Raport Ştiinţific şi Tehnic asupra proiectului

Fabricarea unor dispozitive fotovoltaice prin nanoimprimare litografică

25TE/2020, director de proiect: Conf. Dr. Sorina Iftimie

Rezumat

În cadrul etapei 15.09.2020 – 31.12.2020 au fost stabilite 3 activităţi, respectiv Activitatea 1.1. Studii preliminare privind rutina de lucru pentru obţinerea unor arhitecturi de strat activ de tip CdTe_nanopilari, Activitatea 1.2. Fabricarea şi caracterizarea optică, morfologică, structurală şi electrică a filmului de tip fereastră de CdS şi Activitatea 1.3. Managementul proiectului de cercetare şi diseminarea rezultatelor.

Astfel, pentru Activitatea 1.1. a fost făcut un studiu de literatură fiind discutate atât modalităţile generale de obţinere a arhitecturii telurură de cadmiu_nanopilari (CdTe_nanopilari), dar şi cele specifice prin metoda de nanoimprimare litografică. Deoarece structura finală care va fi fabricată în cadrul acestui proiect este de tipul CdTe_nanopilari/CdS, iar dimensiunile de înălţime/grosime sunt de 500 nm şi 700 nm, luând în calcul expertiza echipei de cercetare, s-a ajuns la concluzia că cea mai potrivită metodă este cea de nanoimprimare litografică de tip termic.

În cadrul Activităţii 1.2, filme subţiri de sulfură de cadmiu (CdS) au fost crescute prin pulverizare catodică în regim de radio-frecvenţă asistată de plasmă (magnetron), iar ulterior proprietăţile fizice ale acestora au fost investigate prin spectroscopie optică, microscopie de forţă atomică şi microscopie electronică de baleiaj, difracţie de raze X şi măsurări electrice de tipul caracteristicilor curent-tensiune. În cadrul prezentului proiect propunem o heterojoncţiune inovativă între CdTe_nanopilari, care este stratul activ, şi filmul de CdS, care este filmul de tip fereastră, şi de aceea considerăm că din punct de vedere al performanţelor electrice grosimea filmului de CdS trebuie mărită până la aproximativ 200 nm; în cadrul etapei 2020 analizele electrice au fost discutate pentru un strat fereastră de 80 nm.

Activitatea 1.3 a fost legată de managementul proiectului şi diseminarea rezultatelor. Astfel, toţi membrii echipei de cercetare au fost implicaţi în activităţile de cercetare ale acestei etape, fiecare dintre ei punând în comun expertiza şi cunoştinţele acumulate într-o anumită direcţie de cercetare.

Luând în calcul rezultatele obţinute în cadrul acestei etape, concluzionăm că toate obiectivele propuse au fost îndeplinite cu succes.

Etapa I: Studii și rezultate preliminare privind fabricarea și caracterizarea unor structuri fotovoltaice de tip Cu:Au/CdTe_nnopilari/CdS/ITO

Activitatea 1.1: Studii preliminare privind rutina de lucru pentru obținerea unor arhitecturi de strat activ de tip CdTe_nanopilari

În cadrul prezentului proiect, materialul activ este telurura de cadmiu (CdTe), iar arhitectura propusă este cea de nanopilari. În acest sens, în cadrul Activității 1.1 a fost realizat un studiu de caz privind rutina de lucru pentru obținerea stratului activ.

Nanoimprimarea litografică (nanoimprint litography – NIL) reprezintă un grup de tehnici de obținere a unor structuri cu geometrie variabilă și dimensionalitate nanometrică, cu proprietăți fizice și chimice specifice materialului utilizat, având aplicații în domenii precum electronica și optoelectronica. Din grupul de tehnici NIL, putem aminti:

a. nanoimprimare litografică de tip termic
b. nanoimprimare litografică prin expunere la radiația ultravioletă (NIL-UV)
c. nanoimprimare litografică prin iradiere laser
d. nanoimprimare litografică de tip electrochimic

Nanoimprimarea litografică de tip termic a fost propusă prima dată de către profesorul Chou în anii 1995 – 1996, în cadrul Laboratorului de Nanostructuri de la Universitatea din Minnesota [1]. Principiul de lucru pentru NIL este de a transfera un model de pe o matriță pe un substrat. Pentru a realiza acest lucru fie se face contact direct între matriță și un material moale care a fost în prealabil depus pe substratul de lucru, fie se modifică proprietățile mecanice ale materialului de lucru prin cicluri succesive de încălzire-răcire sau fie se aplează la reacții electrochimice care conduc la crearea unui model, urmate de procese fizice de curățare [2].

Nanoimprimarea litografică de tip termic se poate realiza fie prin încălzirea stratului care urmează să fie imprimat, fie prin încălzirea matriței.

În primul caz, stratul care urmează să fie imprimat este încălzit până aproape de limita temperaturii de topire, iar apoi este realizat un conatct mecanic între matriță și acesta; în urma contactului se obține geometria dorită. Răcirea stratului imprimat se face lent, astfel încât dezlipirea matriței să fie ușoară și să nu conducă la avarierea niciuneia dintre componente. Obținerea geometriei dorite și utilizarea matriței pentru un număr cât mai mare de ori depind de alegerea optimă a următorilor parametri: temperatura stratului care urmează a fi imprimat, presiunea la contactul dintre matriță și stratul care urmează a fi imprimat și timpul de imprimare.
În cel de-al doilea caz, când este încălzită matrița, temperatura acesteia trebuie să fie mai mare decât temperatura de topire a stratului care urmează a fi imprimat, iar între cele două componente se va realiza același tip de contact mecanic ca și în cazul în care este încălzit stratul de imprimat.

Principalele componente ale sistemului de nanomimprimare litografică de tip termic sunt:

a. matrița care conține geometria dorită a fi imprimată
b. un sistem mecanic prin care se face contactul și detașarea matriței de stratul care a fost imprimat
c. un sistem de încălzire fie a matriței, fie a stratului care urmează a fi imprimat
d. sisteme de control pentru temperatură, presiune și timp de imprimare

Nanomimprimarea litografică prin expunere la radiația ultravioletă constă în expunerea materialului care se dorește a fi imprimat la radiația ultravioletă, ceea ce declanșează

o reacție chimică în urma căreia este obținută geometria dorită. Pentru a se putea realiza acest tip de nanomimprimare litografică, materialul care urmează a fi imprimat trebuie să fie crescut pe un substrat transparent. Recent, Ahnet și colaboratorii săi [3] au intregrat un sistem mecanic de tip rolă în ansamblul de imprimare, iar, în acest mod, procesul NIL-UV a devenit foarte eficient; s-a redus considerabil timpul de imprimare și s-a mărit suprafața imprimată. De asemenea, s-au putut realiza anumite modele și pe substraturi flexibile, ceea ce va permite fabricarea unor dispozitive electronice și optoelectronice cu masă mult redusă.

