

CZU: 621.383.4-039.648

INFLUENȚA GROSIMII STRATULUI DE $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ASUPRA PARAMETRIILOR FOTOVOLTAICI AI HETEROJONCȚIUNII $\text{CdS}/\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

Victor SUMAN, Vladimir FEDOROV, Dumitru RUSNAC

Universitatea de Stat din Moldova

Heterojoncțiunile $\text{CdS}/\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ au fost obținute aplicând metoda de volum cvasiînchis. La studierea proprietăților electrice și fotoelectrice ale acestor structuri s-a constatat că fotosensibilitatea a crescut esențial datorită tratării termice în clorură de cadmiu, iar eficiența celei solare (CS) este de 10,29%. Aceasta se datorează micșorării recombinării purtătorilor de sarcină la suprafață și particularităților proprietăților electrice și fotoelectrice ale acestor structuri.

Cuvinte-cheie: heterojoncțiune, clorură de cadmiu, celulă solară, procedeu tehnologic.

INFLUENCE OF THE $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ THICKNESS ON PHOTOVOLTAIC PARAMETERS OF THE $\text{CdS}/\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ HETEROJUNCTION

Heterojunction $\text{CdS}/\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ has been obtained by quasi-closed volume method. Photosensitivity increases sharply due to the thermal treatment in the cadmium chloride analyzing electrical and photoelectrical properties of these structures. The solar cell efficiency is 10.29% and is caused by decreased recombination process and specific electrical and photoelectrical properties.

Keywords: heterojunction, cadmium chloride, solar cell, technological process.

Introducere

La proiectarea transformatoarelor în cascadă sunt necesare un set de celule solare din semiconductori cu diferite largimi ale benzii interzise ce se schimbă în domenii largi. În afară de aceasta, materialele ce intra în componența celulelor solare în cascadă trebuie să coincidă unul cu altul după parametrii rețelei cristaline și să aibă proprietăți care oferă posibilitatea de depunere sub formă de straturi epitaxiale care formează o singură structură. Satisfacerea acestor cerințe privind compusul ternar $\text{MnTe} - \text{CdTe}$ permite să se obțină compuși cu diferite largimi ale benzilor interzise – de la 1,5 eV până la 2,7 eV, în funcție de conținutul de x. Acest aliaj se cristalizează în structura învelișului de zinc, este stabil, absorbția radiației în el este însoțită de tranzații optice directe, procesul de fabricare este destul de simplu. În [1] se menționează că au fost primite unele noi structuri fototransformatoare bazate pe volumul de cristale omogene $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, ceea ce prezintă rezultatele cercetării fenomenelor fotoelectrice în aceste structuri, care deschid posibilitatea de a studia interacțiunea lor cu câmpuri magnetice externe.

I. Tehnologia de obținere a straturilor

În calitate de suport au fost utilizate plachete din sticlă cu suprafața de $2 \times 2 \text{ cm}^2$, pe care preventiv era depus un strat transparent (cu transparența $T=90\%$) și conductibil (cu rezistența $R=10^{\pm 50} \text{ Ohm}$). Drept sursă pentru evaporare au servit pulberile de CdS cu puritatea de 99,99%, iar cristalitele de $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ erau mărunțite uniform și calibrate cu ajutorul unor site speciale. Cristalitele de $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ au fost crescute prin metoda Bridjmen din material elementar de Cd cu puritatea 99,99%, Mn cu puritatea 99,99% și Te cu puritatea 99,99%. Componentul x era de circa 40%. Viteza de creștere a monocristalului constituia circa 0,1 mm/h. Straturile peliculare de CdS , $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ au fost obținute prin metoda volumului cvasiînchis. Temperatura suportului și a evaporatorului era monitorizată cu ajutorul termocoplului. Temperatura suportului era monitorizată la temperatura $400^\circ\text{C} \pm 420^\circ\text{C}$, iar temperatura sursei de evaporare varia între $520^\circ\text{C} \pm 530^\circ\text{C}$.

Concomitent au fost preparate și structuri de tipul $\text{ITO}/\text{CdS}/\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, care permit asamblarea celulelor fotovoltaice cu srat fereastră pentru a modifica gradul de utilizare a spectrului luminii incidente pe suprafața structurii. Stratul $n\text{CdS}$ a fost preparat prin metoda volumului cvasiînchis. Gradientul de temperatură între sursa CdS și substrat constituie $100 \pm 110^\circ\text{C}$. Autodoparea straturilor CdS în procesul creșterii prin difuzia In din substratul de ITO , substituind Cd în rețeaua cristalină a CdS , determină rezistența mică a acestor straturi. Microfotografiile stratului de $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ sunt prezentate în Figura 1 a) și b).

