# PROPRIETĂȚILE OPTICE ALE STRATURILOR SUBȚIRI DE ZnSe ŞI ANALIZA HETEROSTRUCTURILOR OBȚINUTE PE BAZA LOR

*Petru DUMITRIU, Facultatea de Fizică şi Inginerie*

*This paper reports on the morphology, structural and optical properties of ZnSe thin films as deposited and activated in $ZnCl_2$ saturated solution on glass substrates covered with $SnO_2$. SEM images reveal the films are polycrystalline and that the morphology is not changed drastically after activation. XRD analysis show that the lattice parameters is changed with substrate temperatures and activation of the films because the strain of the lattice.*

*Photovoltaic devices on the basis of these films were fabricated with an efficiency of 6.6%.*

În ultimii ani, straturile subțiri obținute în baza compușilor $A_2B_6$ prezintă un interes deosebit pentru elaborarea convertoarelor fotovoltaice cu cost de producere redus. CdTe este recunoscut ca strat absorbant promițător pentru dispozitivele fotovoltaice pe baza straturilor subțiri, datorită benzii sale interzise optime de 1,5 eV şi coeficientului de absorbție destul de ridicat. În prezent, există o serie largă de publicații care reflectă proprietățile straturilor subțiri de CdS, ce servesc în calitate de fereastră optică pentru componenta de bază absorbantă CdTe. Însă banda interzisă a componentei CdS are o valoare relativ mică pentru heterostructura CdS/CdTe, întrucât o grosime de doar 0,1 μm de CdS e suficientă pentru ca aceasta din urmă să absoarbă 36% din radiația incidentă cu o energie mai mare de 2,42 eV. Prin urmare, una din soluțiile de alternativă pentru sporirea randamentului de conversie este folosirea unei componente cu o bandă interzisă mai largă, cum ar fi seleniura de zinc (ZnSe). Datorită lărgimii benzii interzise de 2,67 eV, ZnSe a fost utilizat ca fereastră optică în fabricarea celulelor fotovoltaice. Celulele solare ZnSe/CdTe obținute prin metoda depunerii în volum quasi-închis au prezentat rezultate foarte bune, având o eficiență de 11%. Metoda volumului quasiînchis este considerată una dintre cele mai promițătoare tehnologii pentru depunerea straturilor subțiri $A_2B_6$. Prin urmare, am depus straturi subțiri de ZnSe de diferite grosimi prin metoda volumului quasiînchis la diferite temperaturi ale suportului. Pentru

fabricarea straturilor subțiri de ZnSe şi CdTe, a fost utilizată aceeaşi metodă de depunere în volum quasiînchis. În această lucrare, au fost determinați diferiți parametri structurali ai straturilor de ZnSe şi influența temperaturii suportului asupra acestora. De asemenea, în această lucrare se prezintă parametrii fotovoltaici ai celulelor solare pe baza heterojoncțiunilor cu straturi subțiri ZnSe/CdTe.

Straturile subțiri de ZnSe au fost depuse pe suporturi de sticlă acoperite cu $SnO_2$. Pentru a optimiza condițiile de creştere, straturile de ZnSe au fost depuse la diferite temperaturi ale suportului. Temperatura suportului a fost menținută de la 500 K până la 650 K. Apoi straturile de ZnSe au fost scufundate în soluție de $ZnCl_2$ şi tratate în vid la temperatura de 400˚C timp de 40 min. Heterojoncțiunile ZnSe/CdTe au fost obținute pe suporturi cu aria de $2\times2$ $cm^2$. Probele cu straturi subțiri de ZnSe, obținute la temperaturile suportului de 500; 550; 600 şi 650 K, au fost notate (M5.1), (M6.1), (M7.1) şi ,respectiv, (M8.1). Probele cu straturi de ZnSe dopate cu clor, obținute la temperaturile suportului de 500; 550; 600 şi 650 K, au fost notate (M5.2), (M6.2), (M7.2) şi ,respectiv, (M8.2). Imaginile SEM arată că straturile au granulație nanometrică şi puțin se modifică după activarea în $ZnCl_2$.. Cercetarea tabloului de difracție a razelor X indică că pentru probele ZnSe/$SnO_2$/sticlă, atât înainte cât şi după tratare în $ZnCl_2$, nu există nici o dovadă de formare a unei faze noi. Stresul de suprafață care apare odată cu modificarea temperaturii suportului conduce la modificarea structurii. Toate straturile de ZnSe au structură cubică. După cum este ilustrat în Tab.1, pentru toate probele de ZnSe activate cu clor, se observă o uşoară micşorare/creştere a parametrului rețelei cristaline, în comparație cu cele neactivate în funcție de temperatura suportului la care au fost obținute.