Principalele componente ale sistemului de nanomimprimare litografică prin expunere la radiația ultravioletă sunt:

a. sistemul de creștere a filmului subțire care urmează a fi imprimat
b. matrița utilizată pentru nanoimprimare
c. un sistem mecanic prin care se face contactul și detașarea matriței de stratul care a fost imprimat
d. sisteme de control pentru presiune și timp de imprimare
e. o sursă de lumină ultravioletă

Indiferent de tipul tehnicii NIL folosite, principalele avantaje ale nanoimprimării litografice sunt:

a. costuri de fabricare mici ceea ce face ușor posibilă trecerea de la cercetarea fundamentală la producția industrială
b. rezoluție ridicată a modelului deoarece aceasta este datorată exclusiv rezoluției matriței
c. procesul de fabricare este unul rapid
d. suprafață mare acoperită [4,5]

În ceea ce privește principalele dezavantaje ale tehnicilor de tip NIL, acestea sunt:

a. randamentele de obținere a modelelor ar trebui să fie mai ridicate
b. matrițele sunt realizate fie prin tehnici care implică ioni reactivi, fie prin litografie în fascicul de electroni (electron beam litography – EBL)
c. adeziunea dintre matriță și substrat trebuie realizată astfel încât să nu conducă la avarierea nici uneia dintre componente
d. folosirea matriței mai mult de trei-patru ori nu este posibilă deoarece aceasta va fi avariată mecanic [6,7]

Luând în calcul tematica acestui proiect de cercetare prin care se dorește obținerea unei arhitecturi inovative de strat activ, de tip nanopilari, membrii echipei de cercetare au decis că cea mai potrivită metodă este cea de nanoimprimare litografică de tip termic.

Obținerea unui model corect dimensionat, precum și o acuratețe ridicată a acestuia pot fi ușor obținute dacă matricea și substratul sunt realizate din materiale dure precum siliciul, carbura de siliciu și/sau diamant. De asemenea, modelul care va fi imprimat va fi realizat utilizând un polimer, permițându-se astfel creșterea unui film subțire compact, omogen și uniform cu

grosimea de 500 nm sau 700 nm. Coeficienții de expansiune termică ai matriței, polimerului și substratului sunt parametri importanți deoarece dacă există diferențe mari între aceștia pot apărea defecte structurale majore, de tipul dislocațiilor; dislocațiile sunt rupturi ale materialului fabricat care se întind pe mai multe plane cristaline.

O reprezentare schematică a procesului de nanoimprimare litografică de tip termic este prezentată în Figura 1.

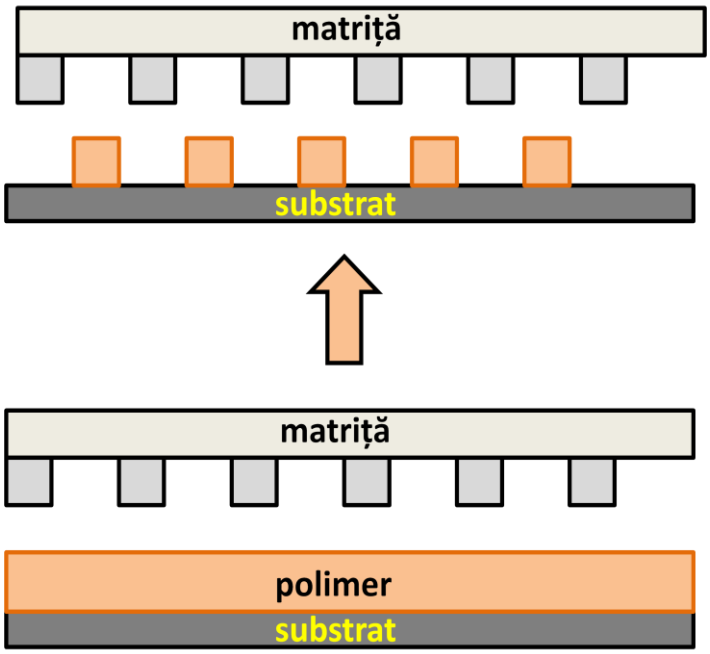


Figura 1. Reprezentarea schematică a procesului de nanoimprimare litografică de tip termic

Activitatea 1.2: Fabricarea și caracterizarea optică, morfologică, structurală și electrică a filmului de tip fereastră de CdS

Filmul de sulfură de cadmiu (CdS) a fost crescut prin depunere magnetron, în regim de radio-frecvență, utilizând un echipament Tectra și luând în calcul următorii parametri: presiune de lucru – 4.6×10^{-3} mbar, putere de lucru – 50 W, temperatură de substrat - 220℃ și timp de depunere – 15 minute.

Pentru acest studiu au fost folosite două tipuri de substraturi, sticlă optică și, respectiv, siliciu (100), iar proprietățile fizice determinate prin investigații optice, morfologice, structurale și electrice au fost comparate (acolo unde a fost posibil). Alegerea celor două tipuri de substraturi este strâns legată de cele două arhitecturi, de superstrat și de substrat, în care este întâlnită frecvent heterojoncțiunea sulfură de cadmiu/telurură de cadmiu (CdS/CdTe). În cadrul prezentului proiect, arhitectura de lucru va fi cea de substrat.

Înainte de demararea procesului de depunere, substraturile au fost curățate în baie de ultrasunete, folosind următoarea procedură: 10 minute în acetonă, 10 minute în alcool izopropilic și 10 minute în apă deionizată, iar uscarea acestora s-a făcut prin suflare cu azot, la temperatura camerei. Ținta folosită pentru depunere a fost achiziționată de la FHR Company și a fost utilizată fără a i se aduce vreo modificare; diametrul acesteia este de 2 inchi, iar puritatea de 99.99%. Pentru a evita contaminarea probelor preparate, ținta a fost curățată în plasmă, înainte de începerea procesului de depunere, timp de 5 minute.

