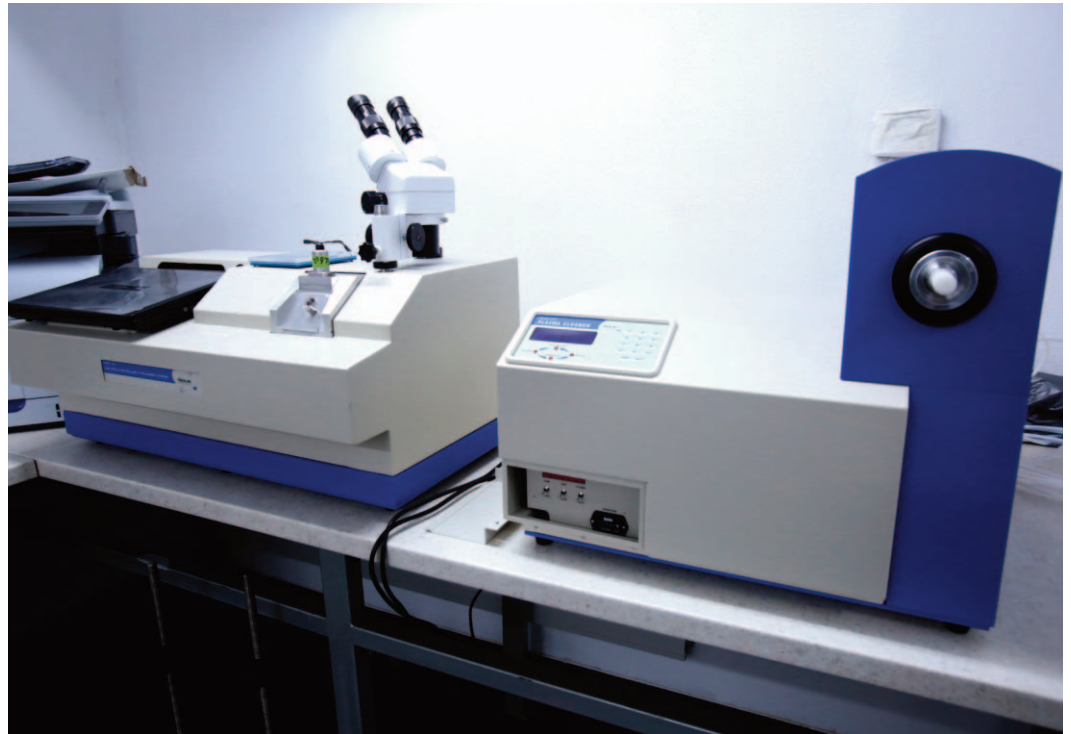
Titan G2 80-200 (FEI Company, Olanda)

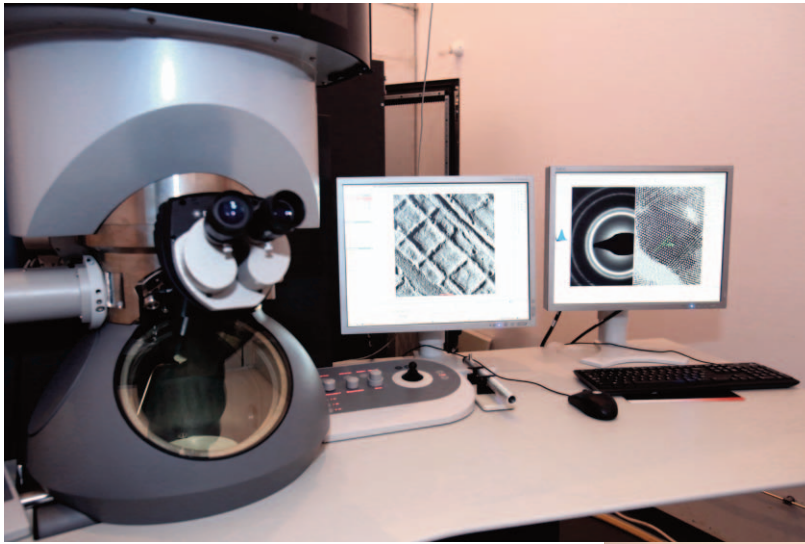
Titan G2 80-200 este un microscop electronic de transmisie (TEM) cu posibilitate de scanare (STEM), are tensiuni de accelerare de 80-200 kV și dispune de tun de electroni cu emisie în câmp (FEG). Microscopul face parte din familia Titan G2 (generația a doua) și este proiectat pentru maximă performanță în toate modurile de operare: TEM, STEM, EFTEM și EELS. Este vârful de gamă din producția FEI și cel mai puternic microscop electronic disponibil pe piață. Atingeră acestor performanțe presupune un microscop cu corector care satisface necesitățile stringente de stabilitate maximă atât din punct de vedere mecanic, electronic și termic, cât și alinierea precisă a componentelor de tehnologie avansată. Prin această abordare Titan G2 80-200 are o performanță incomparabilă cu alte microscopice, atât în modurile de operare TEM, cât și în STEM. Rezoluția punctuală a microscopului este de 0.09 nm în modul TEM (cu corector de imagine) și de 0.08 nm în modul STEM (cu corector de probă).



Linia de echipament și aparatură pentru prepararea probelor include:

- echipament de debitare cu disc diamantat „TechCut 4™ Precision Low Speed Saw”;
- echipament de polizare planară cu hârtie abrazivă: „TwinPrep 5™ Grinding/Polishing Machine”;
- dispozitiv de prindere probe în vederea polizării planare controlate: „Model 160 - Specimen Grinder”;
- echipament de debitare cu ultrasunete pentru probe TEM: „Model 170 - Ultrasonic Disk Cutter”;
- chit de preparare stive probe debitate în vederea analizelor în secțiune transversală: „Model 180 - XTEM Prep Kit”;
- echipament de profilare în secțiune a specimenelor (dimpling): „Model 200 - Dimpling Grinder”;
- echipament de subțiere și polizare ionică la unghiuri mici pentru probe TEM: „Model 1010 - Ion Mill”;
- echipament de curățire în plasmă „Preparing a Silicon Cross-Section Specimen for Transmission Electron Microscopy”:
- „Model 1020 - Plasma Cleaner”





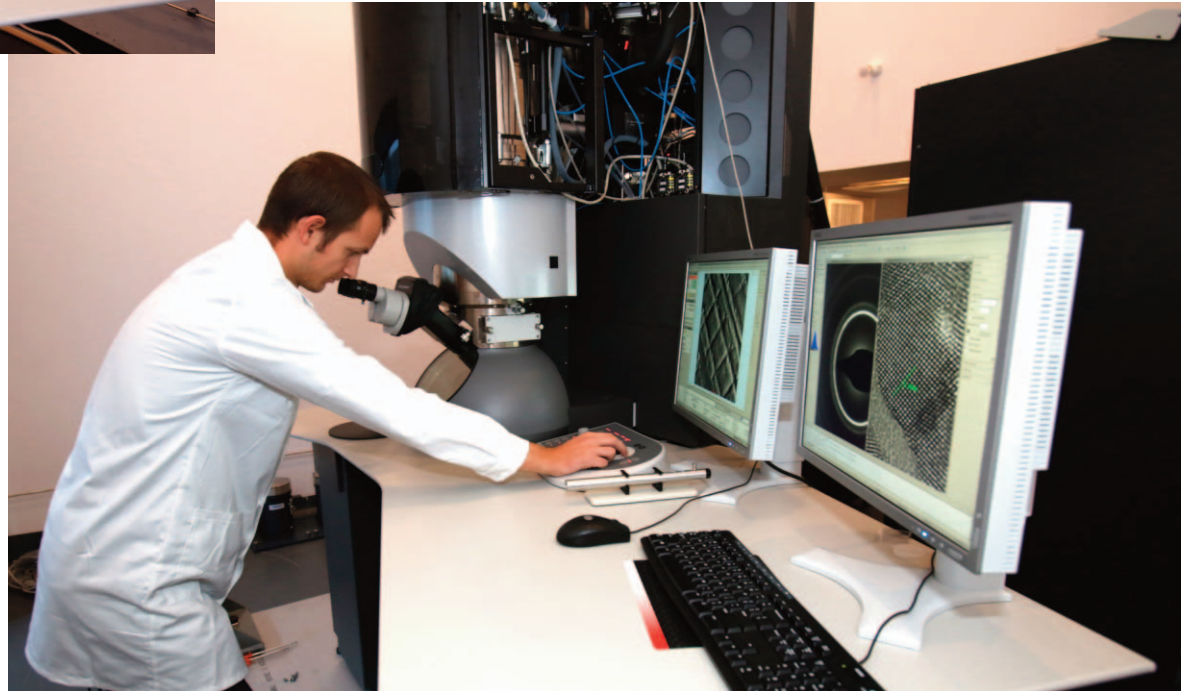
Microscopul electronic de transmisie este folosit la studiul probelor ultrasubțiri, făcând posibilă înregistrarea de imagini la rezoluție foarte mare, până la nivel atomic, precum și a tiparelor de difracție. De asemenea, spectrometrele pentru analiză EDX și EELS permit, pe lângă înregistrarea spectrelor EDX și EELS, obținerea de hărți ale distribuției diferitelor elemente din speciunile analizate (mapping), chiar și la rezoluție atomică. Nu în ultimul rând, tomografia EDX permite reprezentarea 3D a compoziției elementare a probelor.

Camera în care se află microscopul Titan G2 80-200 este ecranată electromagnetic cu plăci din aluminiu, acestea având rolul de a diminua efectele nedorite ale radiațiilor electromagnetice asupra performanțelor acestuia. De asemenea, microscopul este așezat pe o placă din aluminiu cu o grosime de 7 cm, importantă pentru reducerea vibrațiilor care pot afecta calitatea imaginilor înregistrate. Placa de aluminiu este plasată pe patru amortizoare pneumatice, care susțin ansamblul și îl izolează vibrațional de pardoseală. Deoarece viteza aerului în jurul coloanei microscopului trebuie să fie mică de 5 m/min, pe sistemul de climatizare au fost montate dispozitive de control ale curgerii aerului și a vitezei acestuia. Pentru asigurarea unei variații de

temperatură de sub 0.5 °C/oră, camera este izolată termic și prevăzută cu tampon termic, care are și rolul de acumulator de căldură. Izolarea acustică este asigurată de bariere fonice sub formă de perdea, pe toată înălțimea camerei. Acestea despart zona în care este amplasat microscopul de restul de echipament. Pentru a evita oprirea microscopului ca urmare a întreruperii curentului electric, acesta este alimentat, prin intermediul unei surse UPS

electroni care străbate sistemul de lentile din coloana microscopului și este transmis prin probă, colectând informații despre aceasta. La ieșirea din probă, fasciculul este magnificat (mărit) și proiectat pe un ecran fluorescent sau expus pe monitor.

Modurile utilizate pentru a înregistra imagini corespunzătoare diferitelor zone din probă sunt TEM și STEM: în modul TEM, micrografiile sunt achiziționate cu ajutorul unei camere CCD, iar în modul STEM acestea sunt preluate cu ajutorul unui sistem de detecție care conține detectorii: HAADF, DF₄, DF₂ și BF. Camera CCD se folosește și pentru înregistrarea tiparelor de difracție, în modul de difracție electronică. Spectrele EDX și EELS, precum și hărțile de distribuție a ele-



de la rețeaua electrică, în tampon cu un generator electric automat, pe motorină.

Principiul de funcționare al microscopului electronic de transmisie constă în generarea cu ajutorul unui tun electronic, a unui fascicul de

mentelor din probe sunt înregistrate cu ajutorul celor patru detectori SDD (în cazul analizei EDX) și a sistemului de detecție EELS (în cazul analizei EELS). Softurile folosite pentru achiziția datelor și prelucrarea acestora sunt: TEM Imaging & Analysis, Gatan Digital Micrograph și Esprit.

