FABRICAREA STRUCTURILOR SnO_2/CdTe/ZnO ŞI CERCETAREA PROPRIETĂŢILOR ACESTORA

Ion LUNGU, Gleb COLIBABA, Tamara POTLOG
CZU: 539.2 + 621.383.4 ionlungu.usm@gmail.com
gkolibaba@yandex.ru
tpotlog@gmail.com

Producerea energiei electrice prin conversia fotovoltaică a energiei solare este deosebit de atrăgătoare pentru că este inepuizaibilă, complet nepoluantă şi, în acelaşi timp, fără verigi intermediare. Dispozitivele fotovoltaice în cea mai mare parte funcţionează datorită proceselor fizice ce au loc în joncţiunile *p-n*, obţinute în Si, CdTe, *InP, GaAs*. Generarea forţei electromotoare la absorbţia luminii din cauza separării purtătorilor de sarcină de neechilibru poate fi realizată nu numai cu ajutorul joncţiunilor *p-n*, dar şi în baza structurilor oxid/semiconductor. Au fost utilizate mai multe semiconductoare cu oxizi cu bandă largă, cum ar fi SnO_2, ITO, ZnO pentru a forma bariere active fotovoltaice. Din aceste considerente, s-au realizat structurile SnO_2/CdTe/ZnO**.** ZnO este considerat un semiconductor de tip *n* (E_g=3.3 eV) care îl face să fie potrivit ca material fereastră în celulele solare cu heterojoncțiune. În cazul dat, SnO_2 servește ca contact pentru stratul de CdTe.

În lucrarea de față, raportăm rezultatele studierii caracteristicilor curent-tensiune ale structurii SnO_2/CdTe/ZnO iluminate atăt din partea SnO_2, căt și din partea ZnO. Această structură a fost fabricată prin depunerea CdTe pe substrat de SnO_2 prin metoda volumului cvasiînchis, unde temperatura suportului a fost menținută la 320°C, iar temperatura evaporatorului a fost menținută la 540°C. Stratul de CdTe obținut a fost activat în soluție de $CdCl_2$ + CH_3OH timp de 30 sec. Apoi structurile se tratau termic timp de o oră la temperatura de 400°C în aer. După aceasta se depunea stratul de ZnO cu diferite grosimi ale acestuia (429 nm, 589 nm și 756 nm) prin pulverizare catodică.

Caracteristicile curent-tensiune ale structurii SnO_2/CdTe/ZnO la iluminarea de 100 mW/cm^2, 300 K din partea SnO_2 sunt ilustrate în Figura 1 (a). În Tabelul 1 sunt prezentați parametrii fotovoltaici (U_{CD},

FF, η, R_S, R_{Sh}). Se observă foarte bine că odată cu creșterea grosimii stratului de ZnO crește densitatea curentului de scurtcircuit. Valoarea rezistenței serie (R_s) și șunt (R_{sh}) se micșorează, valoarea rezistenței șunt fiind mai mică decât cea serie duce la micșorarea factorului de umplere (FF). Deci factorul de umplere este afectat de rezistența serie mare și rezistența șunt mică. Randament de conversie a energiei solare în energie electrică (η) mai înalt posedă proba cu grosimea stratului de ZnO de 756 nm. În Figura 1(b) sunt prezentate caracteristicile curent-tensiune ale structurii SnO_2/CdTe/ZnO iluminate din partea ZnO cu lumină integrală de aceeași intensitate. În Tabelul 2 sunt prezentați parametrii fotovoltaici ai acestei structuri la iluminarea prin ZnO.

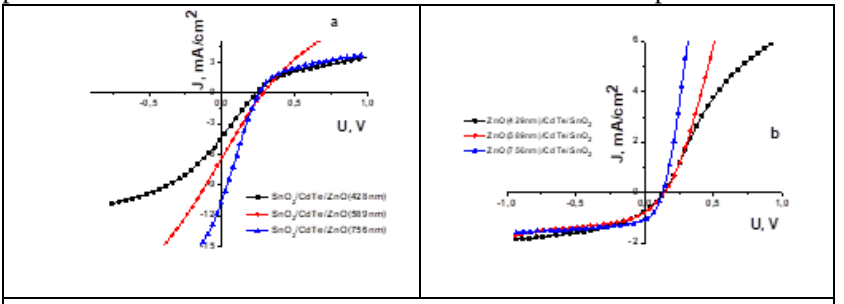


Fig. 1. Caracteristicile curent-tensiune ale structurii SnO_2/CdTe/ZnO la iluminarea în condiții AM1.5 prin SnO_2 (a) și prin ZnO (b)

Tabelul 1

Parametrii fotovoltaici a structurii SnO_2/CdTe/ZnO la iluminarea prin SnO_2

d(ZnO), nm	**U_{CD}, V**	**J_s, mA/cm²**	**FF, %**	**η, %**	**R_s, Ω·cm²**	**R_{sh}, Ω·cm²**
429	0,235	4,24	23,819	0,237	65,75	53,83
589	0,282	6,27	23,311	0,412	47,84	40,82
756	0,255	10,43	22,739	0,605	45,00	17,56

Se observă că, odată cu creșterea grosimii stratului de ZnO ca și în cazul iluminării prin SnO_2, crește densitatea curentului de scurtcircuit

(J_{sc}), însă valorile tensiunii de circuit deschis sunt mai mici. În comparație cu cazul studiat la iluminarea prin SnO_2, valoarea rezistenței serie scade, iar valoara rezistenței șunt crește odată cu creșterea grosimii stratului de ZnO. Ca și în cazul iluminării prin SnO_2, proba cu grosimea stratului ZnO de 756 nm posedă eficiența cea mai mare.

