

ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE FABRICARE A CELULELOR SOLARE ITO/CdS/CdTe PE SUPORTURI FLEXIBILE

Tamara POTLOG, Nicolae SPALATU, Nina CAPROȘ

Catedra Fizică Aplicată și Informatică

The development of high efficiency, stable, lightweight and flexible solar cell is important for terrestrial and space applications. We have developed a novel process to make solar cells on flexible polymer sheets. A thin layer of CdTe compound semiconductor is used for the absorption of solar light and generation of electrical current. In this work the solar electricity conversion efficiency of 4,66% is the highest efficiency reported for a solar cell grown on a polymer sheet.

Introducere

Dacă am putea acoperi 0,1% din suprafața terestră cu celule fotovoltaice, am putea înlocui sursele poluante și consumabile de energie cu una curată și regenerabilă. În ultimii 20 de ani tot mai mult sunt cercetate celulele solare (CS) pe bază de CdS/CdTe. CdTe are lărgimea benzii interzise $E_g = 1,45$ eV, cea mai optimă pentru obținerea celulelor solare cu randament de conversie ridicat și coeficient de absorbție mare ($\sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$), care permite absorbția a 90% din lumina solară incidentă pe strat, corespunzătoare unei grosimi de numai câțiva microni [1-3].

O nouă direcție în dezvoltarea CS, care se află în curs de cercetare, este obținerea CS pe suporturi flexibile [4]. Suporturile flexibile având mărime, greutate redusă și evitând pericolele legate de suporturile de sticlă, pot fi integrate în obiecte de diverse forme (telefoane celulare, carduri inteligente, control la distanță etc.) și în diverse modele de arhitecturi: corturi, acoperișuri, ferestre etc.

Polimerul este o substanță ce reprezintă lanțuri de mii de monomeri legați covalent împreună, de obicei, din atomi de carbon. Polimerii sunt materiale flexibile rezistente la șoc, abraziune, agenți chimici și țin la temperaturi de 400°C.

Obținerea straturilor subțiri de CdS și CdTe

Straturile subțiri de CdS și CdTe s-au obținut prin metoda evaporării în vid înalt. În calitate de sursă s-a folosit pulberea de CdS cu un grad de puritate 99,996%. În calitate de sursă de CdTe s-a folosit materialul obținut prin sinteza dintre Cd și Te cu o puritate de 99,999%, luată în proporție stoechiometrică. Pe substratul de polimer acoperit cu un strat de ITO cu rezistența $3,5 \Omega/\square$, transparența 75%, conductibilitatea (300 K) $\sim 300 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ și concentrația $7 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^{-3}$ prin evaporare consecutivă se depun straturi de CdS și de CdTe la temperatura suportului de 310°C și a evaporatorului de 610°C, respectiv. Apoi, structura obținută se lasă pentru o oră într-o soluție saturată de CdCl_2 , după care se tratează în aer la $390 \pm 5^\circ\text{C}$. În calitate de contact ohmic pentru stratul de CdS se folosește ITO, iar pentru stratul de CdTe se depune Te/Ni prin evaporare termică (Fig. 1a). Lumina este absorbită de stratul de CdTe, după ce aceasta trece prin polimer. Cercetarea transmitanței suportului polimer împreună cu stratul ITO în intervalul vizibil al lungimilor de undă a este reprezentată în Figura 1b și indică o valoare de 75%.

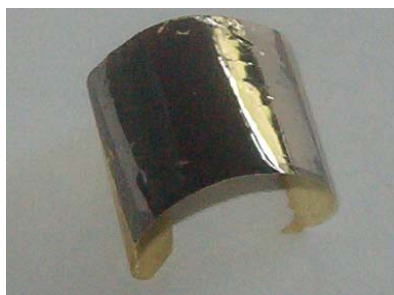


Fig.1a. Celula solară poli/ITO/CdS/CdTe.