Descriere:

- Ca sursă de electroni, microscopul folosește un tun electronic Schottky cu emisie în câmp, de înaltă stabilitate, produs de FEI. Luminositate: $1,8 \times 10^9$ A/cm² (@200 kV);

- Conține un sistem cu trei lentile condensor, cu indicarea cantitativă a unghiului de convergență și a dimensiunii zonei iluminate;

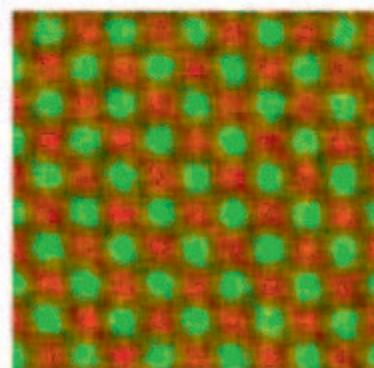
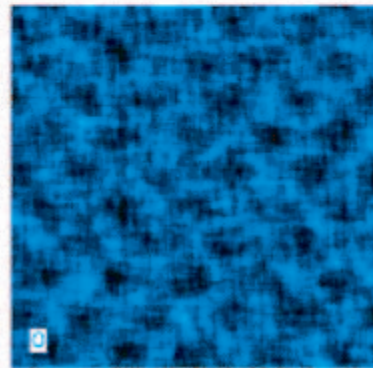
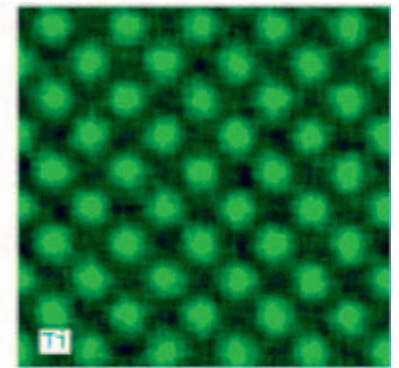
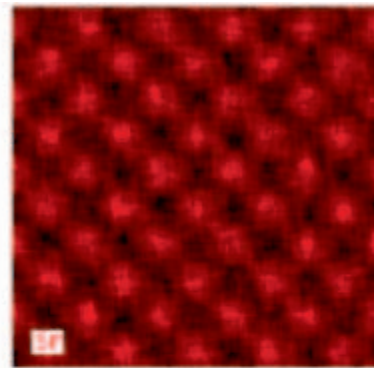
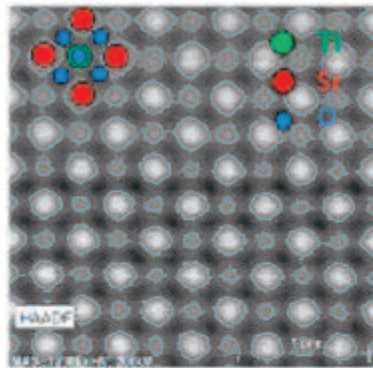
- Include tehnologia ChemiSTEM, ceea ce implică geometria Super-X™ reprezentată prin prezența a patru detectori SDD (Silicon Drift Detectors) aranjați simetric în jurul specimenului;

- Permite flexibilitate în schimbarea tensiunii de accelerare a electronilor de la 80 la 200 kV (80, 120, 200 kV);

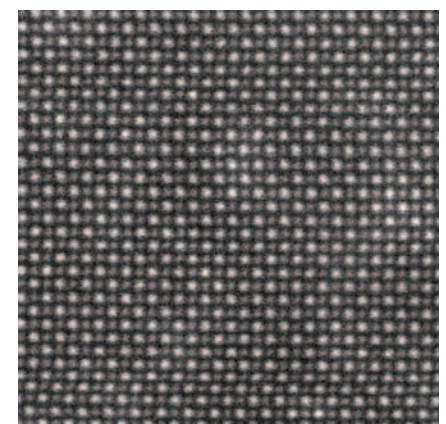
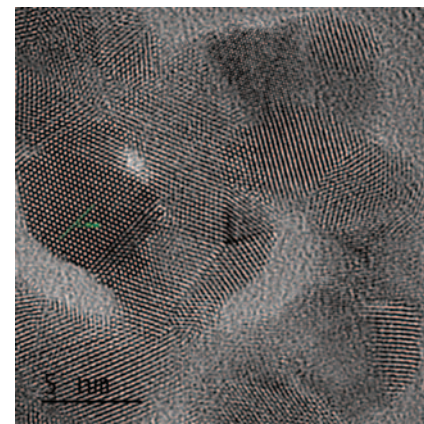
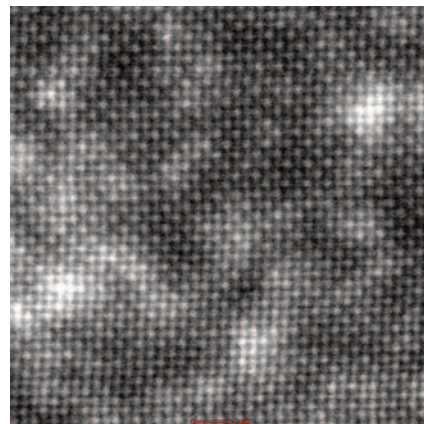
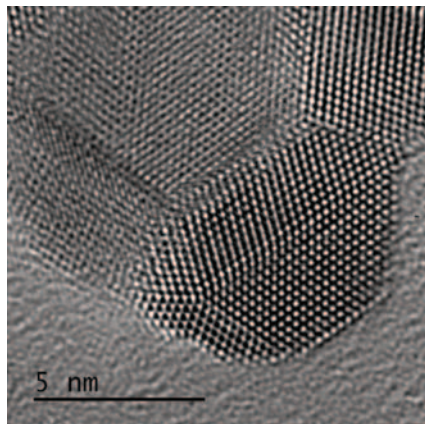
- Aperturile sunt automatizate, făcând posibil controlul de la distanță;

- Permite înclinarea holder-ului double-tilt în intervalul $\pm 35^\circ$, pentru optimizarea analizei cristalelor individuale din materialele policristaline;

- Rezoluția HR-STEM obținută în cadrul System Acceptance Test a fost 0,136 nm, la magnificare 5 Mx, cu apertură condensor de 70 μ m;



Mapare (cartografiere) EDX la rezoluție atomică a SrTiO₃ la 200kV în orientare <100> utilizând detectorul Super-X



Platformă Scanned Probe Microscopy (SPM)

Multi Probe Imaging - MultiView 1000™ (Nanonics Imaging, Israel)

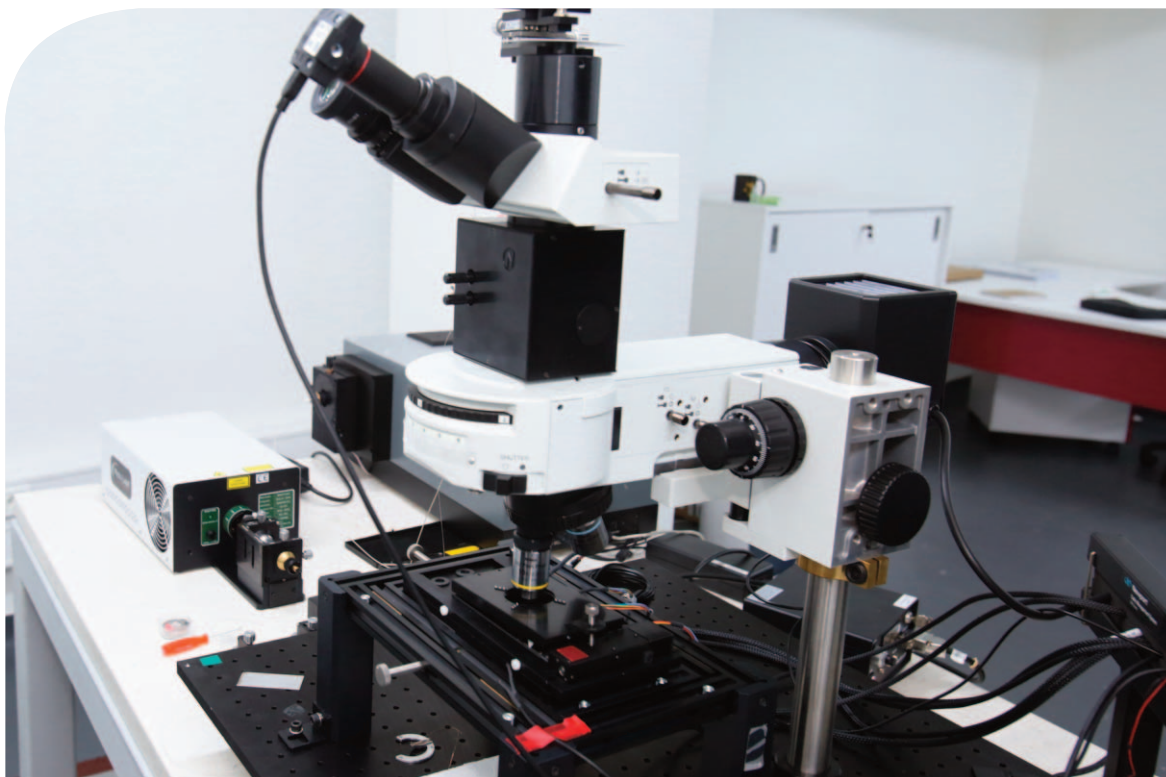
• AFM - este o tehnică care se bazează pe interacțiunea dintre vârful atașat la capătul cantileverului flexibil și suprafața probei. Vârful cantileverului rămâne în contact cu proba, iar odată cu deplasarea lui pe probă în planul X-Y, apar schimbări în înălțime datorită caracteristicilor de suprafață,

cauzând astfel devierea cantileverului. Această deviație este măsurată cu ajutorul unei raze laser reflectată de pe partea din spate a cantileverului de un fotodetector.

• STM - pentru ca procesul să aibă loc proba supusă analizei STM trebuie să conducă electric. La analiza

Multi Probe Imaging - MultiView 1000™ este un sistem comercial care integrează toate posibilitățile de scanare microscopică cu sondă. Astfel de integrare permite combinarea măsurătorilor din domeniul îndepărtat, corelat cu caracterizarea SPM nanometrică, rezultând un produs de ansamblu mai performant decât fiecare parte luată separat.

Sistemul modular are posibilitatea de integrare a următoarelor tehnici de măsură: AFM/STM/Electrochimie/Analiză Raman/TERS/NSOM, MFM/EFM.



STM se folosește un vârf metalic (platină) care se sfârșește într-un singur atom. Metoda de măsură se bazează pe efectul de tunelare apărut ca urmare a curgerii curentului între probă și vârf, efect datorat distanței mici și aplicării unui potențial între acestea.

• Electrochimie - studiul reacțiilor chimice care au loc la interfața unui electrod, de obicei un metal solid sau un semiconductor, și un conductor ionic, electrolitul. Aceste reacții implică sarcini electrice care se deplasează între electrozi și electrolit (sau a speciilor ionice într-o soluție).

• Analiza Raman - oferă informații despre vibrațiile moleculare și oferă date pentru identificarea și cuantificarea probei. Tehnica presupune reflectarea unui fascicul de lumină monocromatică (laser) pe un eșantion și detectarea luminii împrăștiată.

• TERS - folosește un vârf metalic (AFM sau STM acoperit de obicei cu argint/aur) pentru a îmbunătăți semnalele Raman date de moleculele situate în vecinătatea sa. Rezoluția spațială este aproximativ egală cu cea a apexului vârfului (20-30 nm). Metoda TERS are rezoluție moleculară și este promițătoare pentru aplicații în bioanaliză.

• NSOM - este o tehnică de microscopie optică pentru investigația nanostructurilor care depășesc domeniul maxim de rezoluție al microscopiei clasice, prin exploatarea proprietăților undelor evanescente. Acest lucru se face prin plasarea detectorului foarte aproape (distanța mult mai mică decât lungimea de undă a luminii - λ) de suprafața probei.

• MFM și MEF - este o extensie a microscopiei de forță atomică (AFM) și oferă informații despre

domeniile magnetice și electrice din probă, la nivel submicronic. Imagistica AFM/MFM este realizată folosind sonde MFM speciale acoperite cu materiale magnetizate (CoCr sau NiFe). Tehnica constă din doi pași de "ridicare", primul pas constând în determinarea topografiei, al doilea pas constând în separarea efectelor forțelor electrice și magnetice obținute după efectuarea topografiei. La prima ridicare, sonda se găsește de obicei 5 -50 nanometri deasupra suprafeței, urmând apoi să se deplaseze de-a lungul conturului înălțimii care a fost tocmai achiziționat la o înălțime constantă (de obicei 10-50 nm). În etapa a doua de trecere a vârfului deasupra probei sunt depistate modificările frecvenței de rezonanță a sondei sau a fazei, care sunt la rândul lor cauzate de forțele magnetice sau electrice.

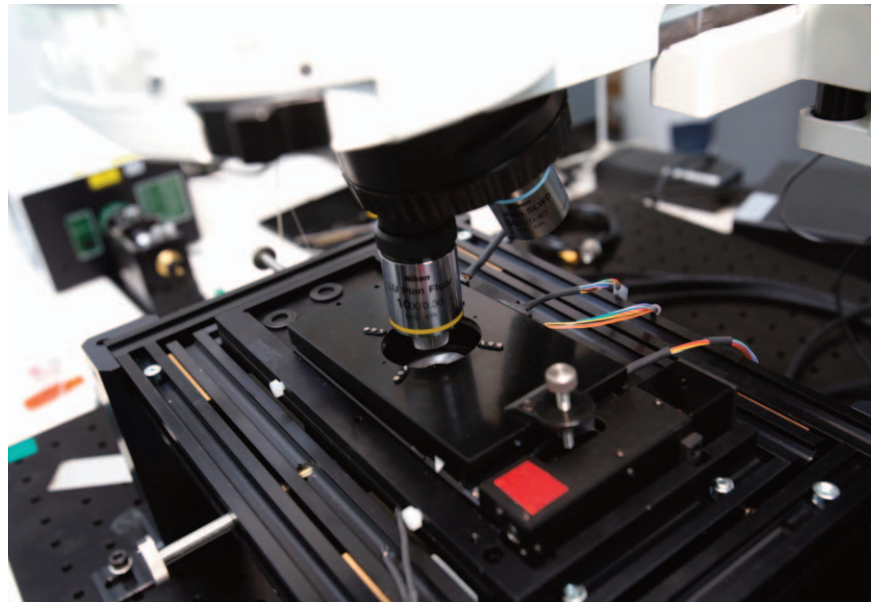
Tehnici de măsură disponibile

AFM: mod contact, non-contact, fază, semnal de eroare, tehnică multi-pass
NSOM: iluminare și imagistică optică prin scanare în câmp apropiat (transmisie, reflexie, colectare, iluminare)

Imagistică fazală și contrast interferență diferențială: reflexie și transmisie
Imagistică spectrală on-line confocală în câmp îndepărtat prin Fluorescență și Raman: reflexie și transmisie

MFM/EFM: metodă multipass; prima măsurare oferă detalii despre topografia probei, al doilea, măsoară forțele de magnetizare și electrostatice, bazat pe topografia probei

Operare cu celulă pentru probe în lichid: AFM, NSOM și alte măsurători SPM în fază lichidă în toate modurile posibile de imagistică optică incluzând



și imagistică fazală

Conductivitate termică și profil rezistență difuză: în mod contact sau mod AC
Nanolitografie: scrierea modelelor nanolitografice prin corelarea poziției senzorului AFM cu ajutorul hardware-ului și software-ului aferent