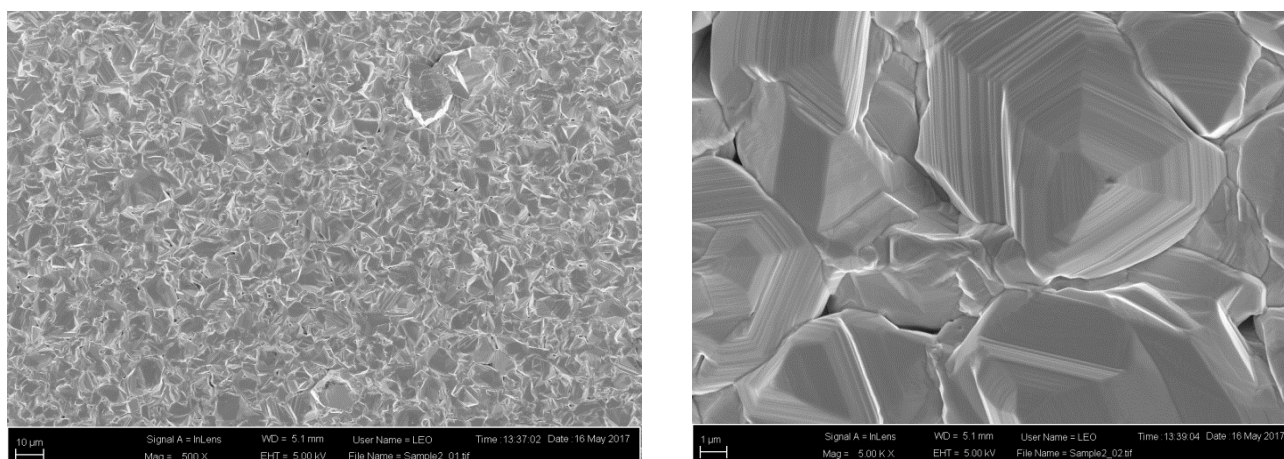


Fig.1 a). Microfotografia stratului de $Cd_{1-x}Mn_xTe$ până la tartare.

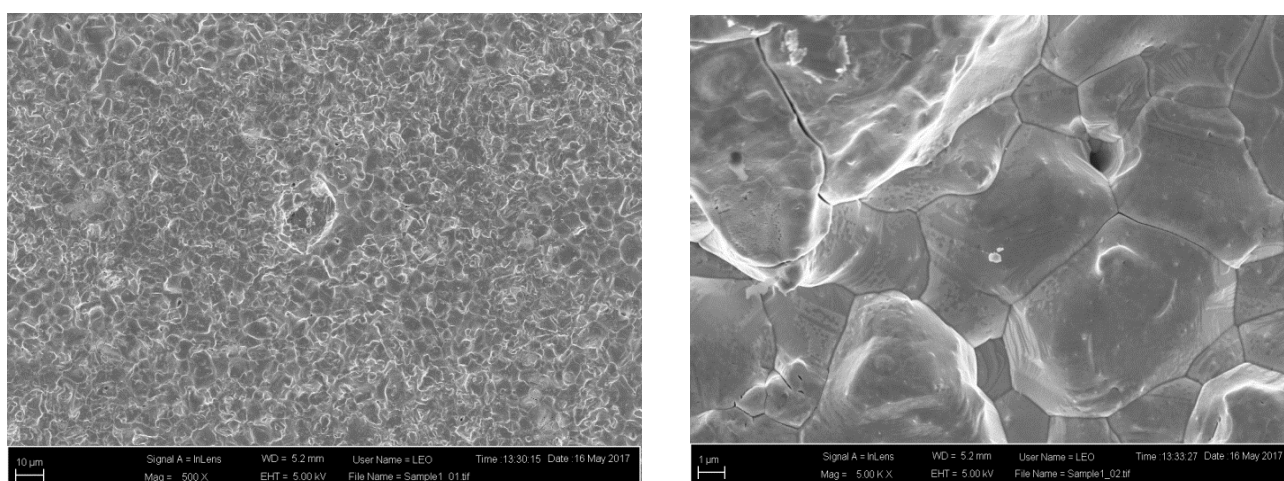


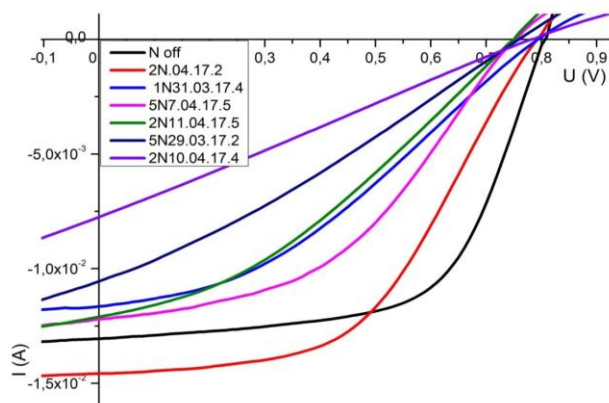
Fig.1 b). Microfotografia stratului de $Cd_{1-x}Mn_xTe$ după tartare.