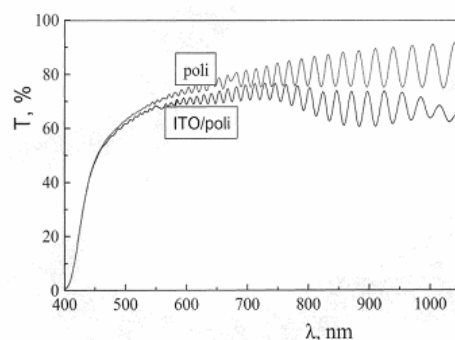


Fig.1b. Transmitanța stratului poli/ITO.

Proprietățile fotoelectrice ale CS ITO/CdS/CdTe pe suporturi flexibile

Caracteristicile curent-tensiune ale CS ITO/CdS/CdTe fără straturi antireflectante au fost studiate la iluminare prin stratul CdS. Caracteristicile curent-tensiune au fost măsurate la iluminarea de 100 mW/cm^2 la temperatura camerei. În Figura 2 sunt prezentate caracteristicile curent-tensiune ale unui set de celule solare fabricate în același regim tehnologic pe suporturi de polimeri. Forma generală a acestor caracteristici ne amintește despre caracteristicile analoge $p-n$ homojoncțiunilor, însă se observă și unele deosebiri. La celula nr.5, la polarizare directă, observăm aspectul neconvențional al caracteristicii curent-tensiune: apariția unei curburi determinată de bariera de contact ce apare la contactul dintre Ni și CdTe. Însă, dacă între stratul de CdTe și Ni se depune un strat de Te, aceasta duce la micșorarea barierei de potențial și la schimbarea formei caracteristicii curent-tensiune (celulele solare 1-4, Fig.2).

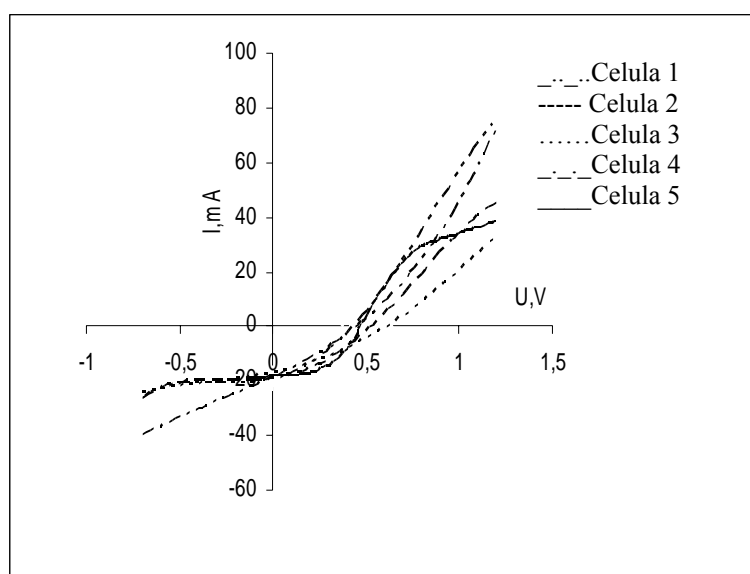


Fig.2. Caracteristicile curent-tensiune ale unui set de celule solare ITO/CdS/CdTe.

Din caracteristicile curent-tensiune s-au determinat următorii parametri: densitatea curentului de scurtcircuit (J_{sc}), tensiunea circuitului deschis (U_{cd}), factorul de umplere (FF), randamentul de conversie al energiei solare în energie electrică (η), rezistența serie (R_s) și rezistența șunt (R_{sh}). Parametrii fotovoltaici obținuți din caracteristica curent-tensiune a setului de CS CdS/CdTe sunt prezentați în Tabel.