NanoIdentificație: aplicarea forței MegaPascal, permițând poziționarea exactă și controlul forței aplicate prin analiza on-line; scrierea modelului nanoidentat

NanoManipulare: plasarea și mișcarea controlată a probei

Măsurări pe probe în mediu controlat: cameră cu mediu controlat, integrată într-un microscop optic

Măsurări pe probe încălzite/răcite: posibilitatea de a încălzi probe solide până la 350°C și de a răci până la -20°C, în camera cu mediu controlat

Alte moduri de operare: index de refracție (reflecție și transport)

Specificații cap scanare SPM/NSOM

Probă scanner: scanner piezoelectric plan (3D flat scanner TM) înălțime 7 mm

Domeniu scanare SPM: până la 100 μm XY și Z scanare probă

Rezoluție scanner: <0.005 nm (Z), <0.015 nm (XY), <0.002 nm (XY) în modul de joasă tensiune

Poziționarea grosieră a probei: 6 mm cu scannerul piezoelectric plan 3D flat scanner TM

Mecanism optic- reacție prin reflexie fascicul luminos- configurație standard

Rezonanță mecanică (diapazon) - opțional

Dimensiune probă: geometrii standard și neconvenționale

Sonde specializate din sticlă cu geometria vârfului expusă și toate formele de sonde din siliciu

Rezoluție imagine

Câmp îndepărtat: limita de difracție

Sistemul optic: asigură rezoluția limitat prin difracție la 500 nm în modul de operare non-confocal

Confocal: 200 nm

NSOM: 100 nm la instalare; sonde disponibile pentru 50 nm

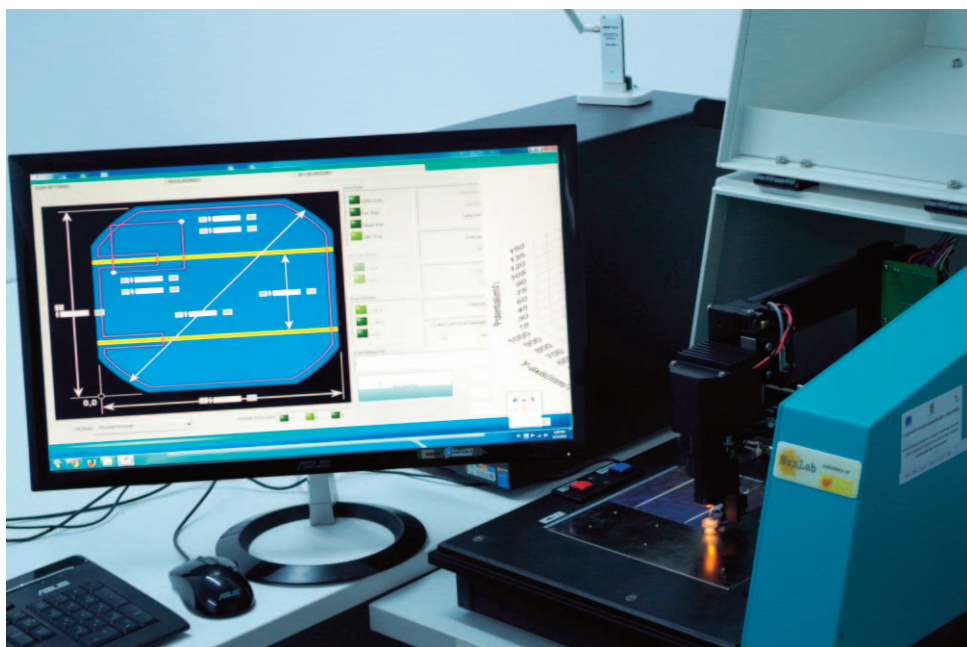
Topografic: nivel de zgomot pe Z - 0.05 nm rms; rezoluție laterală X,Y - determinată de convoluție diametru vârf & probă

Termic: de la 100 nm

Rezistență: de la 25 nm

Echipament pentru caracterizare celule solare

CORESCAN (SunLab B.V., Olanda)



CORESCAN este utilizat pentru cartografierea (maparea) detaliată a rezistenței de contact între emitor și grila metalizată de pe suprafața celulelor solare. Modurile de cartografiere oferite de instrument permit, de asemenea, determinarea rezistenței de șunt, a curentului indus de fasciculul de lumină (LBIC) și a tensiunii în circuit deschis (VOC).

Aparatul permite măsurarea pe întreaga suprafață metalizată a rezistenței de

contact, determinarea locației șunturilor, scanarea VOC a suprafeței frontale nemetalizate și mapare LBIC. Forma celulei solare supuse spre analiză poate fi circulară, pătrată, semi-pătrată sau dreptunghiulară. Corescan este un instrument indispensabil pentru optimizarea eficienței celulelor solare, eliminarea defectelor acestora în procesul de fabricație, precum și în activitatea de cercetare-dezvoltare.

Specificații:

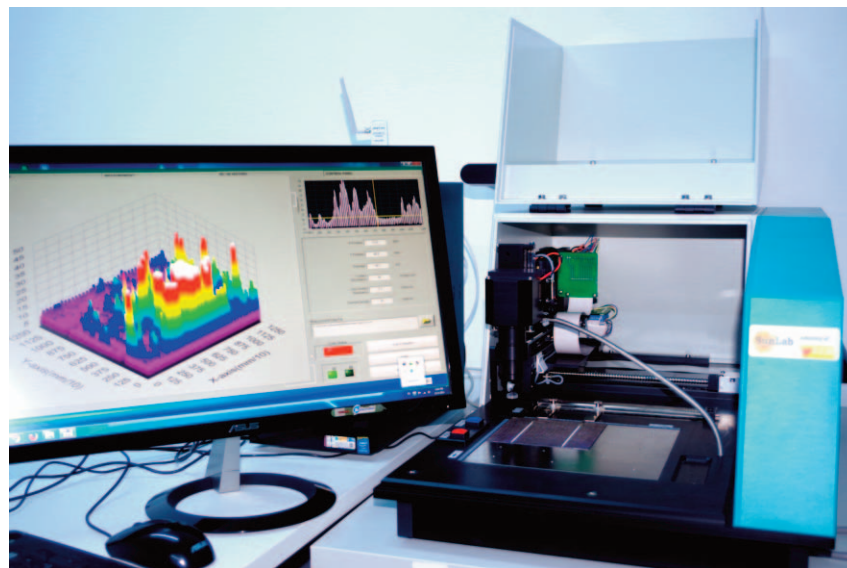
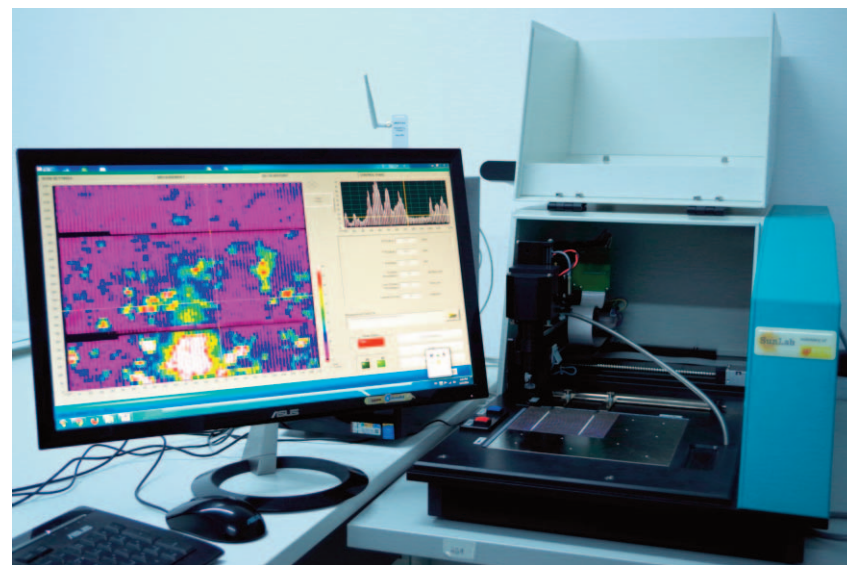
- Dimensiunea celulei solare:
50 - 205 mm lungime/lățime, 0,2 - 1 mm grosime
- Domeniu de scanare: 0-215 mm după axa x și y
- Viteza de scanare după axele x și y: 10-20 mm/s, ajustabilă;
- Rezoluție spațială: 0,1 mm după axa x și 0,5 - 200 mm (ajustabilă) după axa y;
- Dimensiunea sondei de măsură: 0,2mm diametru;
- Intensitate sursă de lumină: 0 - 200 mW/cm²
- Omogenitate sursă de lumină: ± 5%
- Stabilitate sursă de lumină: ± 5%
- Spectru sursă de lumină: 350 - 1200 nm
- Diametru fascicul lumină: 9 mm
- Domeniu de tensiune măsurată: 0 - 1000 mV
- Precizie măsurare tensiune: 1 mV
- Rezultat: grafice 1D, 2D și 3D
- Export fișiere rezultate: în ASCII

1. Corescan permite măsurarea rezistenței de contact pe întreaga suprafață frontală metalizată. Metoda de determinare a rezistenței de contact este bazată pe măsurarea saltului de potențial la limita liniilor metalizate și siliciul adiacent, în timp ce curentul curge dinspre siliciu către liniile metalizate. Rezistența liniei de contact poate fi calculată împărțind saltul de potențial la curentul de curgere pe linie. În metoda Corescan, curentul de curgere este generat local de un mic fascicul luminos și este măsurat prin scurtcircuitarea externă a celulei. Sonda de măsură a potențialului, centrată în interiorul fascicului, măsoară potențialul local și se mută împreună cu fasciculul pe suprafața celulei în timp ce se află în contact continuu cu suprafața. Sonda scanează întotdeauna perpendicular pe liniile de metalizare rezultând grafic variația rezistenței de contact (a potențialului) funcție de poziția sondei. Prin efectuarea de scan-uri pe linii paralele se poate determina potențialul (rezistența de contact) pe întreaga celulă, datele prezentându-se în grafice 2D sau 3D.

2. Pentru localizarea șunturilor, celula nu este iluminată și curentul de curgere este indus la locațiile de șunt prin aplicarea unui potențial de polarizare variabil pe celulă. Deoarece emitorul are o rezistență relativ mare, curgerea de curent de la siliciul adiacent către șunt va induce un gradient de potențial în direcția șuntului în siliciu, gradient care este detectat de sondă. În hărțile de localizare șunturi („Shuntscan”) diferența absolută dintre potențialul de polarizare aplicat și potențialul măsurat local este reprezentată grafic, iar șunturile apar ca vârfuluri ascuțite în grafic. Prin scaneare cu potențiale de polarizare diferite este posibil să se studieze (non-) liniaritatea șunturilor individuale.

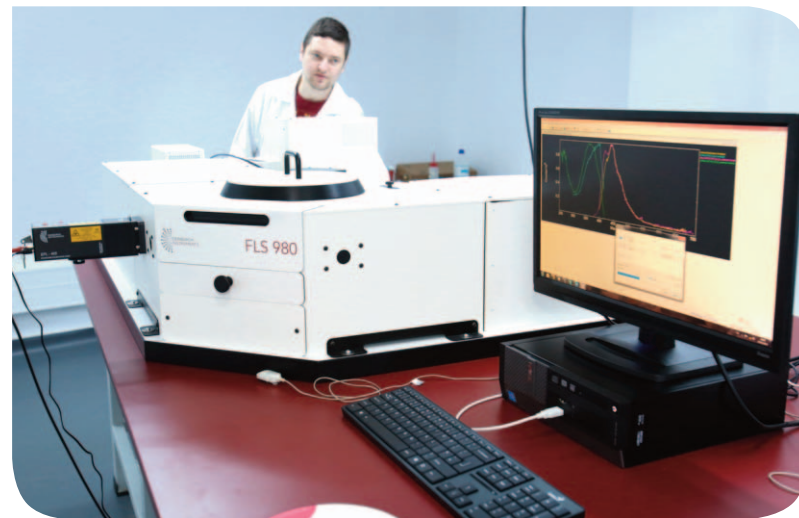
3. Măsurarea potențialului pe suprafața frontală fără metalizare (Voc) se face prin măsurarea cu sonda a potențialului local în centrul fascicului care iluminează celula în timp ce acesta este în circuit deschis. În acest fel este posibilă măsurarea Voc locală în cazul în care celula nu are metalizări pe suprafața frontală (altfel diferențele de potențial pe suprafață sunt estompate). Deși rezistența emitorului este considerabilă, cu siguranță vor fi scurgeri de curent în regiunile întunecate ale celulei, iluminarea fiind locală. Aceasta conduce la potențiale mai joase măsurate față de valorile Voc la un sor, în ciuda faptului că fasciculul de lumină este reglat la un sor. Cu această metodă se pot măsura scurgerile locale de curent prin joncțiunea p-n, șunturile pot fi localizate în celulă fără necesitatea metalizării pe suprafața frontală, pot fi detectate fisurile (invizibile) și de asemenea se poate detecta absența BSF în anumite locații.

4. Scanarea LBIC (Light Beam Induced Current) cu Corescan înseamnă baleierea suprafeței celulei cu fasciculul luminos în timp ce se măsoară curentul de scurtcircuit pe fiecare poziție. Deoarece dimensiunea fascicului este de 9 mm, timpul de scanare pe suprafața celulei este mic dar aceasta este în detrimentul rezoluției. În principiu se poate face simultan o măsurătoare LBIC și de rezistență de contact pe suprafața metalizată dar deoarece ultima măsurătoare conduce la scăderea curentului de scurtcircuit cu câteva procente, este de preferat efectuarea separată a celor două tipuri de măsurători.



