

INFLUENȚA IODULUI ASUPRA PARAMETRILOR FOTOVOLTAICI AI CELULELOR SOLARE PE BAZA FTALOCIANINEI DE ZINC REALIZATE DIN SOLUȚII CHIMICE

Ivan GADIAC, Ion LUNGU, Vadim FURTUNA, Tamara POTLOG

CZU: 621.311.243 + 554.6

vandelio19999@gmail.com

ionlungu.usm@gmail.com

vadim_furtuna@mail.ru

tpotlog@gmail.com

O alternativă posibilă, ce permite utilizarea de materiale ieftine, o reprezintă celulele solare organice. Motivația utilizării celulelor solare organice rezidă în costul de producție redus, prin fabricarea straturilor subțiri usoare, flexibile și cu suprafață mare, cât și în posibilitatea de a modifica lărgimea benzii interzise prin „inginerie moleculară”. Ftalocianina de zinc (ZnPc) este semiconductor organic de tip-*p* cu $E_g=1,97\text{eV}$ și candidează la aplicarea în celule fotovoltaice datorită sintezei simple și absorbanței înalte în domeniul UV-VIS [1]. Celulele solare prezentate în aceasta lucrare sunt structuri de tip Schottky formate din soluții chimice prin depunerea pe suport de sticlă acoperit cu strat de ITO procurat de la Solaronix, Elveția, a unui strat de PEDOT:PSS și a unui strat de ZnPc dopat cu iod (I_2) depus prin metoda centrifugării, utilizând diferite concentrații de I_2 și diferite grosimi (îmaginea SEM în Figura 1 (a)). Ca solvent s-a folosit acidul formic (AF). În calitate de contact a fost folosit aluminiul (Al) depus prin evaporarea termică în vid. În Figura 1 (b) este prezentată caracteristica curent-tensiune a dispozitivelor ITO/PEDOT:PSS/ZnPc: I_2 /Al în funcție de grosimea stratului de ZnPc dopat cu I_2 . Parametrii fotovoltaici, cum ar fi: U_{CD} – tensiunea circuitului deschis, J_{sc} – densitatea curentului electric, FF – factorul de umplere, R_s – rezistența serie și R_{sh} – rezistența sunt prezentate în Tabelul 1.

Se observă că cu creșterea grosimii stratului de ZnPc: I_2 , atât tensiunea circuitului deschis, cât și densitatea curentului electric inițial cresc până la o anumită grosime (volum de soluție), apoi

încep să se micșoreze. Cele mai bune valori ale tensiunii circuitului deschis s-au atins la proba cu grosimea de 30 picături. Cu toate că ceilalți parametri fotovoltaici au valori joase, tensiunea circuitului deschis atinge valoarea experimentală egală cu cea teoretică de 1,04 V.

Rezistența serie trebuie să fie mică și cea de shunt mare pentru ca dispozitivul să fie eficient. Rezistența serie înglobează contribuția tuturor elementelor rezistive din dispozitiv, a contactelor ohmice și a interfeței semiconductor/contact. Spre deosebire de valoarea mare a tensiunii de circuit deschis, valoarea curentului de scurtcircuit este destul de modestă $135 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ la proba cu valoarea tensiunii de circuit cea mai mare. Pentru a mări curentul de scurtcircuit, trebuie de evitat pe cât posibil pierderile prin recombinare de la interfața semiconductor/metal, cât și de a îmbunătăți parametrii de material, în special produsul $\mu\tau$, adică produsul dintre mobilitatea de difuzie (μ) și timpul de viață (τ) a purtătorilor de sarcină electrică. Deci grosimea optimă a unui strat în care are loc și absorbția fotonilor, și pierderi prin recombinare depinde de produsul $\mu\tau$ și de valoarea coeficientului de absorbție.

Tabelul 1

Parametrii fotovoltaici ai structurilor ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al

Probe	U_{CD}, V	J_{sc}, mA/cm²	R_s, *10⁵, Ohm· cm²	R_{sh}, *10⁵, Ohm· cm²	FF
IGPc8	0.42	0.051	0.92	0.61	0.28
IGPc9	1.03	0.14	2.63	1.92	0.15
IGPc10	1.04	0.135	3.65	5.71	0.23
IGPc11	0.95	0.057	9.52	10.58	0.35
IGPc12	0.85	0.025	26.67	14.22	0.21

A fost studiată, de asemenea, influența nivelului de dopare cu iod a straturilor ZnPc asupra parametrilor fotovoltaici. În Figura 2 (a) este

ilustrată caracteristica curent-tensiune a structurilor ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al în funcție de diferite proporții ale iodului.

