

CZU: 535.37

CERCETAREA CARACTERISTICII CURENT-TENSIUNE PENTRU STRUCTURILE DE TIP SANDWICH In – ZnSe – In

Mihail Popa, I.sup.dr.

(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)

Gheorghe Ioan Rusu, prof.dr.

(Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România)

În această lucrare se studiază caracteristica curent-tensiune pentru structurile de tip sandwich In-ZnSe-In. Valorile găsite pentru înălțimea barierei de potențial concordă bine cu cele găsite pentru cristalele de ZnSe. Aceasta se poate explica prin faptul că în cadrul sistemelor sandwich contactul dintre cristalite poate influența mai puțin mecanismul conducției electrice.

Introducere

Dezvoltarea optoelectronicii necesită crearea unor surse semiconductoare de lumină și fotoreceptori pentru domeniul vizibil al spectrului. Cele mai avansate materiale în acest scop sunt compușii semiconductori de tip $A^{II}B^{VI}$: ZnS, ZnSe, ZnTe, CdSe și CdTe. Caracteristicile curent – tensiune ale unor sisteme de tip sandwich metal – semiconductor – metal pot oferi informații importante referitoare la structura benzilor energetice și înălțimea barierei de potențial de la interfața metal-semiconductor.

Lucrarea respectivă își propune scopul de a prezenta unele rezultate privind caracteristicile curent-tensiune pentru structurile de tip In – ZnSe – In.

Metodica experimentală

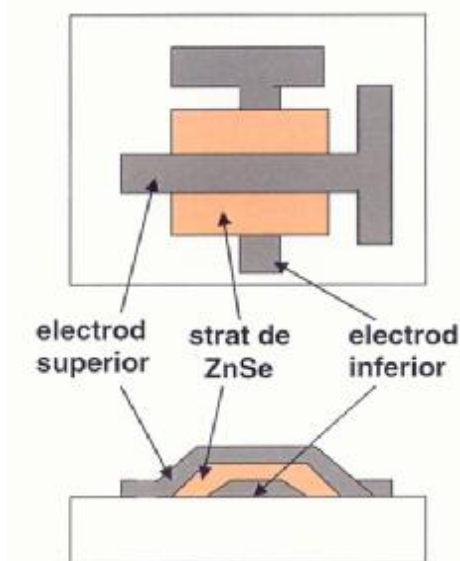


Fig. 1. Celulă de tip sandwich

Pentru studiul caracteristicilor curent-tensiune s-a folosit un dispozitiv cu două sonde care contactează celulele de tip sandwich [7].

Pentru confecționarea celulelor sandwich s-a folosit metoda evaporării termice în vid, utilizând instalația UVN – 70A – 1. La început, pe suportul de sticlă, s-a depus primul electrod de In, peste care s-a depus stratul subțire de ZnSe, iar peste acesta – celălalt electrod metalic de In (Fig. 1).

Anterior depunerii, pentru îndepărtarea impurităților, suporturile se introduceau în amestec cromatic unde se mențineau un timp îndelungat (peste 24h). După aceea, se

scoteau și se clăteau cu apă distilată de câteva ori. Pentru îndepărtarea urmelor de săruri, suporturile se clăteau apoi și în alcool etilic (98%) și se puneau la uscat.

Ridicarea caracteristicilor curent – tensiune s-a făcut cu ajutorul unui electrometru tip KEYTHLEY 6517A.

Rezultate experimentale

În figura 2 este prezentată caracteristica curent-tensiune pentru sistemul de tip In – ZnSe – In. Analizând aspectul acesteia putem distinge două porțiuni distincte:

- prima porțiune, care este caracterizată printr-o dependență liniară a intensității curentului în funcție de tensiunea aplicată și care respectă legea lui Ohm;

- a doua porțiune, care prezintă o creștere aproape exponențială a intensității curentului cu tensiunea aplicată.