Spectrometru de Fotoluminescență Staționară și Rezoluție Temporală

FLS980 (Edinburgh Instruments, UK)



FLS980 este un spectrometru modular, automatizat cu sensibilitate înaltă folosit în domeniile fotofizicii, fotochimiei, biofizicii și științei materialelor pentru identificarea non-destructivă a impurităților, inclusiv celor cu concentrații scăzute din materialul analizat. La expunerea materialului semiconductor sau dielectric la o lumina

de o anumită frecvență, impuritățile sau defectele din structură pot absorbi acea lumină, generând în banda interzisă apariția unor nivele energetice suplimentare. Înregistrarea dependenței intensității fotoluminescenței de lungimea de undă a luminii emise permite detectarea impurităților și defectelor din materialul analizat.

Tipuri de măsurători ce pot fi efectuate cu FLS980:

- Fotoluminescență staționară prin achiziția spectrelor de emisie și excitare în domeniul spectral UV-NIR.
- Fotoluminescență cu rezoluție temporală - prin achiziția curbelor de relaxare a fluorescenței, cuprinsă în intervalul temporal de la picosecunde (ps) până la microsecunde (μ s), folosind tehnica (TCSPC - time resolved single photon counting) sau prin achiziția curbelor de relaxare a fosforescenței, cuprinsă în intervalul temporal de la microsecunde (μ s) până la secunde (s), prin tehnica (MCS - multi channel scaling).

Spectrometrul FLS980 este echipat cu patru surse de lumină:

- Lampă de Xenon - Continuă 450 W, sursă de radiație cu bandă largă de emisie între 230-2600 nm, care permite, cu ajutorul monocromatorului, ajustarea selectivă a lungimii de undă între 230-900 nm, obținând puteri a luminii de la μ W până la mW.

- Lampă pulsată de Xenon μ F2, care produce pulsuri de câteva μ s, cu frecvență de repetare până la 100 Hz. Aceasta sursă este ideală pentru măsurarea timpilor de viață de la μ s la s.

- Lampă pulsată nF920 cu Thyatron, care produce impulsuri de lumină la scară de nanosecunde în domeniul spectral UV-VIS, 115-400nm, în funcție de gazul de

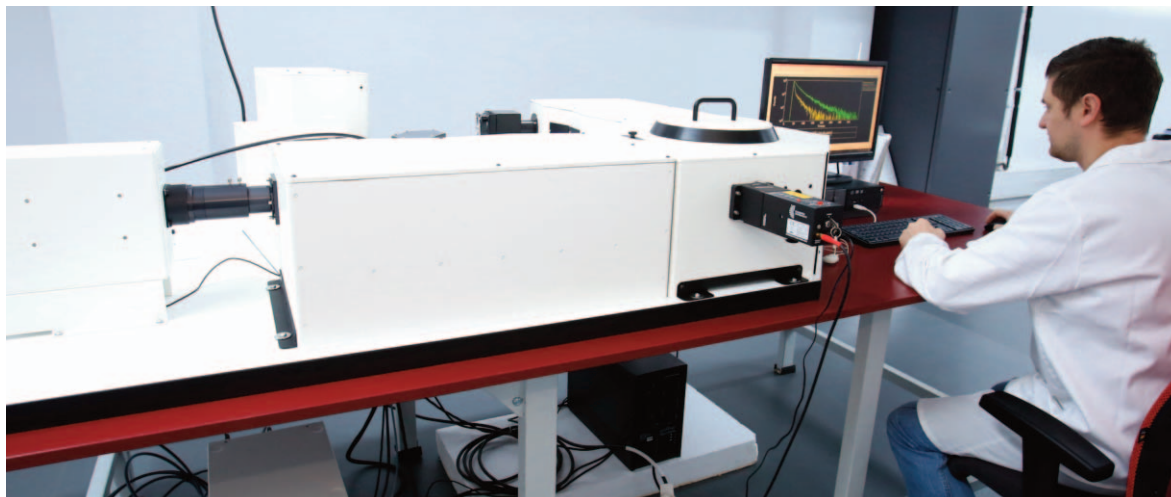
umplere folosit și de optică (de obicei 200-400 nm), cu frecvența de până la 100 kHz.

- Diodă Laser pulsată EPL 405 (405 nm), care produce pulsuri <100 ps cu rata de repetare de până la 20 MHz, fiind aplicată la măsurările (TCSPC).

În spectrometru lumina de excitare trece printr-un dublu monocromator Czerny-Turner, echipat cu până la 3 rețele de difracție, care permite flexibilitate în

ajustarea lungimii de undă. Lumina emisă de la probă trece printr-un dublu monocromator, asigurând o rezoluție de 0.05 nm și este înregistrată de către sistemul de achiziționare a datelor.

Fotomultiplicatorul Hamatsu R928P, disponibil, acoperă plaja de lungime de undă cuprinsă între 200-870 nm, care poate fi extinsă până la 5000 nm cu ajutorul detectoarelor adiționale.



Spectroscop de fotoelectroni cu raze X (XPS)

AMICUS ESCA3400 (Kratos Analytical, UK)



Spectroscopia de fotoelectroni cu raze X este larg utilizată în studiul suprafețelor materialelor. Această metodă, cunoscută și sub denumirea de spectroscopie de electroni pentru analiza chimică (ESCA), este utilizată pentru analiza compoziției chimice a suprafețelor materialelor, identificarea contaminării suprafeței și analiza de persistență a impurităților în material, determinată prin profile de adâncime folosind ioni de Ar⁺ pentru eliminarea strat cu strat a materialului.

Spectrul XPS este obținut prin iradierea cu fasciculul de raze X cu o lungime de undă constantă a materialului, măsurând-se simultan energia cinetică și numărul de electroni care ies din primii 10 nm de la suprafață. Astfel, pe baza spectrului obținut poate fi determinată compoziția elementară, formula empirică, valența elementelor componente a materialului.



Specificații spectrometru

- Două pompe turbomoleculare de 150 l/s și 50 l/s legate în serie asigură nivelul vidului în camera de analiză de aprox. 5×10^{-7} Pa.
- Sursa de raze X pentru excitare cu anod dublu de Mg și Al ce asigură energii de 1486,6 eV și respectiv 1253,6 eV și putere de operare de 300W (12kV, 25mA).
- Analizor de energie a electronilor dotat cu filtre optice pentru energii de 25, 75, și 150 eV.
- Tun cu ioni de Ar⁺ (tensiune accelerare 1kV, curent de emisie 1-100 mA, rata de gravare 5-100 Angstrom/min) pentru îndepărtarea contaminanților (C, O, etc.) de pe suprafețele materialelor analizate, realizarea de profile de concentrație.
- Sistem de încălzire a camerei analizorului pentru îndepărtarea impurităților depuse în incinta acesteia.

Cerințe la preparare probe

Probele preparate trebuie să fie plate cu grosimi de 5 mm și diametru de 10 mm, compatibile cu expunerea la vid de ordin 10^{-7} Pa, raze X și prelucrare cu ioni de Ar⁺.

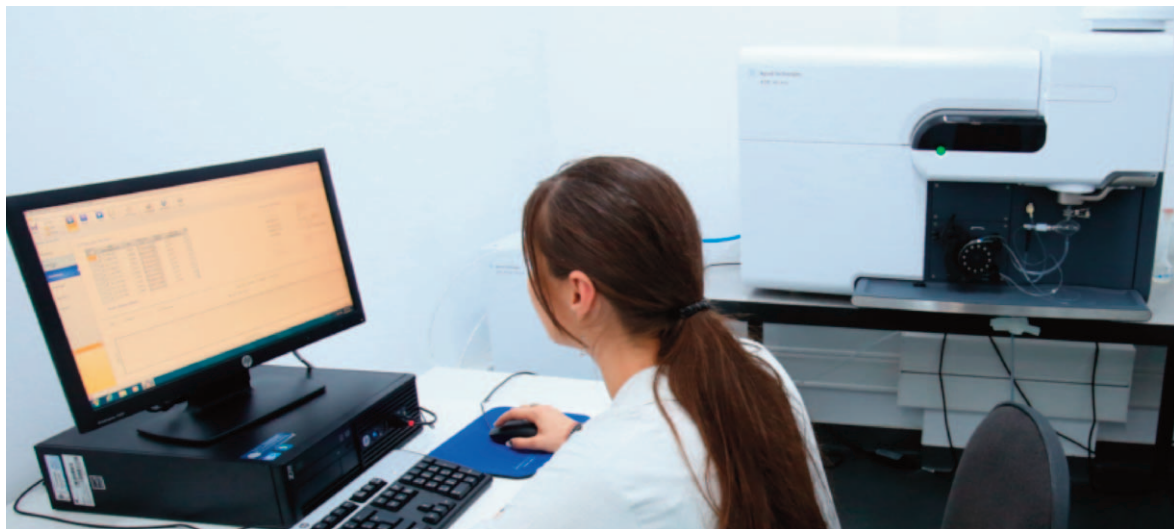
Spectrometru de emisie atomică

Agilent 4100 MP-AES (Agilent Technologies, S.U.A.)

Agilent 4100 MP-AES este un spectrometru secvențial rapid de emisie atomică care utilizează energia microundelor cuplate magnetic pentru a genera o plasmă robustă și stabilă de azot. Spectrometrul are o sensibilitate ridicată, limita de detecție coborând la nivele de sub ppm (părți pe milion), o viteză de analiză mult superioară spectrometrelor de Absorbție Atomică cu flacără și nu necesită gaze scumpe și inflamabile. Agilent 4100 MP-AES funcționează cu azotul din aer.



Valve comandate de calculator controlează automat atât gazul pentru generarea plasmei (azot), fixându-l la 20 L/min, cât și gazul auxiliar necesar operării aparatului (1,5 L/min). Gazul necesar nebulizatorului pentru atomizarea probei, este controlat de asemenea de calculator prin intermediul unui regulator precis de presiune (80 – 120 kPa). Acest lucru asigură o curgere nominală controlată a fluidului nebulizatorului cuprinsă între 0,4 și 1,0 L/min. Generarea plasmei de microunde se face cu un magnetron de grad industrial răcit cu aer, ce operează la frecvența de 2450 Mhz. Puterea pentru generarea plasmei este fixată, pentru ușurința operării la 1 kW. Dat fiind faptul ca răcirea magnetronului și a generatorului de plasmă este făcută cu aer, aparatul nu necesită sistem de răcire cu apă. Inițializarea plasmei se face cu un flux auxiliar, momentan de argon, care este oprit automat în momentul în care plasma este aprinsă.



Spectrometrul are o poziție de vizionare a plamei, care poate fi optimizată pentru fiecare lungime de undă, controlată de computer. Designul compact și sistemul optic de înaltă rezoluție permite scanarea rapidă a probelor. Detectorul CCD de 532 x 128 pixeli cu un domeniu spectral continuu între 176 și 1100 nm, răcit cu elemente Peltier, are un randament cuantic de peste 90 % și permite o viteză mare de achiziție a datelor.



Un monocromator Czerny-Turner cu distanța focală de 600 mm, fantă de intrare fixă și următoare caracteristici:

- element dispersiv rețea de difracție holografică (90x90mm, 2400 linii/mm) cu optimizare la 250 nm.
- domeniu spectral 178-780 nm
- acuratețea lungimii de undă < 0.035 nm
- reproductibilitatea lungimii de undă < 0.002 nm
- rezoluție spectrală < 0.050 nm

asigură limite de detecție sporite și extinderea domeniului dinamic liniar al aparatului.

Productivitatea sporită prin măsurători multielement secvențiale rapide, detectarea elementelor majoritare, minoritare sau a urmelor și toleranța sporită la matrici cu solide dizolvate fac din Agilent 4100 MP-AES un aparat indispensabil în cercetare.

Generatorul de Azot (Agilent 4107), utilizat pentru alimentarea cu gaz a spectrometrului, asigură presiunea și debitul optim de Azot la o puritate de peste 99.5 %. El utilizează o sursă de aer curat și uscat provenind de la un compresor de aer fără ulei.