Măsurătorile au fost efectuate la microscopul electronic cu scanare de tipul „L.E.O”. S-a observat că straturile crescute prin metoda volumului cvasiînchis erau omogene după suprafață și după grosimea stratului, cu o textură bine pronunțată. Cristalitele cu o formă hexagonală aveau în diametru până la $10 \mu m$. Tratarea ulterioară a stratului de $Cd_{1-x}Mn_xTe$ în soluție de $CdCl_2$ timp de 12 ore, urmată de tratarea termică la presiunea atmosferică și la temperatura de $420^\circ C$, a scos în evidență o restructurare a împachetării cristalitelor după o formă geometrică bine pronunțată. Presupunem că tratarea în soluția de $CdCl_2$ îmbunătățește esențial atât structura straturilor obținute, cât și parametrii fotoelectrici ai heterojoncțiunilor preparate.

II. Rezultate și interpretare

În Figura 2 sunt prezentate caracteristicile de sarcină ale heterojoncțiunilor ITO/CdS/ $Cd_{1-x}Mn_xTe$ /Ni. Caracteristicile au fost cercetate la temperatura camerei și la puterea luminii incidente de $100 mW/cm^2$. Se observă o îmbunătățire esențială a caracteristicii de sarcină în cazul structurilor cu grosimea de până la $25 \mu m$, unde tensiunile de circuit deschis (U_{CD}) $0,81V$, densitatea curentului de scurtcircuit (I_{SC}) $18,64 mA/cm^2$, coeficientul de umplere (FF) $61,63\%$ și randamentul (η) $10,29\%$.

Majoritatea parametrilor fotovoltaici, specificați în Tabelul 1, sunt determinați de faptul că CdS cu grosimea de cca $2 \mu m$ are rolul de fereastră optică și conduce la diminuarea vitezei de recombinare la suprafața structurii. Aceasta se datorează faptului că lărgimea benzii interzise a compusului CdS ($2,42 eV$) a $Cd_{1-x}Mn_xTe$ ($1,48 eV$) asigură apariția câmpului electric, care se opune deplasării purtătorilor de sarcină minoritari spre suprafață și, respectiv, micșorează procesul de recombinare a lor.

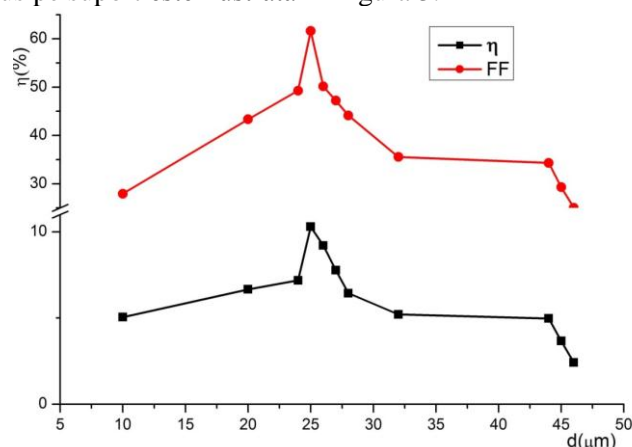
Fig.2. Caracteristica I—U a HJ/CdS/Cd_xMn_{1-x}Te/Ni.

Tabel

Parametrii fotoelectrici ai HJ/CdS/Cd_xMn_{1-x}Te la 300K și 100 mW/cm²

Pmax, mW	Ucd, V	Isc, mA	FF%	η	d, μm
3,20	0,753	15,23	27,93	5,04	10
4,23	0,716	13,63	43,34	6,66	20
4,56	0,736	18,62	33,27	7,18	24
6,54	0,81	13,1	61,63	10,29	25
5,84	0,8	14,57	50,15	9,20	26
4,93	0,769	13,59	47,22	7,77	27
4,08	0,76	12,18	44,14	6,43	28
3,30	0,8	11,62	35,55	5,20	32
3,15	0,76	12,1	34,31	4,97	44
2,32	0,76	10,46	29,28	3,66	45
1,53	0,79	7,75	25,03	2,41	46

