

Mecanismul de transport al curentului și luminescența structurilor Pd-ZnSe

Roman SCURTU, Petru GAȘIN, Andrei COVALI
 Universitatea de Stat din Moldova
 scurtu-r@mail.ru

Au fost analizate proprietățile electrice și de luminescență ale structurilor Schottky ZnSe-Pd obținute pe baza monocristalelor de ZnSe cu rezistivitatea de $0.78 \Omega \cdot \text{cm}$ și concentrația electronilor $1.82 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. S-a determinat mecanismul de transport al purtătorilor de sarcină prin structură. La polarizări directe curentul depinde exponențial de tensiunea aplicată și este determinat de emisia electronilor. La polarizări inverse dependența curentului de tensiune este descrisă de o funcție de putere, cu factorul $m=3 \div 6$. Cu mărirea temperaturii curentul invers crește exponențial, ceea ce indică faptul că în mecanismul de transport predomină procesele de tunelare. La polarizări directe și temperaturi $\sim 80 \text{ K}$ structurile Pd-ZnSe iradiază lumină în regiunea albastră a spectrului cu maximum de luminescență la 2.7 eV .

Contact Schottky, ZnSe, Pd, mecanismul de transport al curentului, electroluminescența.

În ultimii ani se acordă atenție deosebită structurilor de tip contact Schottky pe bază de semiconductori cu banda interzisă largă, ceea ce permite confecționarea surselor de lumină și a dispozitivelor fotodectoare ce lucrează în regiunea albastră-violetă a spectrului, care au o întrebuințare largă în ecologie, biotehnologie, medicină. Selenura de zinc cu banda interzisă de 2.69 eV (300 K) este unul din cele mai de perspectivă materiale printre compușii $A^{\text{II}}B^{\text{IV}}$.

Structurile metal-semiconductor au fost obținute utilizând monocristale de ZnSe în formă de plăcuțe cu grosimea de 2 mm și $S=10.4 \text{ mm}^2$, tratate în Zn, cu adaos de $0.1\% \text{ Al}$ la temperatura de $960 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 100 ore . La 300 K rezistivitatea are valoarea de $0.78 \Omega \cdot \text{cm}$, iar concentrația electronilor $1.82 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Contactele ohmice din In s-au obținut prin tratare în aer la temperatura de $380 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de $30-60 \text{ s}$. În calitate de metal activ s-au folosit straturi subțiri de Pd, care are lucrul de ieșire de 5.12 eV [1]. Stratul de Pd semitransparent a fost obținut prin

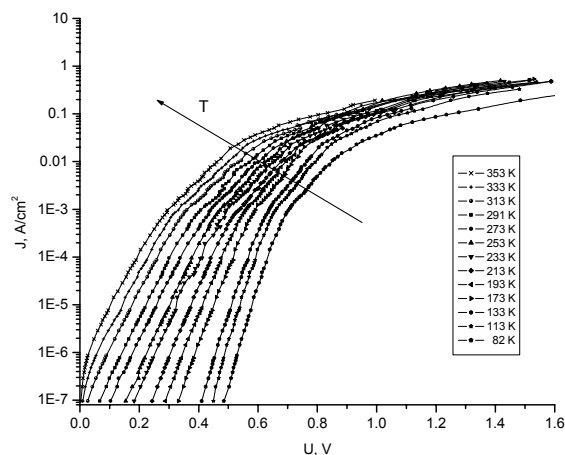


Figura 1 Dependențele $\ln I=f(U)$ la polarizare directă.

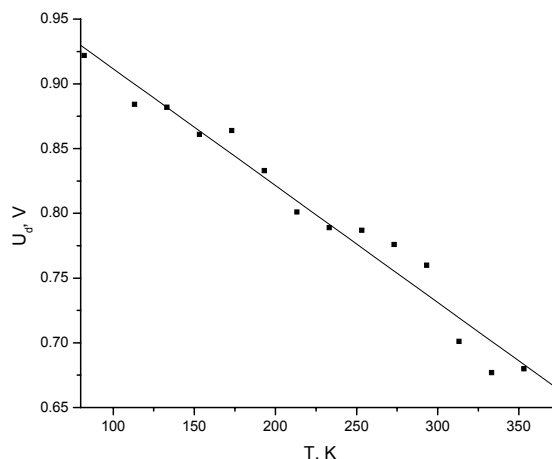


Figura 2 Potențialul de difuzie în funcție de temperatură.

evaporare termică în vid.