Pe lângă nișa chimică și instrumentarul aferent preparării eșantioanelor supuse spre analiză, dintre anexele spectrometrului Agilent 4100 MP-AES se evidențiază:

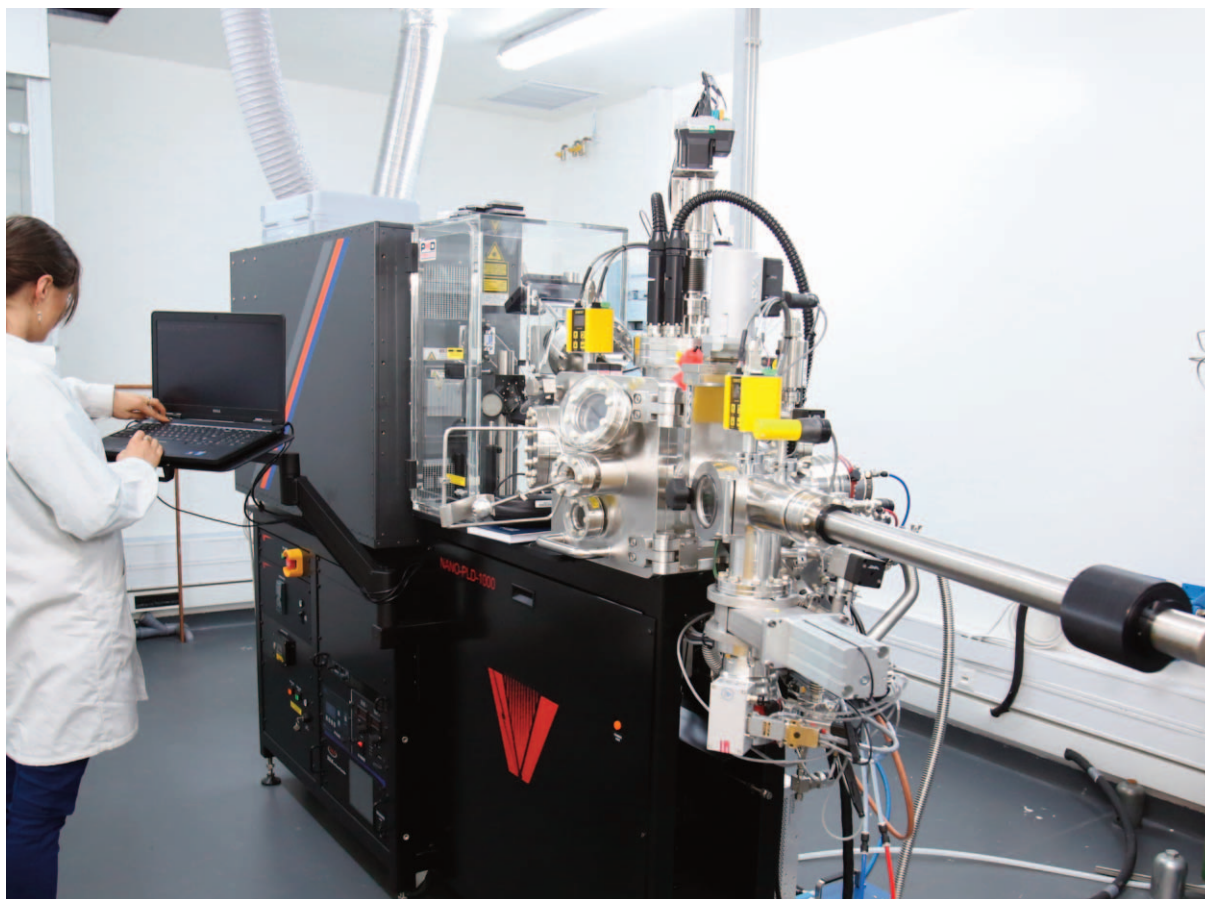
- Autoclava pentru tratament hidrotermal/solvotermal (SYNTHWAVE MCLS1000-MILESTONE – ITALIA). Aceasta este destinată prelucrării probelor în mediu inert chimic prin introducerea în camera de tratare a unor gaze inerte. Presiunea în camera de lucru de 990 ml este de până la 200 bari la 300°C. În aceasta se pot prelucra simultan mai multe probe, are un sistem de agitare integrat pentru agitarea probelor în fiecare vas și un sistem de exhaustare integrat. Puterea de microunde este de 1500 W.

- Sistemul de digestie cu microunde START D (Milestone – Italia). Acesta este dotat cu magnetron (putere instalată de 1200 WATT), protejat la energia reflectată de microunde, are puterea de lucru controlabilă prin microprocesor în pași de 1 W și cavitatea de lucru cu o capacitate de 37 x 34,5 x 33,5 cm, cu ușa rezistentă la explozie (suprapresiunile posibile la depășirea presiunii de 100 bari în vasele de lucru).

Sistem de depunere de filme subțiri prin ablație laser

NANO-PLD-1000 (PVD Products, SUA)

În funcție de modalitatea de obținere a filmelor subțiri există două categorii de metode: chimice (Chemical Vapor Deposition – CVD) și fizice (Physical Vapor Deposition – PVD). În comparație cu procedeele CVD, procedeele PVD permit obținerea de filme subțiri cu proprietăți structural deosebite, la temperaturi mai scăzute, într-o varietate microstructurală și compozițională mult mai mare. În plus procedeele PVD mai au o calitate ce nu trebuie neglijată, și anume, nu poluează mediul. Una dintre tehnicile cele mai promițătoare folosite pentru obținerea filmelor subțiri este ablația laser (PLD). Recentele modificări asupra acestei metode au făcut-o competitivă cu alte tehnici fizice de depunere, precum co-evaporare și de pulverizare magnetron. Acest procedeu implică transferul stoichiometric de substanță de la țintă la substrat, ducând la obținerea de filme subțiri uniforme și aderente, aplicabil pentru materiale de orice tip, asigurând controlul precis al grosimii stratului depus.



Un sistem complex integrat care să implice atât procedeele ablației laser cât și pulverizarea cu magnetron este sistemul Nano PLD-100, un instrument pentru depunere cu laser modulată în impulsuri, complet integrat, capabil să depună filme multistrat pe substraturi cu diametrul de până la 2 inch. Sistemul utilizează trei surse de energie: laserul Coherent Lambda PhysikCOMPex PRO 110, sursa de împrăștiere magnetron și sursa de ioni Veeco 3 cm.

Configurația sistemului Nano-PLD1000 include:

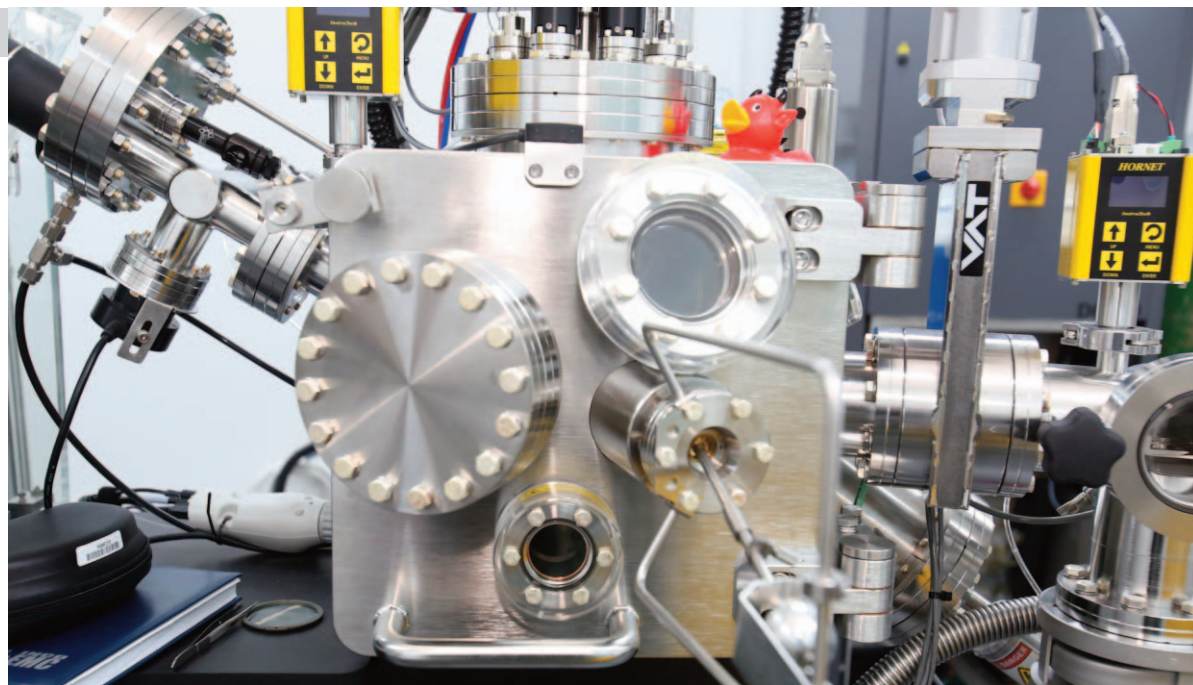
- Laserul Coherent Lambda PhysikCOMPex PRO 110. În combinație cu sistemul Nano PLD este utilizat laserul cu excimer Lambda PhysikCOMPex PRO 110. Laserul este în tehnologie Ceramic Tube și funcționează cu viteze de repetiție de până la 100Hz, Puterea maximă utilizată este de 20 MWatts/puls (248-nm, KrF).
- Sursa de împrăștiere cu magnetron PVD Products Titan cu diametrul țintei de 5 cm. Aceasta poate funcționa atât în curent continuu cât și în curenți de radiofrecvență.
- Operează în sistem RF (300 W) sau impulsuri DC (400 W)
- Operează între 0,5 mTorr la 1 Torr
- Puterea maximă DC 600 Watt
- Puterea maximă RF 400 Watt
- Tensiunea catodului 200 – 1.000 Volt
- Sursa de ioni Veeco 3cm care include grile de focalizare și un neutralizator pentru filamentul încins. Energia fascicului este de la 50 la 1200 eV la un curent maxim de 100mA.

- Camera vidată - Sistemul include multiple flanșe suplimentare pentru opționale sau alte accesorii, cum ar fi ecluză de schimbare a probei, spectroscopie de absorbție sau emisie atomică, tun de ioni, sau sursă de acoperire prin "împrășcare" (sputter). Camera include, de asemenea, porturi de vizualizare a țintei și a substratului.

- Ansamblul de vidare, sonde de vid și distribuitor pentru gaz. Sistemul conține un ansamblu de valve, o sondă de vid răcită cu apă Pfeiffer, pompă turbo-moleculară cu capacitate de 250l/s și 60.000 RPM, care lucrează în tandem cu o pompă rotativă de vid preliminar. Pentru măsurarea vidului se utilizează sonda InstruTech Super-Bee Convector Gauge (de la presiunea atmosferică la 10-3 torr) și sonda ionică Hornet Bayard Alpert (până la 10-9 torr). Pentru gazul de proces se utilizează un debitmetru digital programabil MKS (50 sccm) calibrat pentru oxigen, cu valvă manuală de oprire.

- Cale optică cu poziție fixă. Aceasta funcționează la o lungime de undă de 248 nm (KrF). Ansamblul optic include seturi de oglinzi HR cu diametrul de 2 inch montate în monturi mobile care oferă o poziționare foarte precisă a fasciculului laser pe suprafața țintei. Unghiul de incidență pentru fasciculul laser pe țintă este de 60° față de normala pe țintă. Acest unghi de incidență reduce cantitatea de material de depunere care ajunge pe fereastra laser-ului pe durata funcționării, spre deosebire de sistemele cu unghi de incidență de 45°.

- Manipulator pentru țintă programabil cu 3 poziții. În camera de depunere se află un manipu-



lator pentru trei ținte, fiecare în diametru de 3" (opțional 6 de 2"), cu o grosime maximă de 6mm. Flanșa rotativă ferofluidică cu două axe permite atât alegerea computerizată și modelul țintei utilizate pentru ablație (pentru eficientizare), cât și o rotație continuă a țintei cu până la 50 RPM..

- Încălzitor pentru substrat rezistent la oxigen. Integrat în partea superioară a camerei se află încălzitorul pentru substrat, care poate furniza o temperatură de până la 600°C. Încălzitorul are un înveliș răcit cu apă pentru minimizarea încălzirii pereților camerei. Distanța țintă-substrat este setată la 75mm.

- Fereastra Intelligent Window Sistemul Nano PLD IW (Intelligent Window) oferă fasciculului laser o cale optică curată pentru o perioadă mai mare de timp în comparație cu sistemele convenționale. Unitatea conține un disc intern din sticlă de quartz cu diametru mare, montat pe o interfață cu rotire manuală, pentru monitorizare. Fereastra include, de asemenea, un splitter pentru fascicul, montat pe un actuator liniar.

- Ecluză de schimbare a probei. Această opțiune permite integrarea în sistem a unei ecluze de încărcare de dimensiuni reduse. Holderul substratu-

lui este montat pe un suport cu axa Z, motorizată cu cursa de 2". Ecluză are o ușă de acces rapid pentru transferul probei împreună cu un actuator liniar, cuplat magnetic, pentru introducerea holderului în camera principală. Ecluză conține o valvă de vid preliminar și o pompă turbo-moleculară cu o capacitate de 70l/sec și 90.000 RPM. Pompa de vid preliminar a camerei principale, este utilizată în combinație cu pompa turbo a ecluzei, fiind conectată prin valve corespunzătoare. Măsurarea vidului se face cu ajutorul unei sonde ionice și a unei sonde Convector. Prin utilizarea ecluzei, presiunea de bază în camera principală este garantată a fi mai mică de 5 x 10-8 Torr.

- Pirometru optic, cu răspuns spectral de la 0,78 la 1,06μm, conectat prin fibră optică, montat pe flanșă. Ansamblul include o interfață cu fibră optică cu reglaj, montată pe un punct de vizualizare a substratului, localizat la 75mm de suprafața substratului. Domeniul de măsură al pirometrului este de la 500 la 2000°C.

- Debitmetre de masă suplimentare, valvă manuală

- Răcitor cu apă în circuit închis

- Compresor de aer

- Ansamblu rotativ pentru substrat, cu până la 40 RPM, care asigură rotația precisă a substratului prin intermediul computerului, îmbunătățind uniformitatea filmului de pus.

