

CZU: 538.37

**CERCETAREA TERMOLUMINISCENȚEI STRATURILOR SUBȚIRI DE ZnSe****Popa Mihail – dr., conf.**

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, R. Moldova

**Rusu Gheorghe Ioan –**

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

În lucrare sunt prezentate rezultatele cercetării termoluminiscenței straturilor subțiri policristaline de ZnSe. Dependența spectrală a termoluminiscenței este formată din două maxime, primul cel mai intens la  $T_{\max} = 153\text{K}$  și al doilea la  $T_{\max} = 216\text{K}$ . Valorile energiei de ionizare a nivelelor de captură,  $E_c$ , determinate din această dependență, sunt egale cu  $0.062\text{eV}$  și  $0.44\text{eV}$  de la marginea inferioară a benzii de conducție, iar nivelul de localizare a centrelor de recombinare – la  $0.66\text{eV}$  de la marginea superioară a benzii de valență.

**INTRODUCERE**

Termoluminiscenta aparține familiei de procese colective cunoscute sub termenul generic de fenomene stimulate termic. Aceste fenomene pot fi descrise prin două stadii fundamentale:

1. perturbarea sistemului din starea de echilibru într-o stare metastabilă;
2. relaxarea sistemului stimulat termic înapoi în starea de echilibru.

Faza 1 necesită absorbția de energie de către material pentru a-l perturba într-o stare de dezechilibru. În cazul termoluminiscenței, sursa externă de energie este radiația ionizantă sau ultravioletă. Obiectivul central al analizei termoluminiscenței este determinarea cantității de energie pe unitatea de masă care este înmagazinată de materialul termoluminescent în timpul procesului. Emisia luminoasă (IR sau UV) este rezultatul relaxării sarcinilor electrice de pe nivelele excitate și metastabile pe nivelul fundamental.

Lucrarea respectivă își propune scopul de a prezenta unele rezultate experimentale obținute la cercetarea termoluminiscenței straturilor subțiri policristaline de ZnSe.

**CONSIDERAȚII TEORETICE**

Luminiscență care apare în rezultatul încălzirii luminoforului excitat anterior se numește *termoluminiscență* sau *luminiscență stimulată termic*. Excitarea luminoforului se face la  $T < 77\text{K}$ , folosind diferite metode de excitare a centrelor de luminiscență (radiația ultravioletă, injecția purtătorilor de sarcină de

neechilibru, bombardarea cu electroni etc.). În procesul de excitare crește concentrația electronilor și a golurilor pe nivelele locale (capcane, nivele de recombinare) din banda interzisă. La întreruperea excitării se înregistrează o completare a nivelelor locale și la încălzirea semiconductorului electronii oscilează termic. La o anumită temperatură are loc eliberarea “termică” a electronilor din capcane care ajung în banda de conducție. După un anumit timp electronii liberi sau se vor recombină pe nivelele de recombinare sau vor fi captați din nou de capcane. Ambele procese sunt însoțite de emisia unei radiații luminescente, numită termoluminiscență.

Vom considera două cazuri limită de captură a purtătorilor de sarcină de neechilibru:

- a) dacă probabilitatea captării secundare a purtătorilor de sarcină pe centrele de captură este mult mai mică decât probabilitatea de recombinare pe centrele de luminiscență, atunci avem *cinetică liniară* a termoluminiscenței. Analitic această afirmație se scrie sub forma [1]:

$$\gamma_c N_c \ll \gamma P_r, \quad (1)$$

unde  $\gamma_c$  reprezintă coeficientul de captură a electronilor pe centrele de captură,  $\gamma$  reprezintă coeficientul de recombinare,  $N_c$  este concentrația centrelor de captură, iar  $P_r$  – concentrația golurilor pe centrele de recombinare

- b) dacă probabilitatea captării secundare a purtătorilor de sarcină pe centre de captură este mult mai mare decât probabilitatea recombinării lor pe centrele de luminiscență,

atunci avem *cinetică pătratică* a termoluminiscenței [1]:

$$\gamma_c N_c \gg \gamma P_r. \quad (2)$$

Spectrul termoluminiscenței reprezintă dependența sensibilității spectrale relative a intensității luminescente de temperatura probei ( $\Sigma_{TL} = f(T)$ ). Intensitatea radiației termoluminescente crește odată cu creșterea temperaturii probei, trece printr-un maxim și apoi scade odată cu creșterea ulterioară a temperaturii.

În cazul *cineticii liniare* a termoluminiscenței, lărgimea porțiunii temperaturilor joase (unde  $\Sigma_{TL}$  crește odată cu creșterea lui  $T$ ) este mai mare decât lărgimea porțiunii temperaturilor înalte (unde  $\Sigma_{TL}$  scade odată cu creșterea lui  $T$ ), iar în cazul *cineticii pătratice* – invers [1].