Tabel

Parametrii fotovoltaici ai setului de CS ITO/CdS/CdTe

Celula solară	V_{cd} , (V)	J_{sc} , (mA/cm ²)	FF (%)	Eff , (%)	R_{sh} , (Ω cm ²)	R_s , (Ω cm ²)
Nr. 1	0,61	17,96	42,45	4,66	95,2	10,85
Nr. 2	0,5	16,98	41,95	3,6	80,9	5,05
Nr. 3	0,56	17,47	43,75	4,34	86,9	10,79
Nr. 4	0,47	18,19	31,05	2,71	31,8	74
Nr. 5	0,38	18,21	45,3	3,14	2003,8	43,5

După cum observăm, parametrii fotovoltaici sunt destul de modești în comparație cu parametrii obținuți pe suporturi de sticlă [5]. Rezistența serie este destul de mare, tensiunea circuitului deschis atinge valoarea cea mai mare – 0,61 V. Randamentul de conversie pentru cea mai bună celulă solară este de 4,66%. Randamentul scăzut al CS CdS/CdTe pe suporturi flexibile, în comparație cu cel al CS pe sticlă (~10%), este cauzat de rezistența serie mare, dar și de alți parametri, cum ar fi factorul diodic și curentul de saturație.

Studierea caracteristicii curent-tensiune a unei celule solare CdS/CdTe la diferite iluminări ne-a permis să constatăm ca factorul diodic ia valori mai mari ca 2,0 și crește de la 5,8 până la 7,8 odată cu creșterea iluminării de la 10 mW/cm^2 la 100 mW/cm^2 . De asemenea, curentul de saturație crește de la $2,1 \text{ mA/cm}^2$ la iluminarea 10 mW/cm^2 până la $19,5 \text{ mA/cm}^2$ la iluminarea 100 mW/cm^2 . Modificarea acestor parametri cu iluminarea indică la faptul că se activează centrele de recombinare de la interfața structurii. Aceste constatări ne permit să înscriem mecanismul de transport al curentului prin aceste structuri în modelul în care recombinarea la interfață este dominantă.

Caracteristica spectrală a celulei solare cu cel mai ridicat randament de conversie a energiei solare în electrică este ilustrată în Figura 3.

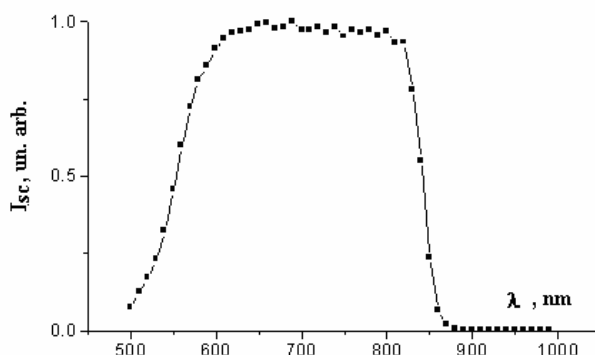


Fig.3. Caracteristica spectrală a CS ITO/CdS/CdTe cu randamentul de conversie a energiei solare în energie electrică 4,66%.

Forma caracteristicii este destul de omogenă în domeniul lungimilor de undă (550-850) nm, la lungimi de undă mari e limitată de absorbția în CdTe, iar în domeniul lungimilor de undă scurte – de absorbția în soluția solidă ce se formează la interfața structurii CdS/CdTe [6]. Pentru micșorarea pierderilor care pot afecta valoarea curentului de scurtcircuit este necesar să se micșoreze pierderile prin reflexie și absorbție, în stratul de contact, la interfața CdS/CdTe, în stratul de CdTe, precum și la interfața CdS-suport și în suport.

Referințe:

1. Mitchell K., Fahrenbruch A., Bube R.J. Appl. Phys. 48, 829-830 (1977).
2. Nakazawa T., Takamizawa K., Ito K.J. Appl. Phys. Lett. 50, 279-280 (1987).
3. Aranovich J., Golmayo D., Fahrenbruch A., Bube R.J. Appl. Phys. 51, 4260-4265 (1980).
4. Romeo A., Khrypunov G., Kurdesau F., Arnold M., Batzner D.L., Zogg H., Tiwari A.N. Solar Energy Materials and Solar Cells 90 (18-19), p.3407-3415 (2006).
5. Potlog T., Gimpu L., Coval A., Andronic I. 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Paris, France, June 7-11, p.1845-1889 (2004).
6. Ibidem.

Prezentat la 31.07.2007