Elipsometru Spectroscopic

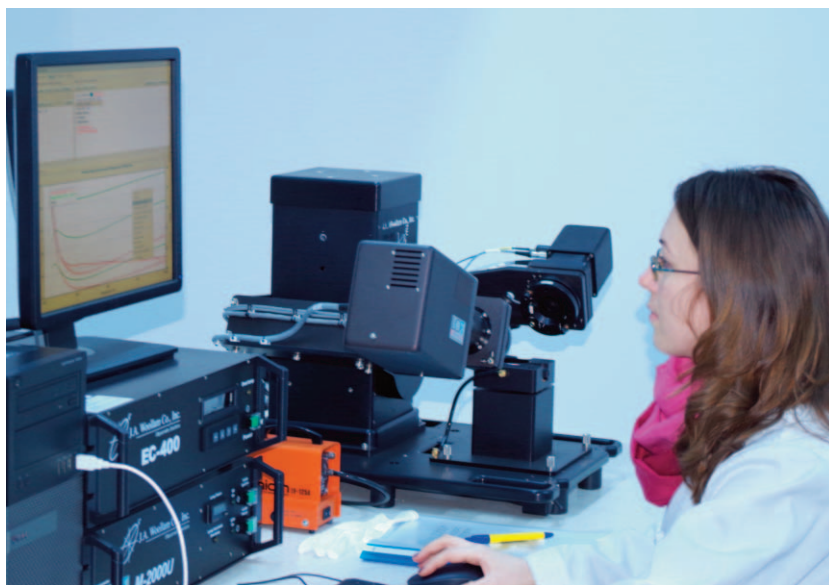
M-2000 (J.A. Woollam Co., USA)



Elipsometria este o tehnică optică non-destructivă în care proba care urmează a fi caracterizată (filme subțiri și substraturi) este iluminată cu un fascicul de lumină polarizată. Elipsometria constă în determinarea modificării stării de polarizare a unei luminoase incidente ca urmare a reflexiei acesteia pe un specimen confecționat din materialul de studiat. În cazul materialelor slab absorbante (filme subțiri sau sticle), prin cercetarea modificării stării de po-

larizare se pot obține informații privind aceste materiale.

Schimbările apărute în starea de polarizare sunt caracterizate de valorile elipsometrice Psi (Ψ – rata amplitudinii) și Delta (Δ – schimbarea de fază). Acești parametri sunt dobândiți în funcție de lungimea de undă. Pentru extragerea informațiilor, precum grosimea și constantele optice, este necesară elaborarea unui model optic în conformitate cu datele folosite.



Programul CompleteEASE este o interfață pentru construirea modelelor și afișarea datelor măsurate pe baza modelelor prestabilite (ex. modelele Cauchy și B-Spline).

Datorită exactității, preciziei și sensibilității înalte, aceste măsurători elipsometrice sunt potrivite pentru cercetarea filmelor subțiri de materiale: semiconductori, materiale dielectrice, filme polimerice subțiri, monostraturi auto-asamblate, etc.

Caracteristici:

- Domeniul spectral: 250 ÷ 1000 nm;
- Lămpi: 30W Deuteriu și 20W Quartz Tungsten Halogen;
- Software : CompleteEASE™, vers.4.47.

Informații care pot fi obținute prin elipsometrie:

- Indicele de refracție (n), coeficientul de extincție (k), constanta dielectrică (ϵ) – în dependență de lungimea de undă;
- grosimea filmelor subțiri;
- rugozitatea.

Instalație depunere pelicule subțiri prin spray-piroliză activată ultrasonor

ExactaCoat (SONO – TEK, SUA)

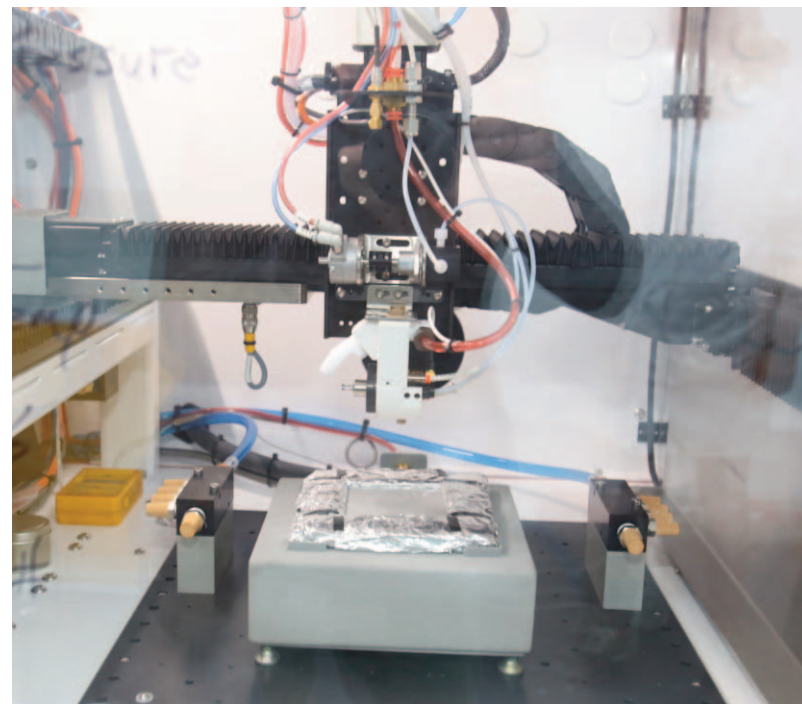
Sistemul Exacta Coat este o instalație pentru depunerea straturilor subțiri prin spray- piroliză, utilizând ultrasunete pentru pulverizarea lichidului. Uniformitatea grosimii depunerii este de +/- 2%. Sistemul este utilizat pentru depunerea straturilor subțiri electroconductoare și transparente în vizibil (TCO), a oxizilor metalici, a nano suspensiilor de nanotuburi de carbon sau nanofire metalice, a straturilor de material absorbant neoxidic, utilizate în construcția celulelor solare, etc.

Instalația de depunere pelicule subțiri prin spray-piroliză cu ultrasunete include:

- Cabină de pulverizare
- Sistem de dozare
- Sistem de atomizare
- Placă suport termostată
- Software Pathmaster
- Computer dedicat pentru aciziție de date și control sistem

Caracteristici tehnice:

- Cameră pulverizare complet închisă și prevăzută cu port de exhaustare.
- Sistem de răcire integrat pentru a oferi o fiabilitate pe termen lung camerei de pulverizare.
- Sistem construit din materiale inerte chimic și rezistente la coroziune
- Pulverizare cu diuză ultrasonată. Diuză permite dispersarea de suspensii care conțin acizi și alte substanțe corozive.
- Diuză de pulverizare permite deplasarea după 3 axe în domeniul 400mm x 400mm x 100mm cu ajutorul unui robot cartezian ce asigură o repetabilitate XYZ de până la 0,025 mm și o rezoluție XYZ de până la 0,015 mm.
- Substratul pe care se face depunerea este încălzit cu ajutorul unui sistem de reglaj al temperaturii de tip PID, și permite reglarea tempera-



turii între cea ambientală și 700°C.

- Echipamentul este dotat cu o diuză care lucrează la frecvența de 120 kHz pentru dimensiuni ale picăturilor de ordinul zecilor de micrometri, funcție de caracteristicile fizico-chimice ale lichidului.
- Sistemul este echipat cu sisteme de siguranță adecvate pentru a preveni utilizarea în condiții nesigure, cum ar fi autoaprinderea solvenților în timpul pulverizării.

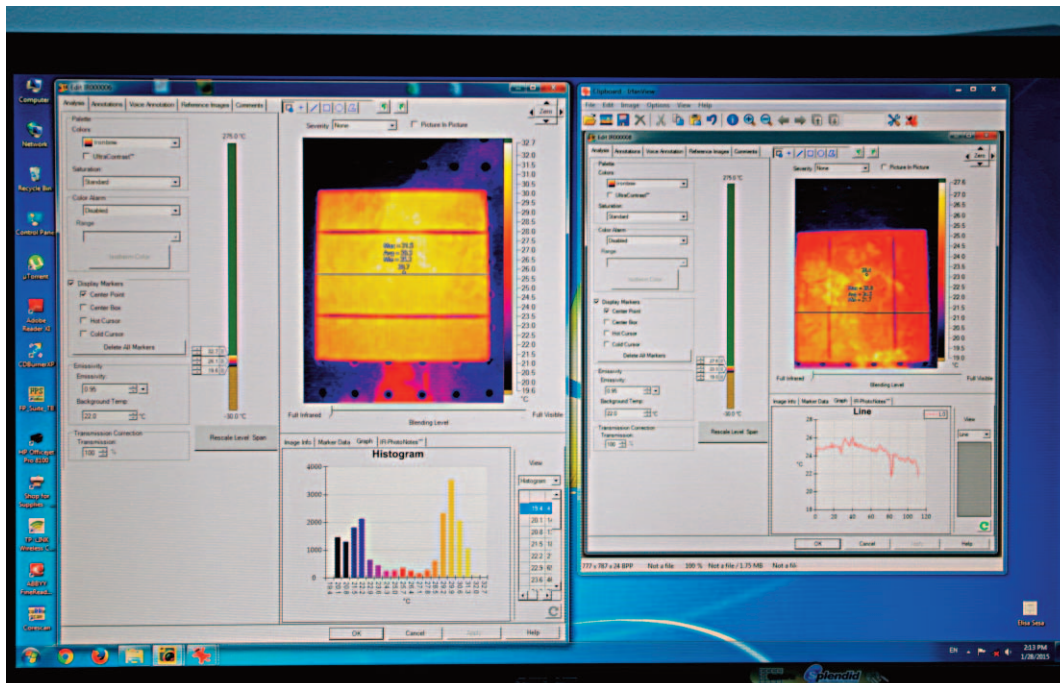


Termografie IR

Tiino - Fluke (Europe B.V., Olanda)

Camera de termoviziune Fluke - Tiino permite identificarea problemelor potențiale de natură termică, sau care implică efecte termice, înainte ca acestea să se transforme în defecțiuni.

Cu ajutorul caracteristicilor și funcțiilor inovatoare ale camerei de termoviziune Fluke Tiino și al rezoluției de 160x120 pixeli se pot efectua inspecții în infraroșu, rapid și eficient. De asemenea, se pot documenta amănunțit zonele cu probleme pentru acțiuni ulterioare.



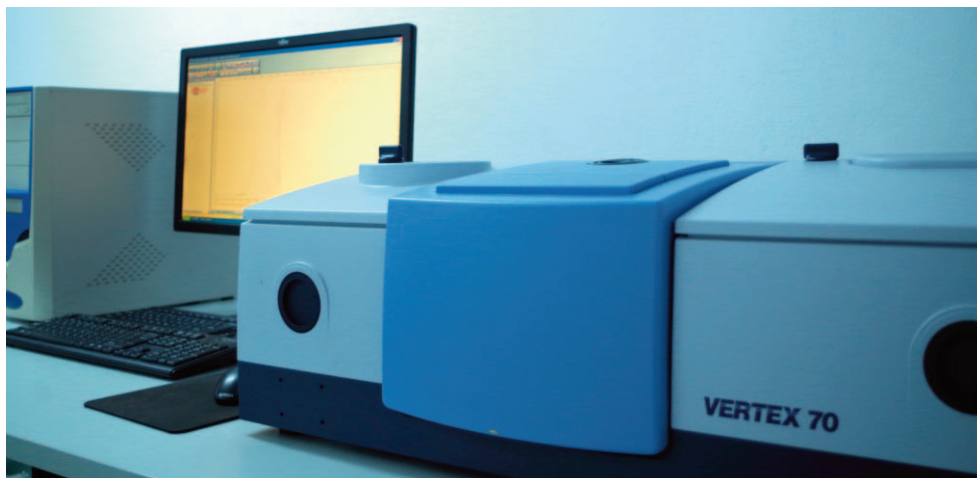
Caracteristici:

- Sistem de focalizare IR-OptiFlex™ - asigură focalizare automată a imaginilor începând de la 1,2 metri pentru claritate optimă și scanare simplă. Pentru distanțe mai mici, focalizarea se efectuează manual, printr-o comandă simplă.

- Sistemul de adnotare IR-PhotoNotes™ - identifică rapid și ține evidența locațiilor inspectate prin adăugarea de imagini digitale cu informații importante din zona analizată și din zonele adiacente.

- Sistemul Fluke IR-Fusion® - permite suprapunerea imaginilor în infraroșu peste imaginile din vizibil, cu corectarea erorii de parallax (pentru o focalizare optimă). De asemenea se pot efectua înregistrări video multimod, fără focalizare în spectrul vizibil și infraroșu.

- Camera de termoviziune poate comanda, pentru achiziția rapidă a măsurătorilor, până la cinci module wireless CNX simultan. Orientarea spațială și poziționarea problemelor este înlesnită de busola electronică integrată în cameră (8 direcții).



Spectrometru FT-IR

VERTEX 70 (Bruker, Germania)

Seria Vertex face parte din cea mai performantă gamă de spectrometre FT-IR disponibile pe piață pentru dezvoltarea de aplicații și măsurători în studiile de cercetare care necesită un raport de semnal/zgomot de excepție. Studiul moleculelor chirale folosind dicroismul circular vibrațional (VCD), măsurarea în monostraturi sau sub-mono-

straturi utilizând spectrometria de absorbție - reflexie în infraroșu (IRRAS), măsurarea impurităților în semiconductori, sistemele criostat și adaptarea la camere de ultra vid sunt câteva tipuri de aplicații ce pot fi dezvoltate pe spectrometrele FT-IR - model Vertex 70. Construit pe o platformă cu optica complet upgradată și conceput

ca un sistem cu cea mai mare flexibilitate, modelul Vertex 70 prezintă o gamă largă de funcții avansate. Posibilitatea de a combina accesoriile externe, interne și multiple face ca spectrometrul VERTEX 70 să fie un sistem extrem de puternic, care să poată rezolva aproape orice tip de analiză prin intermediul spectrometriei FT-IR.

Detalii tehnice:

- interferometru Michaelson în configurație "ROCK-SOLID", aliniat permanent;
- laser HeNe, 633 nm, 1mW ca sursă de excitare pentru aliniere;
- domeniu spectral: 400- 4000 cm^{-1} ;
- precizia lungimii de undă 0.01 cm^{-1} la 2000 cm^{-1} ;
- viteza de scanare: 20 spectre/sec la rezoluție spectrală de 8 cm^{-1} ;
- raport semnal/zgomot 250000:1 (RMS) pe o perioadă de 60 sec;
- software pentru control și achiziție - OPUS 6.0;
- bază de date pentru compuși organici;
- dispozitiv ATR ca accesoriu.