Caracterizare optică

Spectrele de absorbție și transmisie optică pentru filmul fereastră de CdS au fost obținute utilizând un spectrofotometru Perkin Elmer, model Lambda 750, care lucrează pe un domeniu spectral maxim cuprins între 190 – 3300 nm pentru măsurările de absorbție și transmisie optică și 250 – 2500 nm pentru măsurările de reflexie optică. În cazul probelor de sticlă/CdS, au fost trasate spectrele de absorbție și transmisie optică, la temperatura camerei, în domeniul spectral 300 – 1500 nm, fiind determinată banda interzisă a materialului, coeficientul de extincție mediu pentru domeniul spectral selectat și coeficientul de transmisie mediu pentru regiunea Vizibil a spectrului electromagnetic. Pentru determinarea benzii interzise a probelor fabricate s-a luat în calcul o grosime de 80 nm. CdS este un semiconductor cu benzi energetice directe, pentru care coeficientul de absorbție se determină folosind relația (1):

$$\alpha = \frac{constantă\left(\hbar\omega - E_g\right)^{1/2}}{\hbar\omega} \qquad (1)$$

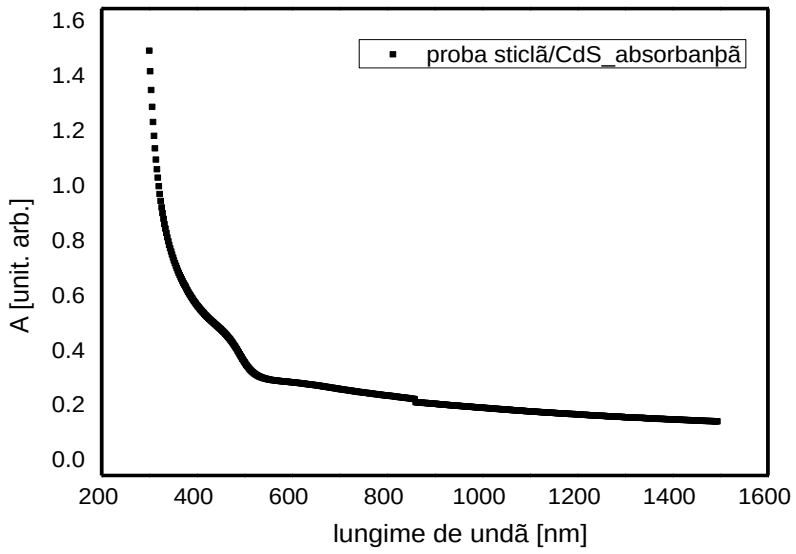


Figura 2. Spectrul de absorbție pentru proba fabricată de sticlă/CdS

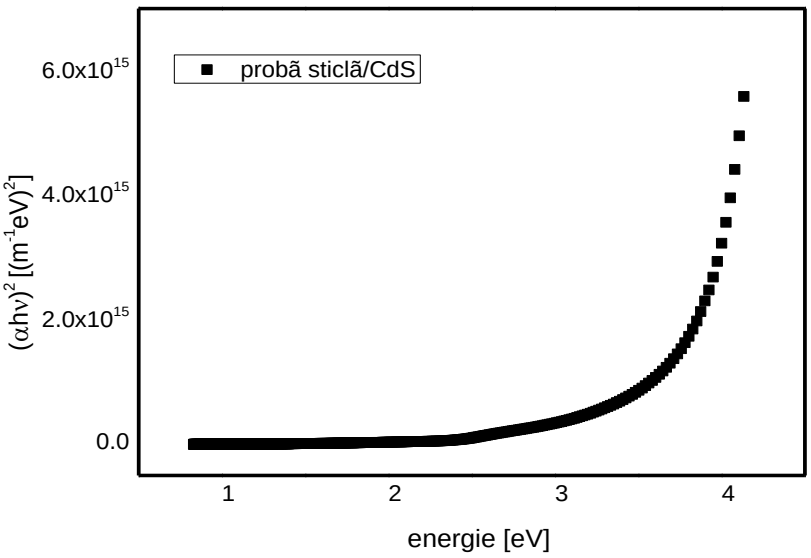


Figura 3. Spectrul de absorbție pentru proba fabricată de sticlă/CdS

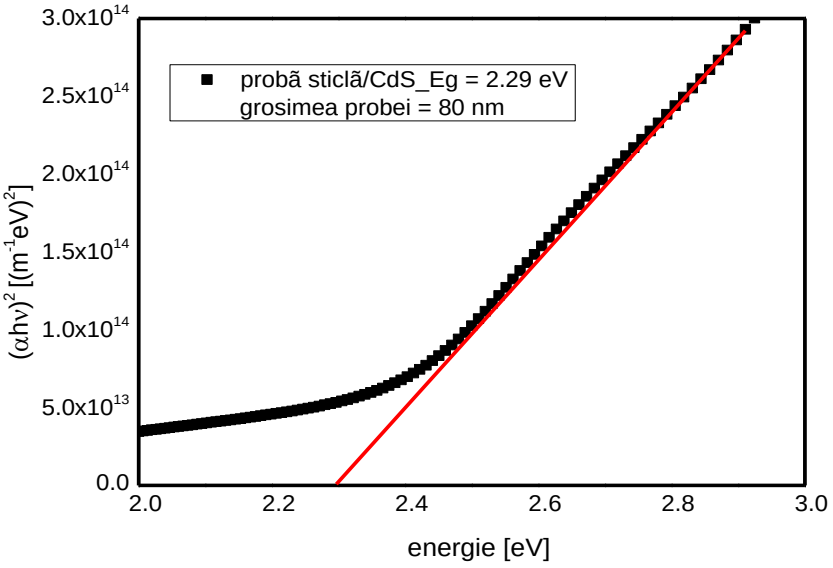


Figura 4. Determinarea benzii interzise a probei fabricate de sticlă/CdS

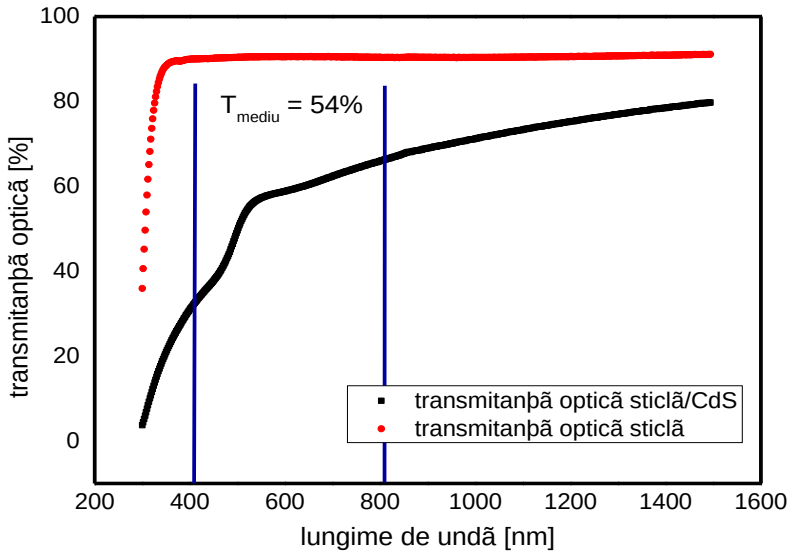


Figura 5. Spectrul de transmisie și valoarea medie a coeficientului de transmisie pentru domeniul Vizibil, pentru proba fabricată de sticlă/CdS

Coeficientul de extincție mediu pentru domeniul spectral pe care au fost făcute măsurările, respectiv 300 – 1500 nm, a fost determinat utilizând următoarea formulă

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda} \rightarrow k = \frac{\alpha \times \lambda}{4\pi} \quad (2)$$

unde α este coeficientul de absorbție determinat pentru CdS conform relației (1), λ este lungimea de undă a fotonilor incidenți, iar k este coeficientul de extincție.

În Tabelul 1 sunt prezentați, sintetizat, parametrii optici determinați pentru proba fabricată de sticlă/CdS.

Tabelul 1. Parametrii optici evaluați pentru proba sticlă/CdS

Parametru	**Banda interzisă**	**Coeficient de extincție mediu, 300 – 1500 nm**	**Coeficient de transmisie mediu, 400 – 800 nm**
Valoarea	**2.29 eV**	$\mathbf{1.59 \times 10^8}$	**54 %**