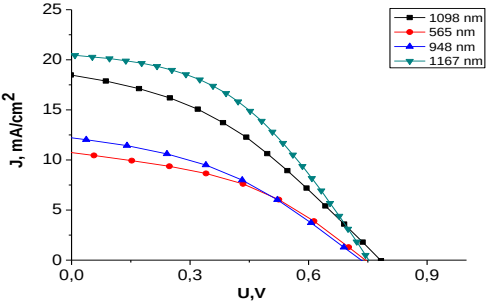
Spectrele de transmisie optică a straturilor de ZnSe netratate, obținute la diferite temperaturi ale suportului, au fost măsurate în intervalul 400-1200 nm la temperatura 300 K şi arată că transmitanța straturilor de ZnSe se schimbă uşor odată cu schimbarea temperaturii suportului. Transmitanța straturilor variază între 70% şi 90%, maximumul de 90% fiind obținut pentru proba cu cea mai mică grosime a stratului de ZnSe (236,79 Å) . Pentru straturile de ZnSe dopate cu clor transmitanța se micşorează. Analiza $(\alpha h\nu)^2=f(h\nu)$ a tuturor straturilor de ZnSe este liniară. Valorile optice a benzii interzise pentru straturile netratate de ZnSe variază între 2,686 eV

(0,633 μm) şi 2,690 eV (1,159 μm). Straturile mai subțiri au o valoare a absorbției mai mare. Straturile mai groase au o valoare a absorbției mai mică. Un rezultat evident din dependența $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ a straturilor de ZnSe crescute la diferite temperaturi ale suportului, activate în $ZnCl_2$ şi tratate termic la 400˚C este micşorarea valorii benzii interzise.

*Tabelul 1*

Parametrii structurali ai straturilor de ZnSe după depunere şi după activarea în $ZnCl_2$ obținute la diferite temperaturi ale suportului

| Probe | a(Å) | b(Å) | c(Å) | D, dimensiunea cristalitelor (Å) |
|---|---|---|---|---|
| M51(netratat) $T_s$=500 K | 5,6707 | 5,6707 | 5,6707 | 280 |
| M52(tratat) $T_s$=500 K | 5,6695 | 5,6695 | 5,6695 | 288 |
| M61(netratat) $T_s$=550 K | 5,6572 | 5,6572 | 5,6572 | 317 |
| M62(tratat) $T_s$=550 K | 5,6665 | 5,6665 | 5,6665 | 314 |
| M71(netratat) $T_s$=600 K | 5,6571 | 5,6571 | 5,6571 | 337 |
| M72(tratat) $T_s$=600 K | 5,6663 | 5,6663 | 5,6663 | 287 |




Caracteristicile curent-tensiune ale celulelor solare ZnSe/CdTe cu diferite grosimi ale stratului ZnSe

Ca substraturi pentru obținerea heterojoncțiunilor ZnSe/CdTe pentru realizarea celulelor solare, s-au folosit plachete de sticlă cu sup-

*Tabelul 2*

Parametrii fotovoltaici ai celulelor solare ZnSe/CdTe

| Samples | $T_s$, K | $J_{sc}$, mA/cm$^2$ | $U_{oc}$,V | FF | η, % | $R_{sh}$,Ω·cm$^2$ | $R_s$,Ω·cm$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M8.2 | 650 | 18.45 | 0.78 | 0.37 | 5.34 | 168.62 | 23.66 |
| M7.2 | 600 | 10.70 | 0.74 | 0.42 | 3.30 | 333.33 | 30.30 |
| M6.2 | 550 | 12.13 | 0.73 | 0.39 | 3.46 | 176.08 | 34.04 |
| M5.2 | 500 | 20.39 | 0.75 | 0.43 | 6.61 | 380.00 | 17.02 |

rafaţa de 2 cm$^2$, acoperite cu un strat de $SnO_2$, care se prelucrează în soluţie de $K_2Cr_2O_7 : H_2SO_4 : H_2O$, apoi se spălă cu apă distilată şi se usucă. Prin metoda condensării în volum quasiînchis, s-au crescut consecutiv straturile *n*-ZnSe şi *p*-CdTe. Caracteristicile curent-tensiune ale celulelor solare pe baza straturilor subţiri ZnSe/CdTe au fost cercetate prin componentele cu bandă interzisă largă la temperatura camerei şi la iluminare de 100 mW/cm$^2$ şi sunt prezentate în Figură. Parametrii fotovoltaici sunt prezentaţi în Tab.2. Cea mai înaltă eficienţă de 6,6% a fost obţinută la celula solară pe bază de straturi subţiri ZnSe/CdTe cu grosimea stratului de ZnSe mai mare şi activat. După cum se vede din tab.2, valorile tensiunii de circuit deschis ($V_{oc}$) şi densităţii de curent de scurtcircuit ($J_{sc}$) ating 0,75 V şi 20,39 mA/cm$^2$, respectiv. Factorul de umplere (FF) este în general mic. Valoarea scăzută a FF este determinată, în principal, de valoarea mare a rezistenţei seriei care se datorează rezistivităţii ridicate atât a straturilor de ZnSe, cât şi acelor de CdTe şi, probabil, faptului că din cauza tratării celulelor în soluţie de $CdCl_2$, CdTe poate conţine oxid pe suprafaţa sa. În general, tratarea în $ZnCl_2$ duce la îmbunătăţirea parametrilor fotovoltaici ai celulelor solare pe baza straturilor subţiri de ZnSe/CdTe. Valoarea acestora depinde de temperatura suportului la care au fost obţinute straturile de ZnSe. Cu mărirea temperaturii suportului, dimensiunile cristalitelor cresc de la 280 nm (500 K) la 337 nm (600 K).

A fost atins un randament de conversie a energiei solare în electrică a celulelor solare pe baza straturilor subţiri ZnSe/CdTe de 6,6%. Parametrii fotovoltaici pot fi măriţi prin optimizarea tehnologiei de obţinere şi tratării termice în diferite medii ale straturilor subţiri de ZnSe şi CdTe.

*Recomandat:*
*Tamara POTLOG, dr., conf. univ.*