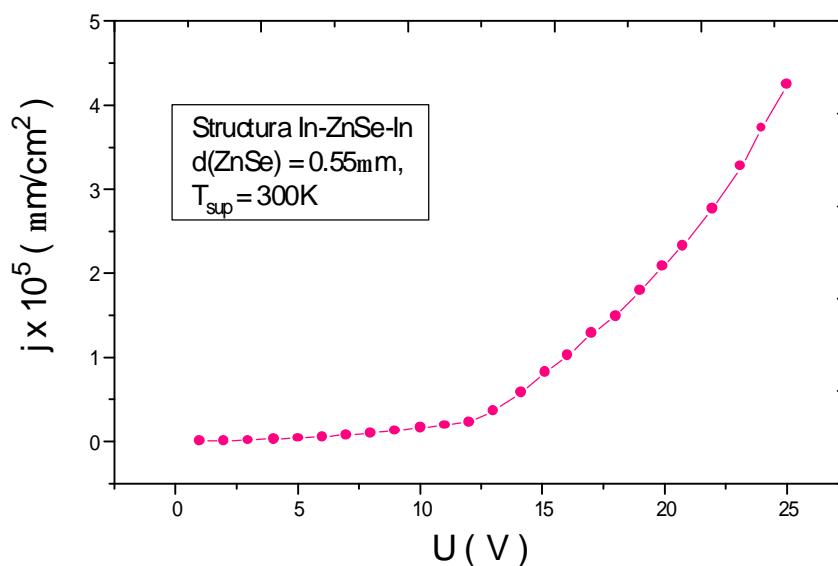


Fig.2. Caracteristica curent-tensiune pentru structura de tip In-ZnSe-In

Mecanismul de conducție electrică limitat de sarcina spațială este caracteristic straturilor subțiri obținute din materiale cu bandă interzisă largă. În acest tip de mecanism conductivitatea electrică depinde de dimensiunile eșantionului. Astfel, dacă d este distanța dintre electrozii plan paraleli, între care se găsește eșantionul, densitatea de curent este dată de legea pătratică Mott-Gurney [1-6]:

$$J = \frac{9}{8} \frac{\mu \varepsilon_0 \varepsilon_r}{d^3} \frac{N_c}{N_t} \left[\exp\left(-\frac{E_t}{k_B T}\right) \right] U^2 \quad (1)$$

unde m este mobilitatea purtătorilor de sarcină, ε_0 este permitivitatea electrică a vidului, ε_r este permitivitatea relativă a semiconductorului, N_c este densitatea de stări din banda de conducție, N_t este concentrația capcanelor a căror nivel energetic este situat în banda interzisă la energia E_t față de marginea inferioară a benzii de conducție, iar U este tensiunea aplicată.

Impuritățile, dislocațiile, precum și alte tipuri de defecte structurale dintr-un eșantion pot constitui capcane pentru purtătorii de sarcină din semiconductor. În cazul când capcanele nu sunt monoenergetice ci prezintă o distribuție energetică exponențială în banda interzisă de forma

$$N(E) = N_0 \exp\left(-\frac{E}{k_B T_t}\right), \quad (2)$$

densitatea de curent va fi dată de relația [3, 4]

$$J = e\mu N_c \left(\frac{\varepsilon}{eN_0 k_B T_t}\right)^L \left(\frac{V}{d}\right)^{L+1}, \quad (3)$$

unde $L = T_t/T$, T_t fiind o temperatură caracteristică care poate fi determinată experimental [3, 4].

În cazul în care mecanismul de conducție este de tip Richardson-Schottky, densitatea de curent se exprimă prin relația [1, 2]

$$J_{RS} = AT^2 \left[\exp\left(-\frac{\Phi_0}{k_B T}\right) \right] \exp\left[\frac{1}{k_B T} \left(\frac{e^3 U}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r d} \right)^{1/2} \right], \quad (4)$$

unde A este constanta "efectivă" Richardson-Dushman

$$A = \frac{4\pi m_e e k_B^2}{h^3}, \quad (5)$$

iar Φ_0 este înălțimea barierii de potențial de la interfața metal-semiconductor și m_e – masa efectivă a purtătorilor de sarcină.

Logaritmăm expresia (4) și obținem

$$\ln J_{RS} = \ln(AT)^2 - \left(\frac{\Phi_0}{k_B T}\right) + \left[\frac{1}{k_B T} \left(\frac{e^3 U}{4\pi e_r \varepsilon_0 d} \right)^{1/2} \right]. \quad (6)$$

Pentru eșantioanele cercetate de noi caracteristicile curent-tensiune au fost reprezentate în coordonate Schottky ($\ln J$, $U^{1/2}$) și ele s-au dovedit a fi liniare. Prin extrapolarea porțiunii liniare a unei curbe $\ln J = f(U^{1/2})$ (Fig. 3) pentru $\sqrt{U} \rightarrow 0$ se poate determina înălțimea barierii de potențial de la interfața metal-semiconductor

$$\Phi_0 = k_B T \left[\ln(AT)^2 - \ln J_{RS} \right]. \quad (7)$$

În tabel sunt indicate unele valori ale lui Φ_0 , calculate pentru mai multe eșantioane de tip In – ZnSe – In.