Analizând datele experimentale obținute pentru măsurările optice, se poate afirma că banda interzisă determinată este apropiată de valorile din literatura de specialitate, respetiv intervalul energetic 2.33 – 2.35 eV, la temperatura camerei [8], iar pentru coeficienții de transmisie și extincție valorile sunt relativ bune, cu mențiunea că pentru grosimea filmului subțire de CdS transmitanța optică era de așteptat să fie mai ridicată.

Caracterizare morfologică

Caracterizarea morfologică a filmelor subțiri de CdS crescute pe substraturi de sticlă optică și siliciu (100) a fost realizată prin investigații de microscopie de forță atomică (AFM) și microscopie electronică de baleiaj (SEM). Analizele AFM au fost realizate cu un echipament A.P.E. Research, în modul non-contact pentru arii de $5\,\mu m \times 5\,\mu m$ și $10\,\mu m \times 10\,\mu m$. În Figurile 5 și 6 sunt prezentate imaginile AFM pentru ariile $10\,\mu m \times 10\,\mu m$ pentru probele sticlă/CdS și siliciu/CdS.

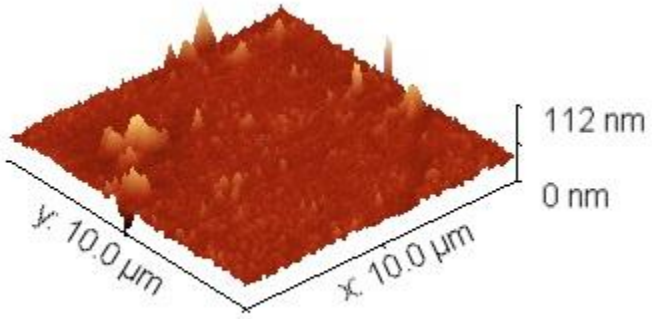


Figura 5. Imagine AFM a suprafeței probei de sticlă/CdS

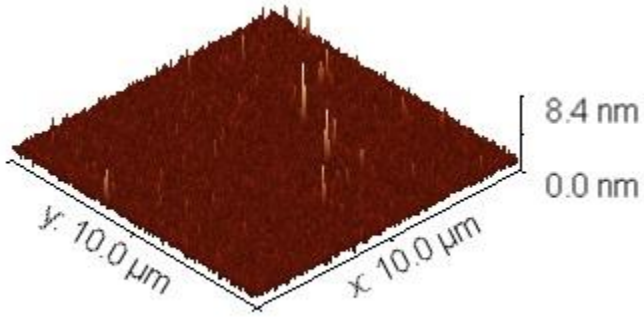


Figura 6. Imagine AFM a suprafeței probei de siliciu/CdS

Așa cum se poate observa, suprafețele probelor sunt uniforme, netede și nu prezintă defecte majore. De asemenea, deoarece siliciu (100) este un substrat mult mai uniform decât sticla optică, valorile rugozității medii (R_a) și a rugozității pătratice medii (RMS) sunt mult mai mici pentru proba siliciu/CdS decât pentru proba sticlă/CdS.

Rugozitatea medie (R_a) este calculată ca valoarea medie a maximelor de pe suprafața analizată față de centrul suprafeței, iar rugozitatea pătratică medie (RMS) se definește ca deviația

standard a maximelor de pe o suprafață analizată, aleasă arbitrar. Matematic, R_a și RMS sunt exprimate astfel:

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^l |Z(x)|dx \tag{3}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2} \tag{4}$$

unde l este lungimea ariei analizate, $Z(x)$ este legat de profilul ariei scanate, n este numărul de puncte analizate, iar y_i este distanța verticală de la linia medie la un punct oarecare i [9].

Au fost determinați și parametrii Skewness și Kurtosis, $Skew$ și K, care indică planaritatea suprafețelor analizate. În cazul parametrului Skewness, dacă acesta are valori negative atunci predomină minimele (văile), iar dacă are valori pozitive, suprafața conține predominant maxime (munți). În ceea ce privește parametrul K acesta indică cât de pronunțate sunt maximele suprafeței analizate. O descriere schematică a modului în care este interpretată informația oferită de Kurtosis este prezentată în Figura 7.