Factorul de idealitate A a fost determinat din dependența exponențială a curentului de tensiune la întuneric $I=I_0\exp(eU/kT)$, în care I_0 – curentul de saturație, U – tensiunea aplicată la bornele heterojuncțiunii, T – temperatura, k – constanta Boltzmann, constituie $1,8 \div 2,2$. Acest fapt indică la mecanismul generare-recombinare de trecere a curentului prin heterojuncțiune. Valoarea densității curentului de saturație la întuneric, determinată din aceeași caracteristică, nu depășește $(5 \div 8) \cdot 10^{-9} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$, ceea ce demonstrează că interfața heterojuncțiunii cu strat frontal de CdS este perfectă. Dependența randamentului și a factorului de umplere față de grosimea stratului de Cd_xMn_{1-x}Te deșus pe suport este ilustrată în Figura 3.

Fig.3. Dependența FF și a randamentului față de grosimea stratului de Cd_{1-x}Mn_xTe.

Din Figura 3 observăm că începând cu grosimile de $8\pm 10\ \mu\text{m}$ parametrii fotovoltaici ai heterojoncțiunilor studiate cresc monoton până aproximativ la grosimile de $25\ \mu\text{m}$. Pentru grosimi mai mari ca $25\ \mu\text{m}$ parametrii fotovoltaici se diminuează lent, iar începând cu grosimi mai mari ca $40\ \mu\text{m}$ se micșorează brusc. Probabil, în procesul tratării termice a stratului de $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ în prezența CdCl_2 ultimul nu difundează pe întreg volumul semiconductorului, ceea ce înrăutățește și parametrii fotoelectrici.

În Figura 4 este reprezentată dependența spectrală a fotosensibilității straturilor ITO/CdS/ $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ /Ni obținute. Fotosensibilitatea heterojoncțiunii ITO/CdS/ $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ /Ni cuprinde intervalul lungimilor de undă $510\pm 850\ \text{nm}$, cu fotosensibilitatea maximă în intervalul lungimilor de undă $700\pm 820\ \text{nm}$.

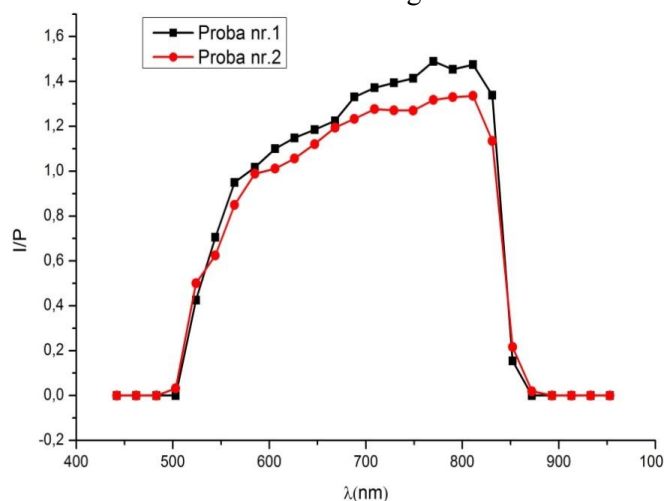


Fig.4. Dependența spectrală a fotosensibilității structurilor ITO/CdS/ $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$ /Ni.

Concluzii

Au fost confecționate și cercetate proprietățile electrice și fotoelectrice ale heterojoncțiunilor ITO/CdS/ $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$ /Ni. S-a constatat că tratarea stratului de $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$ în soluție de CdCl_2 îmbunătățește simțitor structura cristalină a peliculei de $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$, precum și fotosensibilitatea structurii.

În toate heterojoncțiunile studiate U_{CD} și I_{SC} depind de grosimea stratului depus și se schimbă după o curbă cu maximum. Grosimile ce corespund maximumului conductibilității coincide cu maximumul randamentului celulelor fotovoltaice obținute.

Eficiența CS din $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$ cu strat frontal de nCdS poate fi majorată prin optimizarea parametrilor heterojoncțiunilor obținute.

Referințe:

1. ИЛЬЧУК, Г.А. и др. Фоточувствительность поверхностно-барьерных и точечных структур на монокристаллах $\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Te}$. В: *ЖТФ*, 2008, т.78, №6, с.49-53.
2. MORALES ACEVEDO, A. In: *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 2006, no 90, p.2213.
3. GAȘIN, P., GAUGAȘ, P., FOCȘA, A. *Fizica dispozitivelor semiconductoare*. Chișinău: Tipografia Centrală, 1998. 367 p.

Prezentat la 21.06.2017