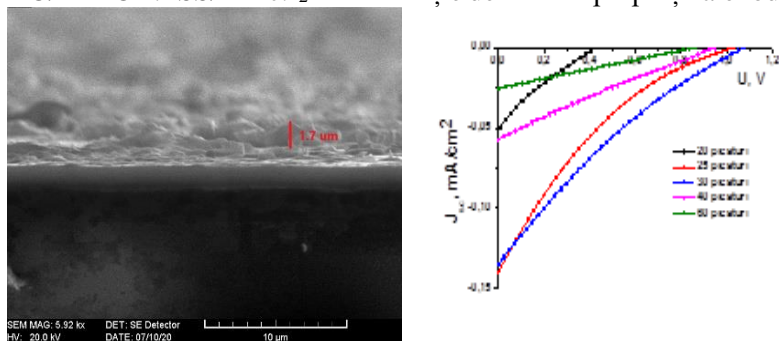


Fig.1. Imaginea SEM a secțiunii transversale (a) și caracteristica curent-tensiune în funcție de grosimea stratului structurilor ITO/PEDOT:PSS/ZnPc:I₂/Al (b)

Tabelul 2

Parametrii fotovoltaici a structurilor ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al în funcție de diferite proporții a iodului

Samples	U _{CD} , V	J _{sc} , mA/cm ²	R _s , *10 ⁴ , Ohm·cm ²	R _{sh} , *10 ⁴ , Ohm·cm ²	FF
1ZnPc:0.2I ₂	0.89	0.13	14.2	8.3	0.18
1ZnPc:0.5I ₂	0.91	0.25	9.3	3.5	0.17
1ZnPc:1I ₂	1.02	0.49	7.9	8.8	0.13

Se constată că cu creșterea concentrației iodului (în proporțiile indicate în Tab. 2), crește atât tensiunea circuitului deschis, cât și densitatea curentului electric. Densitatea curentului de scurtcircuit crește direct proporțională cu concentrația de I₂. De asemenea, se observă o scădere a rezistenței serie și creștere a rezistenței șunt.

În Figura 2 (b) este prezentată caracteristica curent-tensiune a dispozitivului fotovoltaic ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al în funcție de

nivelul de iluminare ai căror parametri fotovoltaici sunt prezentați în Tabelul 3. Conform teoriei clasice, densitatea curentului de scurtcircuit în celula solară (la $U = 0$) depinde de numărul de electroni care sunt excitați în banda de conducție, care este proporțional cu radiația solară incidentă, pe când tensiunea la circuit deschis este practic independentă de energia incidentă. Observăm din Tabelul 3 că cu creșterea nivelului intensității luminii incidente, tensiunea circuitului deschis se modifică nesemnificativ, iar densitatea curentului de circuit închis scade. Cu creșterea nivelului intensității luminii incidente, crește atât rezistența serie cât și sunt.

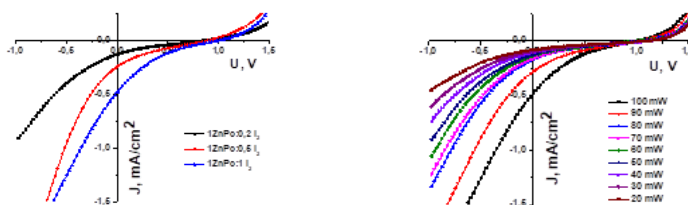


Fig.2. Caracteristica curent-tensiune a structurilor ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al în funcția de diferite proporții ale iodului (a) și în funcție de intensitatea luminii incidente (b)

Tabelul 3

Parametrii fotovoltaici ai structurilor ITO/PEDOR:PSS/ZnPc:I₂/Al în funcție de nivelul de iluminare

Samples	U _{CD} , V	J _{sc} , mA/cm ²	R _s , *10 ⁴ , Ohm·cm ²	R _{sh} , *10 ⁴ , Ohm·cm ²	FF
Pc35-100 mW	1.02	0.49	7.1	5.5	0.13
Pc35-90 mW	1.01	0.28	6.3	5.5	0.16
Pc35-80 mW	1.05	0.17	8.2	5.5	0.15
Pc35-70 mW	1.07	0.16	8.1	5.6	0.17
Pc35-60 mW	0.99	0.13	8.1	5.5	0.22
Pc35-50 mW	1.08	0.12	9.3	7.9	0.19

ȘTIINȚE ALE NATURII ȘI EXACTE

Fizică și inginerie

Pc35-40 mW	1.11	0.11	8.2	8.3	0.21
Pc35-30 mW	1.08	0.09	9.1	10.5	0.22
Pc35-20 mW	1.09	0.08	9.4	10.7	0.19

Conform studiului bibliografic, rezistența serie este influențată de mobilitatea purtătorilor de sarcină electrică (μ_p) a lui ZnPc. La rândul său, R afectează factorul de umplere (FF) [2], iar mobilitatea lui ZnPc este afectată de diferite capcane, defecte sau alte bariere.

Așadar, performanța dispozitivelor prezentate în această lucrare este afectată, în primul rând, de R_s care, la rândul său, este determinată practic de mobilitatea purtătorilor de sarcină electrică, de limitarea regiunii de sarcină spațială, de morfologie interfațială rea între electrozi și stratul activ, de capcane, de dipoli moleculari și bariere mari.

Referințe:

1. SENTHILARASU, S., VELUMANI, S., SATHYAMOORTHY, R. et al. Characterization of zinc phthalocyanine (ZnPc) for photovoltaic applications. In: *App. Phys A*. 2003, 77, pp. 383-389.
2. ZOHOURIAN, Aboutorabi R., JOODAKI, M., SHAHBAZI, K. In-depth analysis of solvent effects on bulk heterojunction solar cell performance. In: *Organic Photonics*, 2014, VI 9137, pp. 913718.

Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului Programului de Stat 20.80009.5007.16