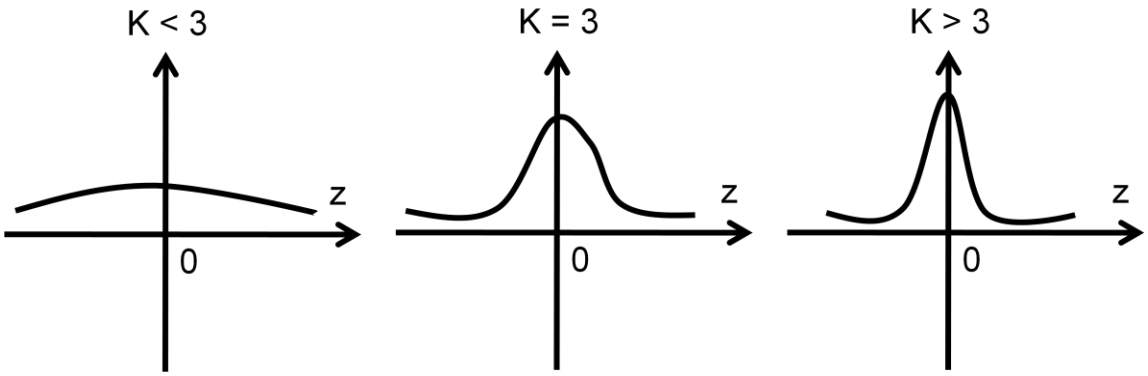


Figura 7. Reprezentare schematică a modului în care se face analiza unei suprafețe prin microscopie de forță atomică, luând în calcul parametrul Kurtosis [9].

Pentru probele fabricate și analizate în cadrul acestui studiu, parametrii morfologici evaluați se regăsesc în Tabelul 2.

Tabelul 2. Parametrii morfologici determinați pentru probele sticlă/CdS și siliciu/CdS

Parametru	**Sticlă/CdS**	**Siliciu/Cds**
$\boldsymbol{R_a}$ **(nm)**	5	< 1
$\boldsymbol{RMS}$ **(nm)**	5	< 1
$\boldsymbol{Skew}$	2.8	1.2
$\boldsymbol{K}$	18.1	12.7

Analizând datele experimentale obținute, se observă că suprafața atât a probei sticlă/CdS, dar și cea a probei siliciu/CdS conține predominant maxime; parametrul Skewness este mai mare ca zero, iar acestea sunt mai pronunțate în cazul folosirii substratului de sticlă optică. Cel mai probabil, acest aspect, coroborat cu valorile mai mari pentru R_a și RMS, se datorează unei rugozități intrinseci mult mai mari a sticlei comparativ cu a substratului de siliciu (100).

Morfologia probelor preparate a fost, de asemenea, analizată prin micrografii de microscopie electronică de baleiaj (SEM), atât pe suprafața acestora, dar și în secțiune transversală. Echipamentul folosit în acest scop a fost un microscop Tescan Vega XMU–II, la tensiune de lucru de $30\ kV$. Pentru probele siliciu/CdS au fost obținute micrografii SEM atât pentru suprafață, dar și în secțiune transversală; ultimele cu scopul clar de a determina grosimea filmului de sulfură de cadmiu.

Astfel, în Figura 7 sunt prezentate micrografiile SEM de suprafață pentru probele sticlă/CdS și siliciu/CdS. Pentru fiecare micrografie SEM au fost prezentate imagini de ansamblu și detalii.

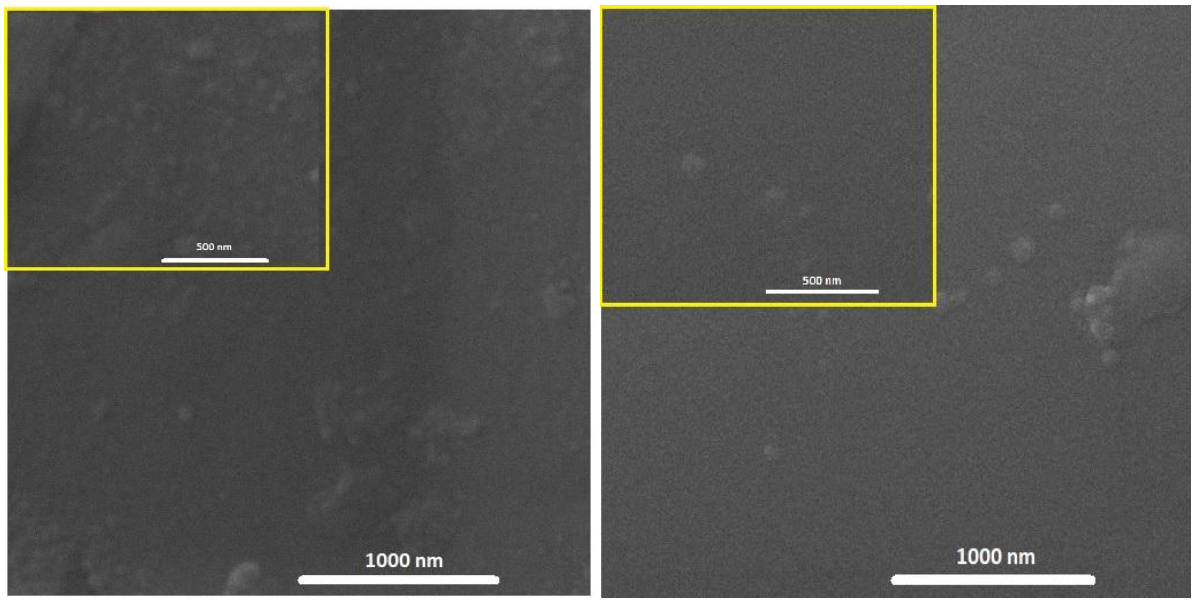


Figura 7. Micrografiile SEM de suprafață pentru probele sticlă/CdS (partea stângă) și siliciu/CdS (partea dreaptă)

Așa cum se poate observa din Figura 7, suprafața filmului de sulfură de cadmiu, fie că este crescut pe substrat de sticlă sau substrat de siliciu (100), este uniformă, relativ netedă și nu prezintă defecte majore sau aspect insular, în acord cu rezultatele obținute prin microscopie de forță atomică. Rezultatele ccoroborate de AFM și SEM indică faptul că depunerea de tip magnetron în regim de radio-frecvență este o metodă potrivită pentru fabricarea filmului de tip fereastră de CdS.