Tabelul 2

Parametrii fotovoltaici a structurii SnO_2/CdTe/ZnO la iluminarea prin ZnO

d(ZnO), nm	**U_{CD}, V**	**J_s, mA/cm^2**	**FF, %**	**η, %**	**R_s, Ω·cm^2**	**R_{sh}, Ω·cm^2**
429	0,139	0,73	30,005	0,030	105,52	315,27
589	0,143	0,78	30,090	0,034	82,19	376,34
756	0,130	1,07	37,813	0,053	39,80	627,36

Elaborarea celulelor solare SnO_2/CdTe/ZnO cu fotosensibilitatea bilaterală are o mare perspectivă pentru majorarea eficienţei acestora datorită faptului că conversiunea radiaţiei solare incidente are loc pe ambele părţi ale celulei, ceea ce măreşte eficienţa conversiunii energiei solare. În acest caz, radiaţia infraroşie trece prin celulă, fără a fi absorbită şi, prin urmare, nu creşte temperatura celulei. Cu apariţia concentratoarelor radiaţiei solare, utilizarea celulelor solare bilaterale în condiţii terestre a devenit reală. Informaţia despre proprietăţile electrice ale structurilor SnO2/CdTe/ZnO a fost obţinută prin efectuarea măsurătorilor la întuneric a dependenţelor curent- tensiune. În Figura 2 (a) sunt prezentate dependenţele I–U în intervalul de temperaturi 297-373 K. Se observă că pentru structurile măsurate până la 323 K intensitatea curentului electric variază slab cu tensiunea aplicată şi este imposibil de a aprecia potenţialul de difuzie. Spre deosebire de joncţiunile p-n, o particularitate a acestor dependenţe la polarizare directă constă în faptul că cu creșterea temperaturii de măsurare mai sus de 323 K curbele devin liniare. Pentru curbele măsurate până la 323 K, factorul diodic n variază între 1-2, fapt ce ne vorbeşte că mecanismul de transport este determinat atât de trecerea purtătorilor de sarcină prin joncţiunea p-n datorită injecţiei, cât şi de recombinarea purtătorilor de sarcină în regiunea sarcinii spațiale. La temperaturi de măsurare mai

mari ca 323 K, intensitatea curentului electric în funcție de tensiunea aplicată devine practic liniară.

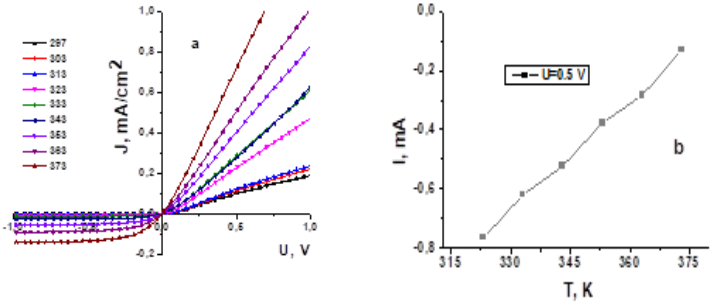


Fig. 2**.** Caracteristicile curent-tensiune a structurii SnO_2/CdTe/ZnO la diferite temperaturi de măsurare (a) și *dependența la polarizare directă la tensiunea de polarizare 0.5 V (b)*

Dependența ln I=f(T) la o polarizare constantă aplicată structurii este liniară. *Astfel* caracteristicile curent-tensiune ale structurii *SnO_2/CdTe/ZnO* demonstrează că trecerea curentului la polarizare directă la întuneric este determinată de un flux de electroni ce tunelează prin multiple trepte prin stratul de sarcină spațială. Probabil, electronii din banda de conducție a ZnO recombină cu golurile din CdTe, ceea ce duce la deplasarea nivelului Fermi al electronilor în jos, iar a nivelului Fermi al golurilor în sus, astfel conducând la micșorarea tensiunii de circuit deschis. *Conform lucrărilor lui Riben şi Feucht, tunelarea la polarizare directă poate avea loc prin mai multe trepte din regiunea sarcinii spațiale a joncțiunii* [1].

Așadar, trecerea curentului prin structurile SnO_2/CdTe/ZnO *polarizate direct la întuneric în intervalul de temperaturi (297-323)K este determinat* atât de trecerea purtătorilor de sarcină prin joncţiunea *p-n* datorită injecţiei, cât şi recombinării purtătorilor de sarcină în regiunea sarcinii spațiale, iar în intervalul (323-373)K *e*lectronii din banda de conducție a materialului cu bandă interzisă largă tunelează pe stările energetice din regiunea sarcinii spațiale şi apoi trec în zona de valență a materialului cu banda interzisă îngustă şi astfel are loc tunelarea

golurilor prin vârful discontinuității din materialul cu bandă interzisă îngustă în materialul cu bandă interzisă largă.

Referințe:

1. RIBEN, R.A, FEUCHT, D.L. nGe-pGaAs. Heterojunctions. In: *Solid State Electron*, 1966, vol. 9, pp.1055-1065.

Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului Programului de Stat ***20.80009.5007.16.***