Tehnologia avansată a spectrometrului Vertex 70 asigură o versatilitate maximă - sistemul poate fi ușor upgradat pentru a satisface eventualele cerințe noi. Spectrometrul are funcția de recunoaștere automată a accesoriilor de probă și a componentelor optice.



Echipament pentru laminare

ENERGY LO36LAB (P. Energy s.p.a., Italia)

Laminatorul ENERGY LO36LAB este un echipament controlat de un operator, care laminează împreună toate materialele introduse în el. Echipamentul permite încălzirea laminatelor mici cum ar fi module standard realizate din plastic, sticlă sau alte materiale.



Cu ajutorul controlerului pot fi controlați următorii parametri: temperatura, nivel de vacuum și durata de laminare.

Laminatorul este compus în principal din două părți:

- Placa de aluminiu - care este încălzită printr-o serie de rezistențe electrice și este răcită printr-un circuit hidraulic, în conformitate cu parametrii setați.

- Capac de închidere ermetic – compus dintr-o membrană siliconică fixată pe un suport, care asigură presarea straturilor supuse procesului de laminare.

Caracteristici tehnice ale sistemului de încălzire:

- Două zone de încălzire, cu 3 rezistori electrici
- Viteza maximă de răcire/încălzire: 7°C/min
- Dimensiunile plăcii încălzite: 630 mm x 630 mm
- Placă încălzită: din aluminiu cu grosimea de 25 mm, pentru asigurarea unei uniformități a distribuției temperaturii.
- Uniformitatea temperaturii pe perioada încălzirii/perioada menținerii temperaturii: +/- 2 %
- Distanța maximă utilizabilă între placa încălzită și membrana siliconică este de 40 mm.
- Temperatura maximă de încălzire a plăcii: 180°C

Sistemul de vacuum este compus din:

- Pompa de vacuum având debitul de 25 m³/oră.
- Indicatoare presiune și vacuum.
- Valoarea minimă a vacuumului: < 0,5 mbar
- Valoare controlată a vacuumului din camera inferioară: 0 - 1000 mbar
- Valoarea controlată și programabilă a vacuumului din camera superioară: 0 - 1000 mbar

Unitatea de control

- Permite controlul manual al fiecărei valve
- Controlează funcțiile de încălzire și răcire
- Definirea curbei de presiune pentru întregul ciclu de laminare
- Activarea manuală a funcțiilor de urgență în caz de defectare
- Alertă în caz de funcționare necorespunzătoare (temperatură și presiune).



Cuptor de procesare termică activată cu plasmă de radiofrecvență

Cuptor de procesare (MTI Corporation, SUA)

Cuptorul de procesare termică activată cu plasmă de radiofrecvență permite tratamentul termic în atmosferă controlată și include următoarele părți componente:

1. Cuptor glisabil pe șină cu două zone de încălzire, cu tub de cuarț și flanșe de vacuum

Cuptorul are două zone de încălzire diferite și atinge rapid temperaturi de până la 1200°C. Permite crearea gradientilor de temperatură prin setarea de temperaturi diferite în cele două zone.

Cuptorul este prevăzut cu două controlere independente de temperatură, fiecare oferind posibilitatea programării temperaturii în 30 de segmente. Controlerile sunt de tip PID cu microprocesor, asigurând un control eficient al temperaturii și protecție la depășirea valorii setate. Este un instrument perfect pentru aplicații CVD (depuneri cu vapori reci) cum ar fi pregătirea nanomaterialelor și creșterea filmelor subțiri.

2. Incinta probei – Tub din cuarț cu flanșe de vacuum

Include:

- Tub din sticlă de cuarț de înaltă puritate având dimensiunile: 80 mm diametrul exterior, 72 mm diametrul interior și lungimea de 1800 mm.

- O pereche de flanșe din oțel inoxidabil care asigură etanșeitatea, prevăzute cu două garnituri siliconice rezistente la temperaturi înalte, prevăzute cu manta de răcire, valve de oțel, indicator de vid și port conectare la pompa de vid.

3. Sursa de plasmă

Sursa de plasmă cu generator de radio frecvență RF - 13,56 MHz cu putere de până la 500 W, necesar producerii plasmei pentru PECVD (Plasma enhanced chemical vapor deposition), se compune din: sursă de radiofrecvență de putere și cameră de generare a plasmei

4. Sistem de control al gazelor pe patru canale

Sistemul de control al gazelor a fost special proiectat pentru a permite controlul debitelor a 1 până la 4 tipuri de gaze în interiorul tubului de cuarț vidat. În combinație cu cuptorul de încălzire glisabil poate forma un sistem de depunere chimică din vapori prin procesare termică și permite studiul influenței gazelor asupra materialelor. Sistemul este instalat într-o încăntă robustă mobilă deasupra căreia se poate monta cuptorul glisabil.

5. Sistem de vacuum

Sistemul de vacuum se compune din pompă de vid fără ulei, așezată în incinta

mobilă. Include indicatorul digital de vacuum.

Caracteristici tehnice:

- Fără contaminări datorită vaporilor de ulei.

- Fiabilitate ridicată.

- Performanțe constante pe termen lung datorită convertorului de frecvență utilizat în construcția motorului care asigură o viteză constantă, ceea ce înseamnă o viteză de pompare, respectiv presiune, extrem de stabile la valorile dorite.

- Capacitate mare de exhaustare vapori - pompa este prevăzută cu porturi de debit mare pentru gazul balast și amortizoare de zgomot

6. Interfața de control software al cuptorului de la calculator

Interfața permite preluarea controlului și monitorizarea software în timp real a temperaturii cuptorului de la un PC sau laptop.



Aparat pentru măsurarea suprafețelor specifice și a porozității

ASAP 2020 (Micromeritics, SUA)



Echipamentul permite măsurarea (cu precizie analitică) suprafețelor specifice ale dimensiunilor porilor, al volumului total de pori, al volumului de azot adsorbit fizic, respectiv chimic pentru: materiale ceramice, catalizatori, materiale utilizate în electronică precum și a materialelor utilizate pentru construcția de celule solare, pile de combustie, etc.

Echipamentul asigură:

Analize de adsorbție/desorbție de înaltă performanță implicând măsurători analitice de mare precizie și reproductibilitate cerute de exigențele cercetării științifice.

Măsurători de adsorbție/desorbție fizică incluzând:

- suprafața specifică BET în unul sau mai multe puncte;
- suprafața specifică Langmuir;
- izoterme de adsorbție/desorbție, izoterme Temkin și Freundlich

- volumul total de pori și distribuția dimensională a porilor pentru materiale mezoporoase utilizând metoda BJH precum și ecuațiile altor izoterme.

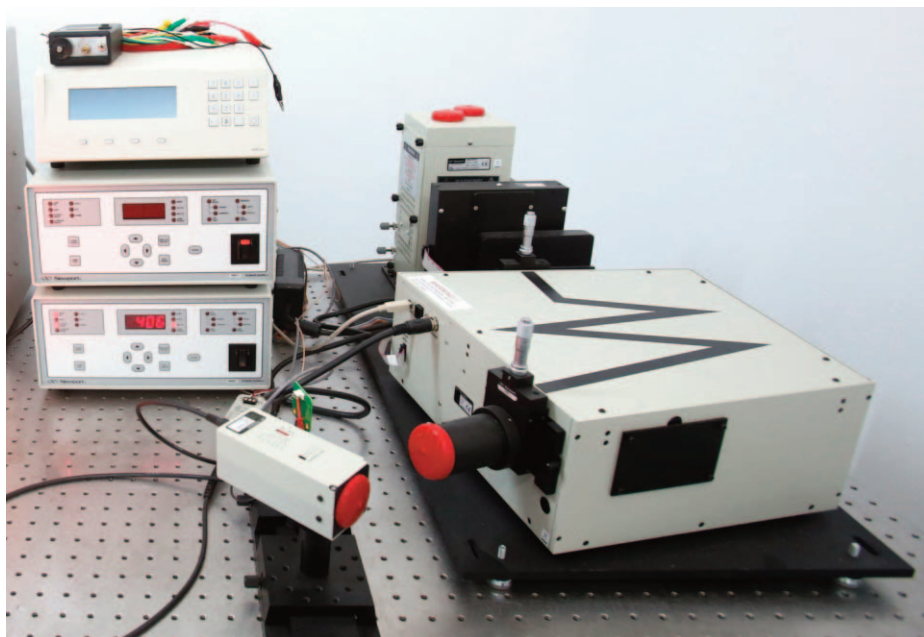
- distribuția microporilor utilizând metoda Horvath-Kawazoe, precum și alte metode (MP, t-Plot și S-Plot).

Domeniul de măsură al suprafeței specifice este:

- începând de la 0,05 m²/g pentru analize cu azot.

- începând de la 0,0005 m²/g pentru analize cu krypton

Domeniul de măsură al diametrului porilor: 0,35-2 pentru micropori respectiv 2-400 nm pentru mezopori, la analize cu azot.



Kit de determinare a randamentului cuantic

QE/IPCE kit (Oriël Instruments/ Newport, SUA)

Kitul de măsurare pentru determinarea randamentului cuantic QE/IPCE măsoară eficiența cuantică (QE) și eficiența transferului de energie între fotonii incidenti și purtătorii de sarcină (IPCE). Aceste caracteristici se pot măsura pentru celulele solare, detectori sau orice alt tip de dispozitiv care convertește energia fotonilor în sarcini electrice.

Pentru a măsura cu precizie QE/IPCE pentru un dispozitiv fotoelectric este necesară cuantificarea intensității luminii monocromatice incidentă pe dispozitivul de testat și măsurarea curentului generat de acesta. În acest scop se folosesc următoarele elemente:

- Sursa de lumină care folosește o lampă cu arc în xenon de 300W. Lumina emisă este cuplată la un monocromator pentru a se obține fasciculul cu care se scanează dispozitivul testat. Sursa de lumină emite radiație luminoasă în domeniul UV/VIS/NIR, cu o intensitate relativ constantă și cu un brum luminos mai mic de 1%. Atât alimentatorul cât și carcasa permit utilizarea și a altor tipuri de lampă de diferite puteri (Xe, Hg(Xe), 600W).

- Monocromatorul CS260 cu geometrie optimizată (Czerny-Turner plană, asimetrică, lungime focală 260mm) are o caracteristică de transfer de energie și rezoluție spectrală foarte bună, iar nivelul luminii parazite este foarte scăzut. Se cuplează cu calculatorul prin port USB și este controlat prin softul TracQ Basic V6 aferent. Scanarea lungimilor de undă se face motorizat, sub control software, pentru tot domeniul de lungimi de undă: 250-1400nm și respectiv 500-1400nm. Monocromatorul are două rețele optice de 1200

linii/mm, una optimizată pentru 350nm și una pentru 750nm. Exactitatea lungimii de undă este de 0,08nm. Suportul rețelelor este pre-aliniat permițând și folosirea altor rețele optice, după nevoi. Este prevăzut cu două porturi de ieșire. Ansamblul fanțelor este controlat micrometric, are deschidere variabilă continuu de la 4μm la 3mm și înălțimea continuu variabilă de la 1mm la 15mm, repetabilitatea ±10μm.

- Amplificatorul cu detecție în fază, model Merlin, măsoară semnalul util din zgomot, rejectând zgomotul optic de fond. Calculează valoarea semnalului folosind informațiile pre încărcate de calibrare ale detectorului utilizat. Valoarea semnalului este afișată în unități selectabile. Include două canale, folosite unul pentru detectorul de semnal și celălalt pentru canalul de referință. Pentru unul dintre canale, canalul de detecție, amplificarea este stabilită instantaneu, automat, pentru a se evita saturările. Acest fapt permite variația continuă a amplificării, pe tot domeniul de măsură, în mod automat. Domeniul spectral acoperit este determinat de detectorii utilizați. Sistemul dispune de un detector cu siliciu, calibrat, cu banda de la 200nm la 1100nm. Suprafața activă a detectorului este de 10mm² și lucrează la

temperatura camerei. Detectorul este solidar cu un preamplificator cu constanta de timp și cu amplificare reglabile. Amplificatorul este controlat și comandat de software-ul TracQ Basic Data. Amplificatorul include un controler pentru modulatorul optic.

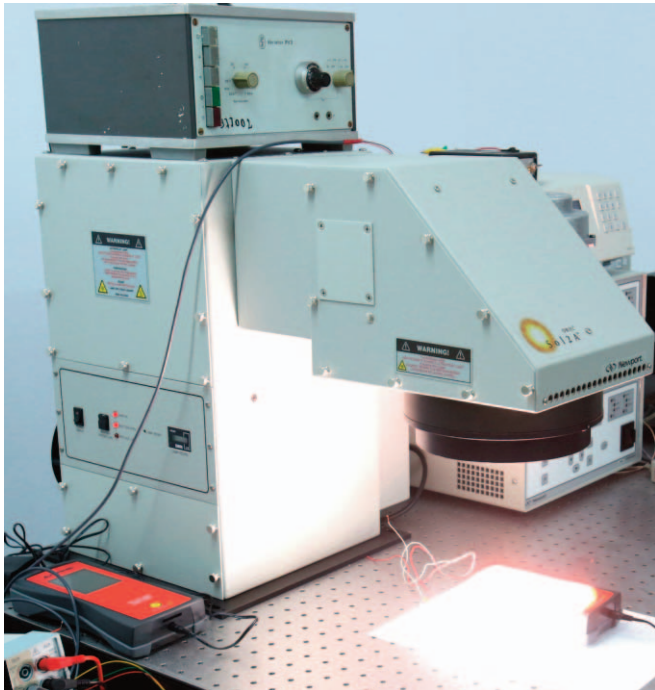
- Preamplificatorul de curent, model Oriël 7071OQE, efectuează conversia curent/tensiune pentru semnalul de la dispozitivul care se testează. Lărgimea de bandă este DC-100KHz. Amplificarea este variabilă în trepte și acoperă domeniul 10⁴ la 10⁹ V/A. Dispune de un cablu proiectat special pentru a asigura interfațarea dispozitivului testat cu amplificatorul sensibil la fază.