Cercetarea caracteristicilor curent-tensiune au arătat că curenții direcți depășesc curenții inversi de $(500-100) \cdot 10^3$ ori. Caracteristicile $\ln I=f(\ln U)$ la polarizare directă și la diferite temperaturi ($93 - 353 \text{ K}$) sunt arătate în fig.1, se observă că dependența curentului de tensiune este exponențială și poate fi descrisă de ecuația:

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{eU}{nkT}\right) - 1 \right) \quad (1)$$

$$\text{unde } I_s = SA^* \exp\left(-\frac{\Phi_0 - F}{kT}\right) \quad (2)$$

unde: S – suprafața activă a structurii, A^* – constanta lui Richardson egală cu $20.4 \text{ A cm}^{-2} \text{ K}^{-2}$, Φ_0 –înălțimea barierei de potențial.

Potențialul de difuzie variază între 0.92 V la 77 K și 0.68 V la 353 K cu coeficientul termic $\alpha=0.9 \cdot 10^{-3} \text{ V/K}$ (fig. 2).

Coeficientul de idealitate variază de la 2.97 la 77 K

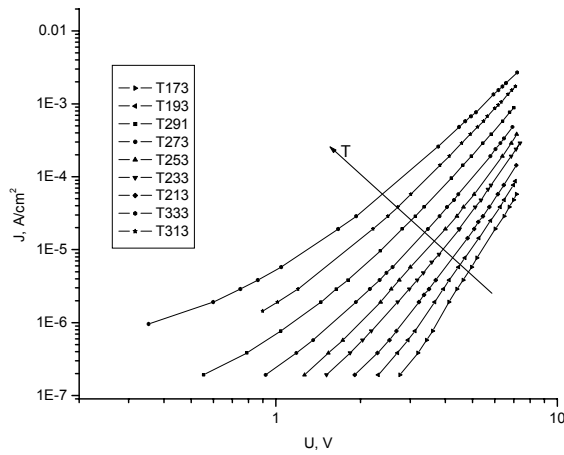


Figura 3 Caracteristicile $I=f(U)$ la polarizare inversă și în scară logaritmică.

pînă la 1.22 la 353 K. Extrapolînd curbele $I=f(U)$ aflăm curentul de saturație și conform relației (2) înălțimea barierei de potențial este de 0.46 eV. Construind graficul $\ln\left(\frac{I_S}{T^2}\right) = f\left(\frac{1000}{T}\right)$ am determinat energia de activare egală cu 0.45 eV.

Conform diagramei energetice bariera de potențial este egală cu $L_{Pd} - \chi - \Delta\Phi$ (L_{Pd} - lucrul de ieșire al Pd, χ - afinitatea pentru electroni în semiconductor, $\Delta\Phi$ - distanța de la nivelul Fermi pînă la banda de conducție) care ne dă o valoare de 0.87 eV. Diferența dintre valoare rezultatelor barierei de potențial prin diferite metode se poate explica prin existența unui strat de oxid de Zn la interfața dintre ZnSe și Pd care este de zeci de angstromi, care se formează în urma contactului cu aerul.

În figura 3 sunt prezentate curbele $I(U)$ la polarizare inversă în scară logaritmică. După cum se observă la tensiuni mai mari de 1 V ele sunt liniare, și pot fi approximate de legea $I \sim U^m$, unde m variază între 3 și 6 la variația temperaturii de la 333 K pînă la 173 K.