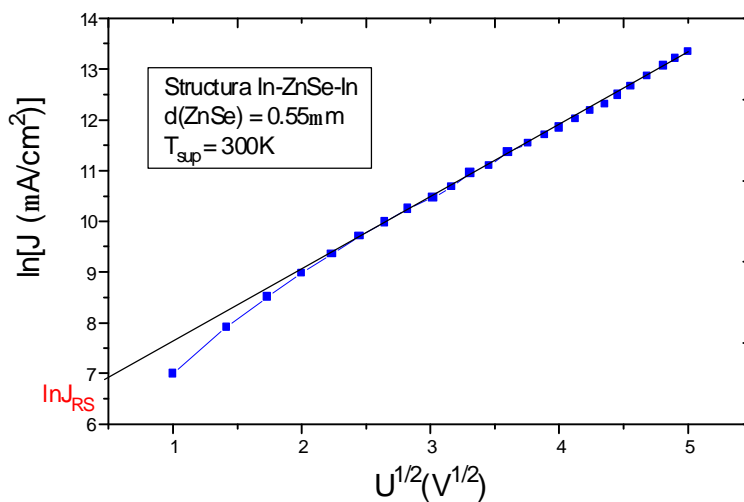


Fig. 3. Dependența $\ln J = f(U^{1/2})$ pentru sistemul de tip sandwich In – ZnSe – In

Valorile înălțimii barierei de potențialului pentru sistemul In – ZnSe – In

Proba	d (μm)	$\ln J_{RS}$ (μA/cm ²)	Φ_0 (eV)
SD.055	0.55	6.20	0.679
SD.062	0.62	7.50	0.679
SD.077	0.77	8.75	0.678
SD.084	0.84	9.10	0.678
SD.099	0.95	9.30	0.678

Valorile găsite pentru Φ_0 concordă bine cu cele găsite pentru cristalele de ZnSe [1, 2]. Aceasta se poate explica prin faptul că în cadrul sistemelor sandwich contactul dintre cristalite poate influența mai puțin mecanismul conducției electrice.

Concluzii

1. Au fost confecționate celule de tip sandwich In – ZnSe – In. Ridicarea caracteristicilor curent – tensiune s-a făcut cu ajutorul unui electrometru tip KEYTHLEY 6517A.

2. Au fost reprezentate caracteristicile curent-tensiune în coordonate Schottky $\ln J = f(U^{1/2})$ și s-a determinat înălțimea barierii de potențial (Φ_0) de la interfața metal-semiconductor. Valorile găsite pentru Φ_0 concordă bine cu cele găsite pentru cristalele de ZnSe.

Bibliografie

1. Moss, T.S., Landsberg, P.T., (Eds), *Handbook on Semiconductors, Basic Properties of Semiconductors*, Amsterdam-New York-London-Tokio, North-Holland, 1992, 504 p.
2. Rusu, G.I., *Appl.Surf.Sci.*, nr.65/66, 1993, 381p.
3. Lampert, M.A., Mark P., *Current Injections in Solids*, Academic Press, New York, 1970.
4. Gould, R.D., *J.Appl.Phys.*, 53(4) (1982) 3353.
5. Dascălu D., *Electronic processes in unipolar solid-state devices*, Ed.Academiei, București, Abacus Press, Tunbridge, Kent, 1977.
6. Lica, I., Ruxandra, V., Secăreanu, I., *Analele Universității București, Fizica*, v. XXVI, 1977, 53p..
7. Popa, M. E., *Contribuții la studiul proprietăților electrice și optice ale unor compuși semiconductori binari în straturi subțiri*: Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea "Al. I. Cuza", Iași, 2003, 56p.

CZU: 535.37

THE RESEARCH ON CURRENT-TENSION CHARACTERISTIC FOR SANDWICH In – ZnSe – In STRUCTURES

Mihail Popa, Senior lecturer, PhD
(“Alec Russo” Balti State University, Moldova)
Gheorghe Ioan Rusu, Professor, PhD
(„Al. I. Cuza” University of Iasi, Romania)

This research studies the current – tension characteristic for sandwich In – ZnSe – In structures. The dimensions defined for the height of potential barrier fully correspond to those discovered for ZnSe crystals. It might be explained the contact between crystals may less influence the mechanism of electrical conduction.

Prezentat la redacție la 20.08.09