În Figura 8 este prezentată micrografia SEM în secțiune transversală pentru proba siliciu/CdS, modalitate prin care a fost evaluată grosimea filmului subțire preparat.

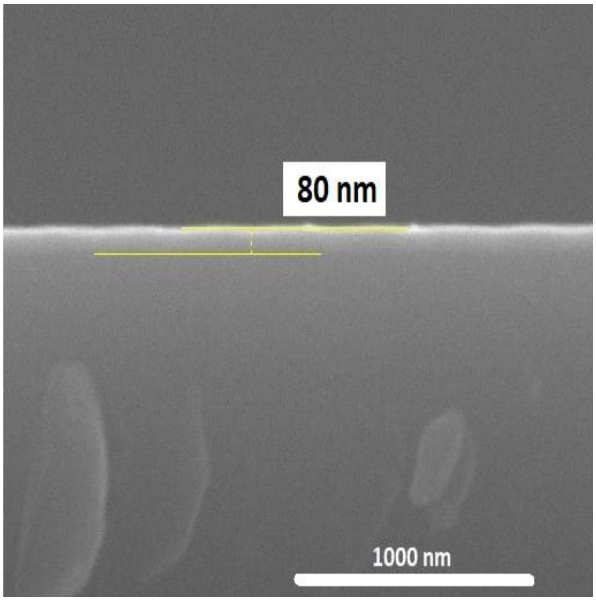


Figura 8. Micrografie SEM în secțiune transversală pentru proba siliciu/CdS;
grosimea evaluată a filmului subțire de CdS a fost de aproximativ 80 nanometri.

Caracterizare structurală

Pentru caracterizarea structurală a straturilor subțiri de CdS depuse pe substrat de siliciu (100) și sticlă optică a fost utilizată difracția de raze X (XRD) în geometria Bragg-Brentano θ-θ, la temperatura camerei. Echipamentul folosit a fost un difractometru Bruker D8 ADVANCE (CuK_α = 1.54 Å). Datele achiziționate pentru determinarea fazelor cristaline au fost înregistrate în intervalul 2θ = 15° - 60°, la o rată de scanare egală cu 0.02°/s. Ulterior, în analiza constantelor de rețea și a dimensiunii de cristalit, împreună cu microstresul pe planul de difracție (002), s-a folosit o rată de scanare de 0.008°/s pe intervalul 2θ = 25.3°-27.7°.

În Figura 9 sunt prezentate difractogramele straturilor subțiri de CdS care indică caracterul policristalin al probelor pentru ambele tipuri de substrat folosit. Analiza XRD evidențiază formarea structurii würtzite a sulfurii de cadmiu și orientarea preferențială de creștere pe direcția planului (002) paralel cu suprafața substratului de Si, respectiv de sticlă optică. În cazul stratului subțire de CdS depus pe sticlă optică, se observă o creștere a intensității pe un interval 2θ foarte larg, ceea ce este specific structurilor amorfe și provine din ordonarea structurală la scurtă distanță din substratul folosit a oxidului de siliciu. De asemenea, fotonii de raze X sunt împrăștiați de substratul de siliciu (100) la un unghi aproximativ de 2θ = 56.4°.

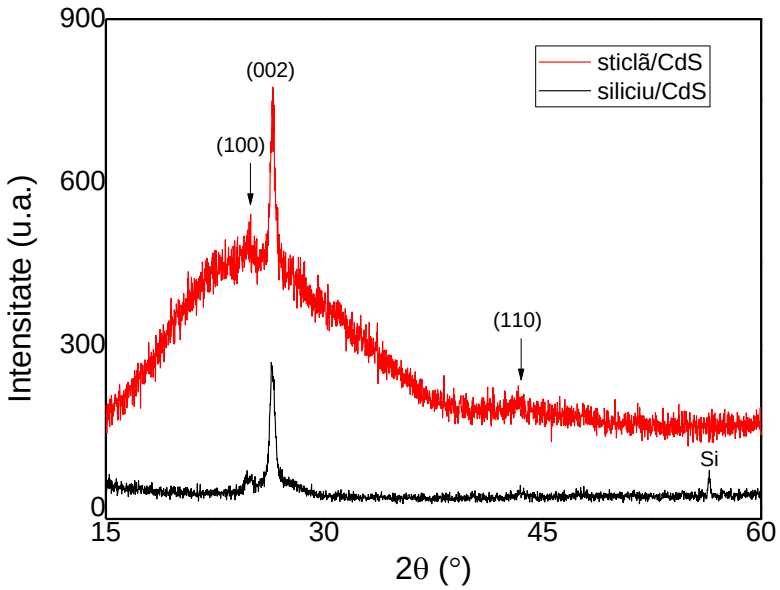


Figura 9. Difractogramele straturilor subțiri de CdS depuse pe substrat de siliciu (100) și sticlă optică

Analiza cantitativă a proprietăților structurale este făcută prin caracterizarea parametrilor dați de distribuția de probabilitate Voigt aplicată pe datele XRD înregistrate în jurul planului (002) a filmului subţire de CdS. În Figura 10 este prezentată analiza planului de difracție (002) alături de reziduu procedurii de prelucrare cu distribuția Voigt pentru cele două structuri de CdS. Lărgimea la semiînălțime rezultată din cele două componente ale distribuției de probabilitate Voigt (Gauss și Lorentz), alături de ceilalți parametri, au fost utilizați pentru estimarea dimensiunii de cristalit (D_{ef}), a microstresului ($< \varepsilon^2 >^{1/2}$) și constantelor de rețea (a, c) prezentate în Tabelul 3. Datorită faptului că dimensiunile de cristalit obținute sunt comparabile cu grosimea straturilor se evidențiază gradul ridicat de ordonare structurală a straturilor dat de optimizarea parametrilor de depunere. Diferența dintre probe provine din substratul utilizat în cele două cazuri, astfel pentru stratul de CdS depus pe sticlă optică s-a determinat o valoare a dimensiunii de cristalit mai mică și un microstres similar în comparație cu proba Si/CdS, Prin urmare, substratul monocristalin de siliciu (100) a favorizat formarea de cristalite mai mari și mai puțin deformate în stratul de CdS pe direcția planului (002). Deoarece abaterea constantelor de rețea de la cele ideale ($a = 4.14092$ Å şi $c = 6.7198$ Å) se face succesiv și cu factori de proporționalitate similari pentru cele două probe, valorile microstresului sunt aproape identice pentru ambele straturi.