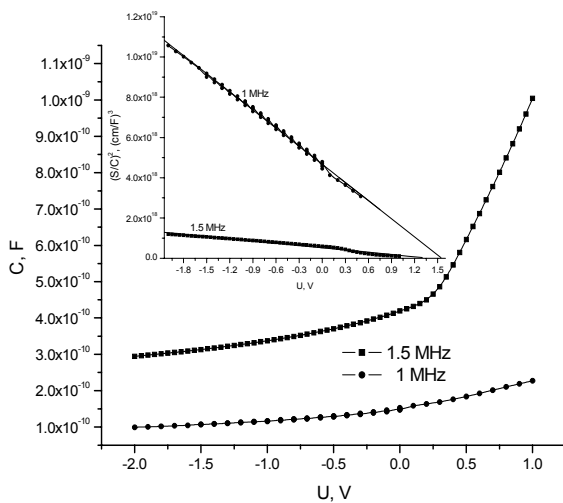


Figura 4 Caracteristicile $C=f(U)$ și $(C/S)^{-2} = f(U)$

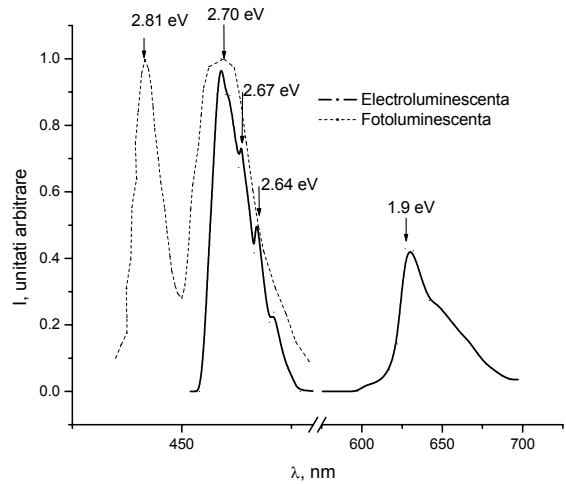


Figura 5 Luminescența și electroluminescența structurii.

Dependențele $I_{invers}=f(T)$ la tensiuni constante sunt drept liniare ce denotă faptul că $I \sim \exp(\alpha T)$. Trecerea curentului prin structură la polarizarea inversă ce depinde de tensiune ca funcție de putere și de temperatură ca funcție exponențială este specific pentru modelul ce are la bază procesele de tunelare a purtătorilor de sarcină prin structură.

Caracteristicile capacități tensiune la diferite frecvențe (1 MHz și 1.5 MHz) și la temperatura de 300K sunt prezentate în figura 4.

Aceste curbe pot fi descrise prin relația:

$$\frac{C}{S} = \left(\frac{qN_A \epsilon \epsilon_0}{2(U_C - U)} \right)^{1/2} \quad (3)$$

unde extrapolînd curba $\left(\frac{C}{S}\right)^{-2} = f(U)$ aflăm U_C care

este egal cu 1.57 V (la 1MHz) și 1.39 pentru a doua frecvență respectiv. Cunoscînd capacitățile și înălțimea barierei de potențial putem determina lărgimea stratului Schottky – 1.7 μm la 1.5 MHz

Electroluminescența structurii se observă la temperaturi joase (la 77 K) la tensiuni mai mari de 6V, la polarizare directă. Spectrul luminescenței structurii ZnSe-Pd fig.5 constă din două benzi – una cu maximumul la 2.7 eV și al doilea cu maximumul la 1.9 eV. Prima bandă e determinată de recombinarea electronilor prin intermediul pe centrelor acceptoare. Pragurile, prezente la energii mai mici de 2.7 eV și aparținînd acestei benzi sunt echidistante (0.03eV) și pot fi interpretate ca repetările fononice [4]. Banda de la 1.9 eV este determinată de defectele din rețeaua cristalină a ZnSe și de vacanțele de Zn sau Se din cristal [4]. În figura 4 este reprezentată și luminescența cristalului de ZnSe. După cum se observă de asemenea este alcătuit din două maxime – primul determinat de trecerea electronului din banda de valență în banda de conducție la 2.7 eV și al doilea este exciton cu maximumul 2.8 eV ($\Delta E = 0.01 eV$) care la temperatura camerei dispare.

REFERENCES

- [1] P. Gaşin, P. Gaugaş, Al. Focşa, Fizica dispozitivelor semiconductoare, Chişinău, 1998, 368 pag.
- [2] З.Д. Ковалюк, О.Н. Сидор, В.В. Нетяга, Механизмы токопереноса и фоточувствительность диодов Шоттки Zn/CuInSe₂, // ЖТФ – 2006 – V32, p.88-94.
- [3] Фотоэлектрические свойства гетеропереходов, Chişinău: Ştiinţa, 1980, 184 pag.
- [4] D. Nedeoglo, A.V. Simaşchevici, Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка, p104-107, Chişinău Lumina 1984.