- Modulatorul optic din sistem conține o lamă cu două deschideri. Este controlat soft prin intermediul controlerului integrat în amplificatorul cu detecție în fază, fapt care asigură sincronizarea necesară.

- Caruselul pentru filtre controlabil prin calculator (soft TracQ Basic). Filtrele sunt alese pentru o sortare convenabilă a ordinului de reflexie. Se pot monta 6 filtre cu diametrul de 20mm. Cuplarea caruselului la intrarea monocromatorului nu modifică caracteristicile optice ale acestuia.

Simulator solar și trasare curbe U-I

Sol2A 94042A (Oriol Instruments/Newport Corporation, SUA);
Solar 4000 (Amprobe Test Tools, Europe)

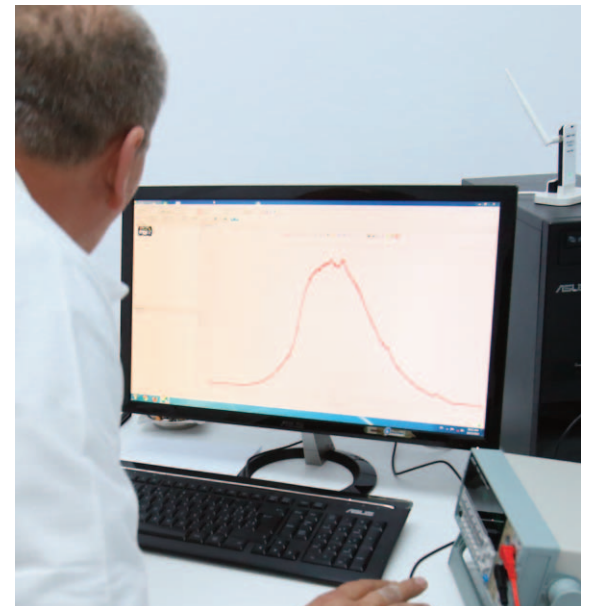


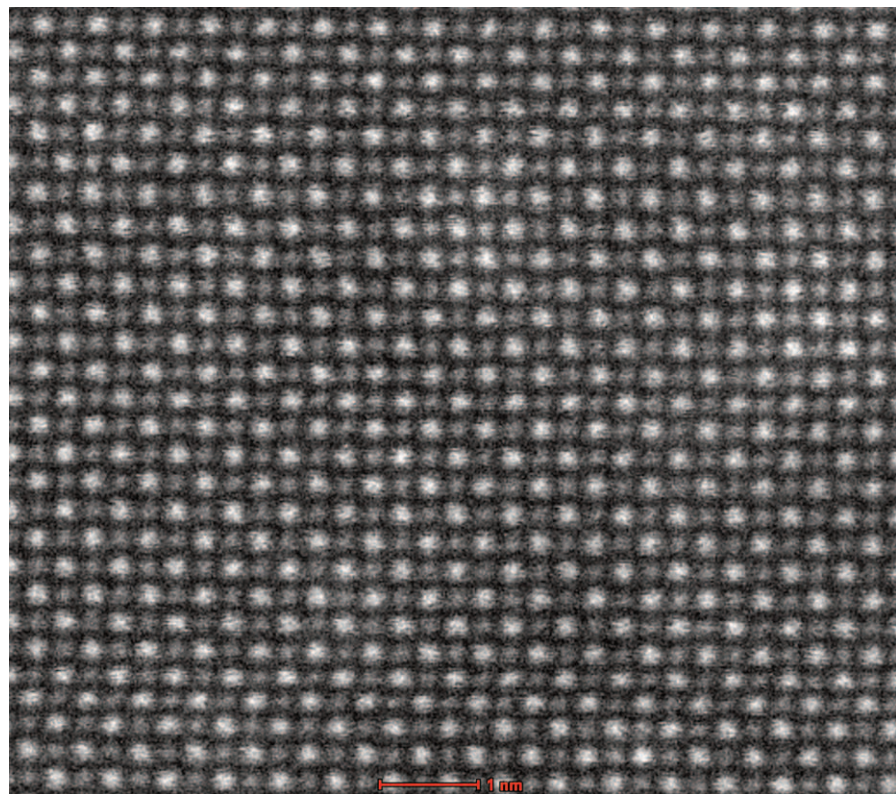
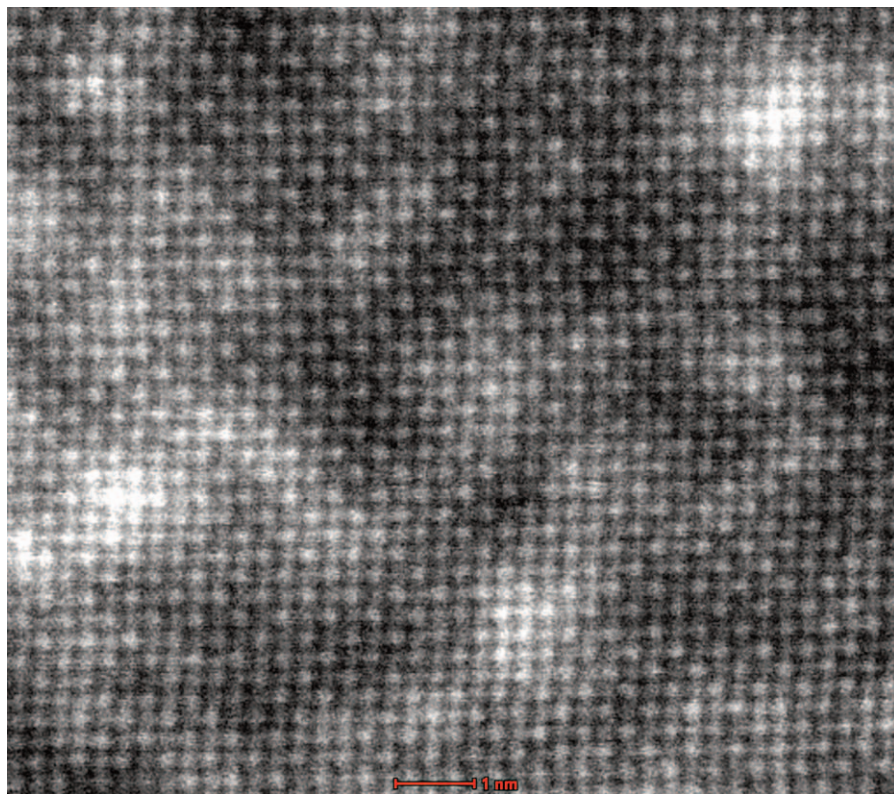
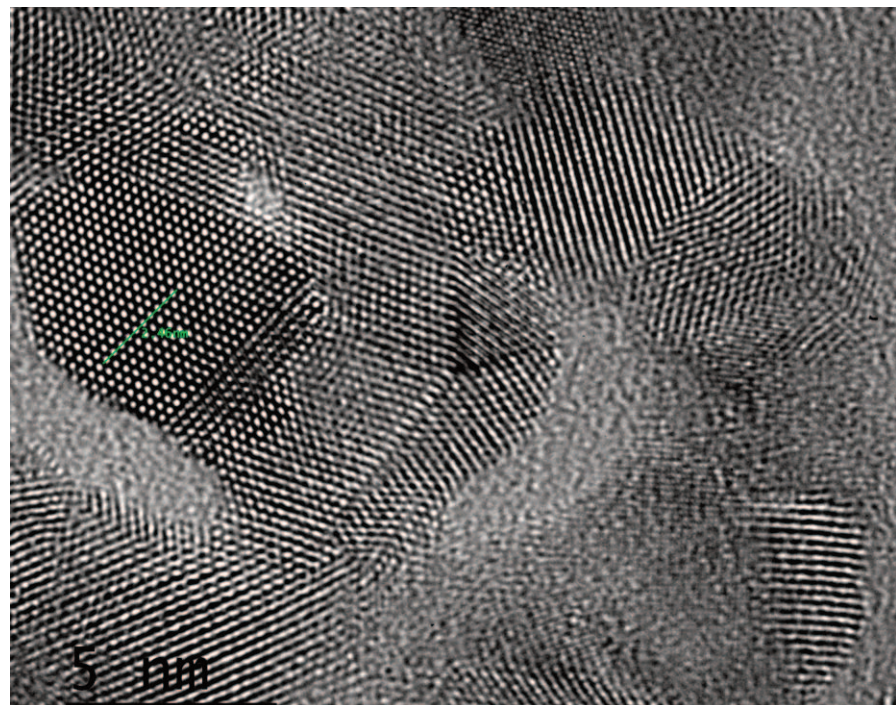
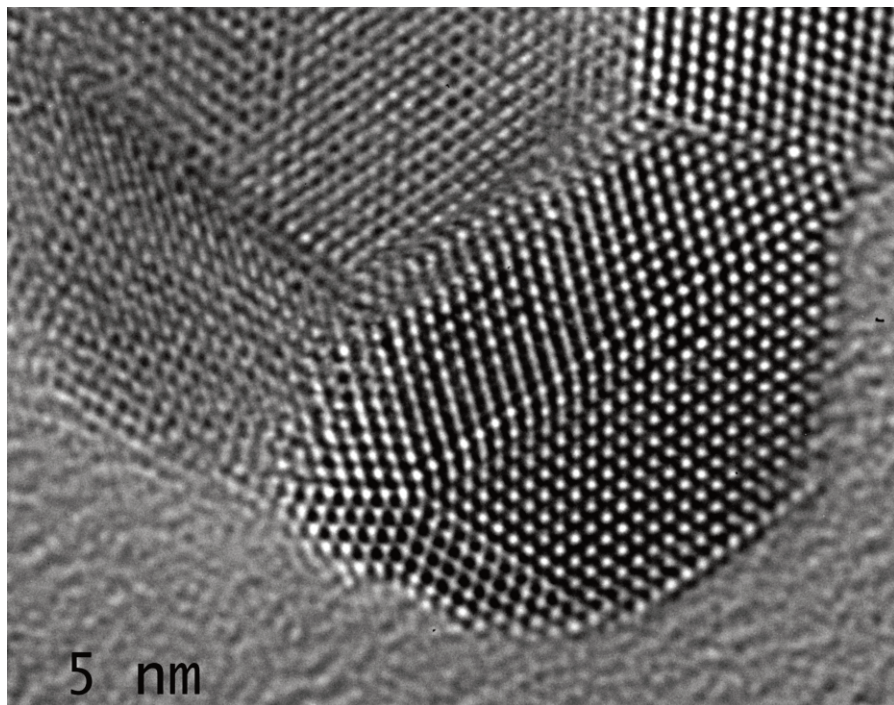
1. Sistemul „Sol2A 94042A” este un simulator solar de clasă ABA, care utilizează o lampă cu descărcare în xenon și un filtru AM (Air Mass Filter) pentru a simula radiația solară fără a afecta puterea de ieșire de 1 sor. Incinta simulatorului este securizată și ventilată prin intermediul unui filtru, pentru asigurarea temperaturii optime a lămpii, a componentelor optice și a carcăsei. Instrumentul include un obturator cu o singură paletă, proiectat să reziste la 1 milion de cicluri, are o expunere minimă de 200 ms și poate fi controlat prin semnale logice sau un buton aflat pe incinta carcăsei. Combinația lampă - sistem de filtrare determină caracteristica spectrală ABA a instrumentului. Sistemul de filtrare 1.5G Air Mass Filter își păstrează proprietățile optice pe toată durata de funcționare a lămpii.

- Putere lampă: 450W
- Grad colimare: $<4^\circ$
- Suprafața iluminată: 10 cm x 10 cm
- Distanța de lucru: 10 cm \pm 1 cm

Timul de utilizare al lămpii poate fi monitorizat cu exactitate din sursa de alimentare a acesteia. Aceasta are o putere de intrare de 450W, o uniformitate liniară de 0.01% și un procent de pulsare de sub 1% RMS.

2. Analizorul solar „Solar 4000” poate măsura, pentru celulele solare, curba caracteristică U-I, curentul de scurt-circuit, tensiunea în gol, puterea, radiația solară, temperatura și unghiul de înclinare, toate acestea fiind înregistrate de un procesor pe 16 biți. Pentru fiecare măsurare instrumentul determină automat scala de măsurare și rata de eșantionare. Instrumentul este intuitiv iar operarea acestuia se face prin intermediul unui ecran color touchscreen. Curba caracteristică măsurată este extrapolată la condițiile standard utilizând valorile măsurate de senzor și apoi afișată. Senzorul wireless măsoară temperatura celulelor fără contact, unghiul de înclinare și radiația solară. Rezultatele măsurării sunt transmise direct către modulul principal prin semnal radio. Pentru măsurarea iradiației instrumentul utilizează automat celulele de referință. Datele măsurate pot fi evaluate, administrate și stocate pe un PC utilizând software-ul aferent aparatului.





Laborator de Energii Regenerabile - Fotovoltaic

- proiect cofinanțat prin Fondul European de Dezvoltare Regională -



Editura Artpress

Octombrie 2015

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”