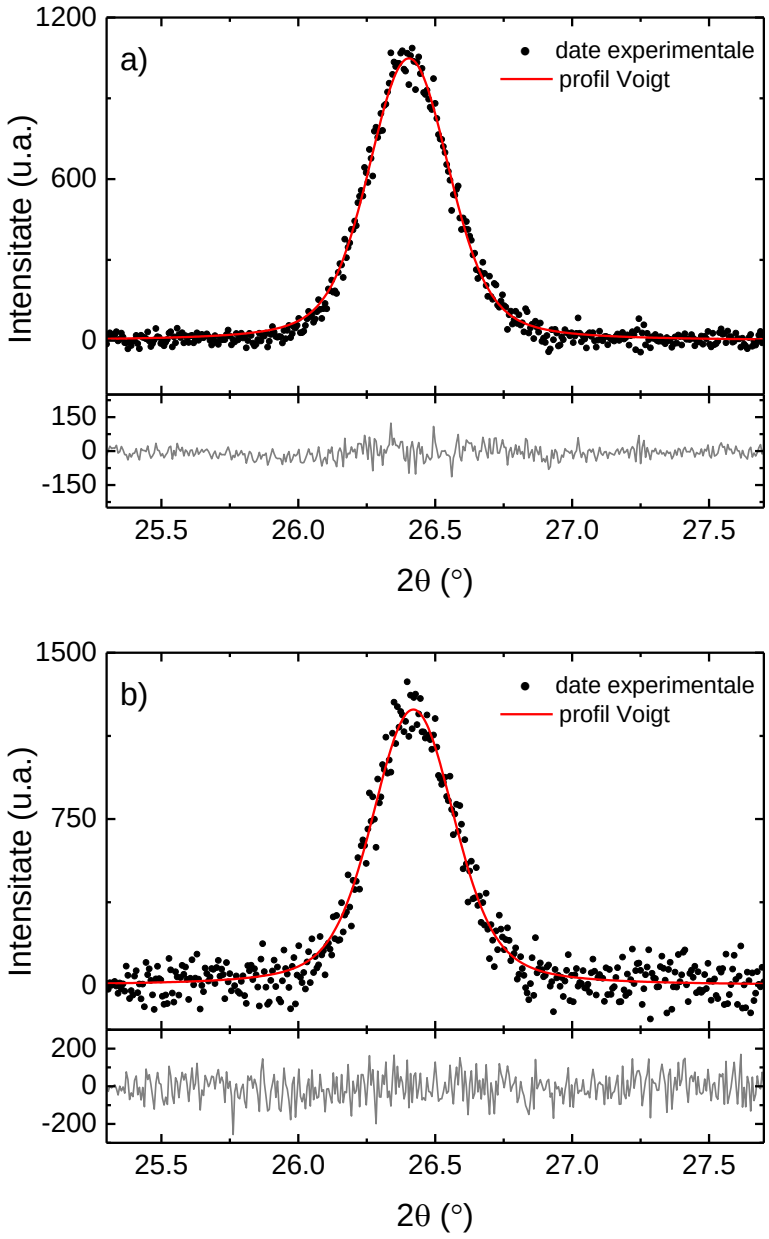


Figura 10. XRD a planului (002) și curba teoretică rezultată din distribuția de probabilitate Voigt pentru probele a) Si/CdS și b) Sticlă/CdS

Tabel 3. Parametri structurali ai straturilor subțiri de CdS

Proba	$D_{ef}^{(002)}$ (nm)	$< \varepsilon^2 >^{1/2}$	a (Å)	c (Å)
Sticlă/CdS	63	$4.2 \cdot 10^{-3}$	4.128	6.742
Siliciu/CdS	69	$4.1 \cdot 10^{-3}$	4.131	6.746

Caracterizare electrică

Caracterizarea electrică a filmului subțire de sulfură de cadmiu s-a realizat pentru probele crescute pe substrat de siliciu, prin măsurări ale caracteristicii crent-tensiune (I-V) la temperatura camerei, pentru diverse valori ale tensiunii aplicate. Astfel, filmul de CdS a fost depus între doi electrozi metalici, unul de aluminiu (Al) şi un altul de aur (Au), așa cum se observă în Figura 11.

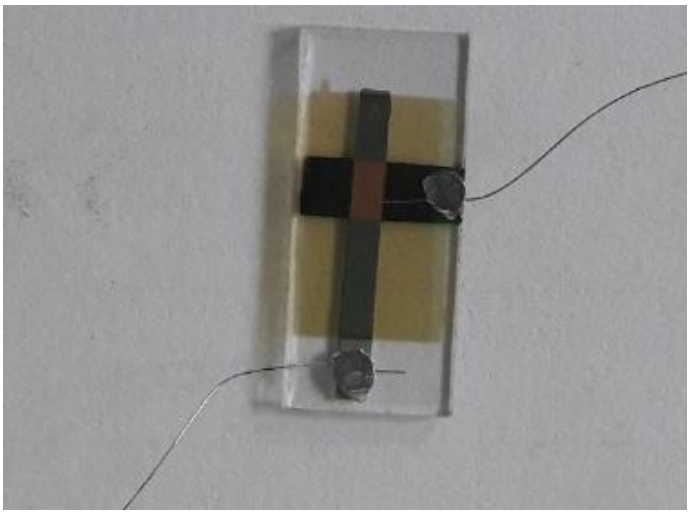


Figura 11. Imagine a unei probde de siliciu/Al/CdS/Au
după ce au fost ataşate contactele necesare măsurărilor electrice.

În Figura 12 este prezentată caracteristica I-V pentru proba siliciu/Al/CdS_80 nm/Au, trasată la temperatura camerei, pentru o tensiune aplicată în intervalul $-3\,V - +3V$, cu un pas de $0.1V/s$. După cum se poate observa, caracteristica I-V este similară unui material conductor și nu prezintă specificitate de tip semiconductor, așa cum ne așteptam. Acest comportament poate fi explicat luând în calcul grosimea relativ mică a stratului fabricat. Considerăm că pentru obținerea unor rezultate optime din punct de vedere electric, grosimea filmului de CdS trebuie mărită până la o valoare de aproximativ 200 nanometri, modificând timpul de depunere.

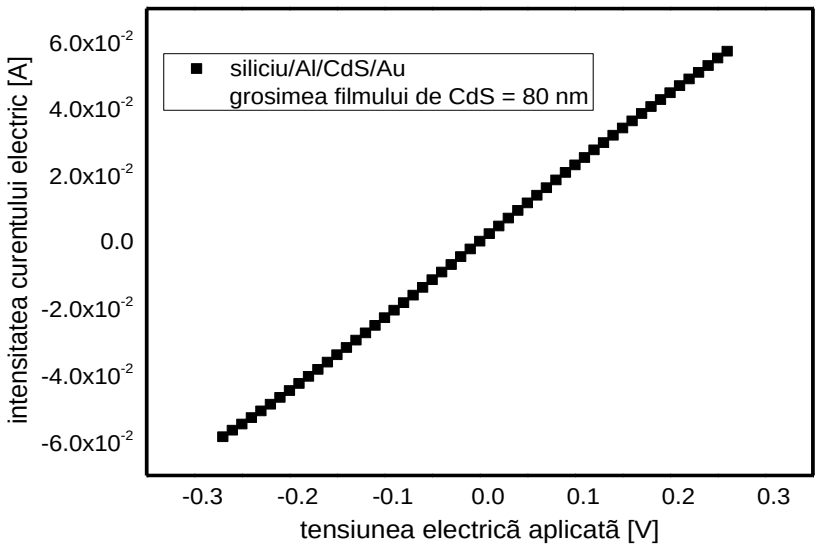


Figura 10. Caracteristica curent-tensiune a probei siliciu/Cu:Au/CdS/Cu:Au, obținută la temperatura camerei. Grosimea filmului subțire de CdS luată în considerare a fost de 80 nanometri.

Activitatea 1.3: Managementul proiectului de cercetare și diseminarea rezultatelor

În cadrul acestei activități au fost stabilite sarcinile de lucru pentru fiecare membru al echipei de cercetare implicată în realizarea obiectivelor prezentului proiect. Pentru eficientizarea maximă a timpului de lucru alocat acestei etape, perioada 15.09. – 31.12.2020 a fost împărțită în trei stagii după cum urmează: a. stagiul 1 – 15.09. – 30.09.2020; b. stagiul al 2-doilea – 01.10. – 31.10.2020 și c. stagiul al 3-lea – 01.11.2020 – 31.12.2020. Astfel, în primul stagiu au fost discutate aspecte teoretice cu privire la rutina de lucru pentru obținerea unor arhitecturi de strat activ de tip CdTe_nanopilari, în al doilea au fost fabricate și caracterizate filmele subțiri de tip fereastră de CdS, iar în ultimul au fost analizate rezultatele obținute și au fost întocmite documentele necesare (Raport Științific și Tehnic, Fișa de Evidență a Cheltuielilor) pentru raportarea rezultatelor aferente primei etape a proiectului 25TE/2020.

Toți membrii echipei de cercetare a proiectului au fost implicați în activitățile declarate ale acestei etape, fie prin lucru efectiv în laboratoarele de cercetare, fie prin tele-muncă. De asemenea, au fost stabilite două întâlniri de lucru în datele de 16.09.2020 și 30.10.2020, desfășurate on-line, în care s-a discutat modul optim de organizare a activităților din cadrul acestei etape de lucru și stadiul de avansare al obiectivelor.

Datorită situației sanitare actuale, precum și datorită timpului foarte scurt alocat acestei etape de lucru, diseminarea rezultatelor obținute constă exclusiv în întocmirea Raportului Științific și Tehnic și a Fișei de Evidență a Cheltuielilor.

Ţinând cont de rezultatele obţinute în cadrul acestei etape, concluzionăm că toate obiectivele propuse au fost realizate cu succes.

Referinţe

[1] D.X. Wu, N.S. Rajput, X.C. Luo, *Nanoimprint Lithography – the Past, the Present and the Future*, Current Nanoscience **12**, 712 – 724 (2016);

[2] S.Y. Chou, *Nanoimprint Lithography*, Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures **14**, 4129 (1996);

[3] S. Ahn, H. Myung, S.M. Kim, S. Kang, *Continuous ultraviolet roll nanoimprinting process for replicating large-scale nano- and micropatterns*, Applied Physics Letters **89**, 12 – 15 (2006);

[4] A. Lebib, Y. Chen, J. Bourneix, F. Carcenac, E. Cambril, L. Couraud, H. Launois, *Nanoimprint lithography for a large area pattern replication*, Microelectronic Engineering **46**, 319 – 322 (1999);

[5] S. Ahn, K.-D. Lee, J.-S. Kim, S.H. Kim, J.-D. Park, S.-H. Lee, P.-W. Yoon, *Fabrication of a 50 nm half-pitch wire grid polarizer using nanoimprint lithography*, Nanotechnology **16**, 1874 – 1877 (2005);

[6] G. Luo, G. Xie, Y. Zhang, G. Zhang, Y. Zhang, P. Carlberg, T. Zhu, Z. Liu, *Scanning probe lithography for nanoimprinting mould fabrication*, Nanotechnology **17**, 3018 – 3022 (2006);

[7] A. Tseng, K. Chen, C.D. Chen, K.J. Ma, *Electron beam lithography in nanoscale fabrication: Recent development*, IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing **26**, 141 – 149 (2003);

[8] O. Toma, L. Ion, S. Iftimie, A. Radu, S. Antohe, *Structural, morphological and optical properties of rf – Sputtered CdS thin films*, Materials & Design **100**, 198 – 203 (2016);

[9] A. Radu, C. Locovei, V.A. Antohe, M. Socol, D. Coman, M. Manica, A. Dumitru, L. Dan, C. Radu, A.M. Raduta, L. Ion, S. Iftimie, S. Antohe, *Effects of annealing on the physical properties of ITO thin films grown by radio frequency magnetron sputtering*, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures **15**, 679 – 687 (2020);

Data
20.11.2020

Director de proiect,
Conf. Univ. Dr. Sorina Iftimie