Parametrii termoluminiscenței sunt [1-3]:

a) temperatura, la care intensitatea termoluminiscenței este maximă ( $T_M$ );

b) semilărgimea benzii de termoluminiscență ( $\delta$ ), egală cu diferența  $T_2 - T_1$ , pentru care intensitatea termoluminiscenței este egală cu jumătate din valoarea maximă;

c) aria suprafeței ( $S$ ) limitată de curba  $J_{TL} = f(T)$  și axa de temperaturi.

Cercetătorii Antonov-Romanskii, Korneva, Vaksman și Serdiuk [1-3] au obținut o formulă pentru calculul energiei de ionizare  $E_t$  a nivelelor de captură (capcanelor) din banda interzisă, folosind parametrii enumerați mai sus. Deosebim două cazuri:

a) cazul *cineticii liniare*

$$E_t = \frac{2k_B T_{max}}{\delta}, \quad (3)$$

b) cazul *cineticii pătratice*

$$E_t = \frac{4k_B T_{max}}{\delta}, \quad (4)$$

unde  $k_B = 8.6172 \times 10^{-5}$  (eV/K) reprezintă constanta Boltzmann.

## DETALII EXPERIMENTALE

Prepararea straturilor subțiri de ZnSe s-a efectuat pe suporturi de sticlă, prin metoda evaporării termice în vid în volum limitat [4].

Morfologia suprafeței și structura eșantioanelor a fost studiată prin difracție de radiații X, microscopie electronică de baleaj (SEM) și microscopie de forță atomică (AFM).

Cercetările au demonstrat că straturile sunt policristaline și cristalizează în formă de blendă de zinc [5, 6].

Microscopul interferențial MII-4 (tip Linnik) a fost folosit pentru măsurarea grosimii  $d$  a straturilor subțiri, care a avut valori cuprinse între  $0,10\mu\text{m}$  și  $1,30\mu\text{m}$ .

Excitarea luminoforului sa efectuat la temperaturi mai mici de 77K, folosind metoda de excitare a centrelor de luminescență prin radiația ultravioletă [7].

## ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

În fig. 1 este reprezentată dependența spectrală a termoluminiscenței unui strat subțire de ZnSe. Curba are două maxime: primul, cel mai intens apare la  $T_{max} = 153\text{K}$ , iar al doilea la  $T_{max} = 216\text{K}$ . Se observă, că pentru primul maxim porțiunea temperaturilor joase este mai mare decât porțiunea temperaturilor înalte (cinetică liniară), iar pentru al II-lea maxim porțiunea temperaturilor joase este mai mică decât porțiunea temperaturilor înalte (cinetică pătratică). Valorile lui  $E_t$ , calculate folosind relațiile (3) și (4), sunt egale cu 0.062eV (pentru primul maxim) și respectiv cu 0.44eV (pentru maximul doi).

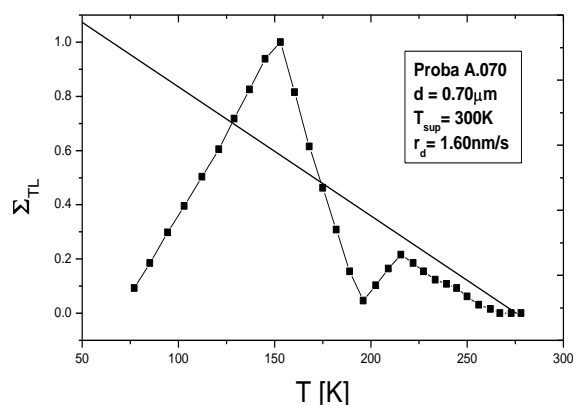


Fig. 1. Dependența spectrală a termoluminiscenței unui strat subțire de ZnSe ( $\lambda_{ex} = 0.337\mu\text{m}$ ,  $T = 77\text{K}$ ,  $\nu = 25\text{Hz}$ ).

Dependența spectrală a fotoluminiscenței straturilor subțiri de ZnSe prezintă o curbă cu un maxim localizat la aproximativ 2.01eV [7]. Diferența dintre lărgimea benzii interzise ( $E_g = 2.67\text{eV}$ ) și energia acestui maxim ne indică un nivel de localizare al centrelor de recombinare.

Pe baza dependenței spectrale a fotoluminescenței [7] și a termoluminescenței (fig. 1) poate fi propus un model de localizare energetică a centrelor de recombinare și a nivelelor de captură (fig. 2) în banda interzisă a straturilor subțiri de ZnSe. Nivelele de captură sunt așezate la 0.062eV ( $E_{t1}$ ) și 0.44eV ( $E_{t2}$ ) de la marginea inferioară a benzii de conducție, iar nivelul de localizare a centrelor de recombinare – la 0.66eV ( $E_r$ ) de la marginea superioară a benzii de valență.

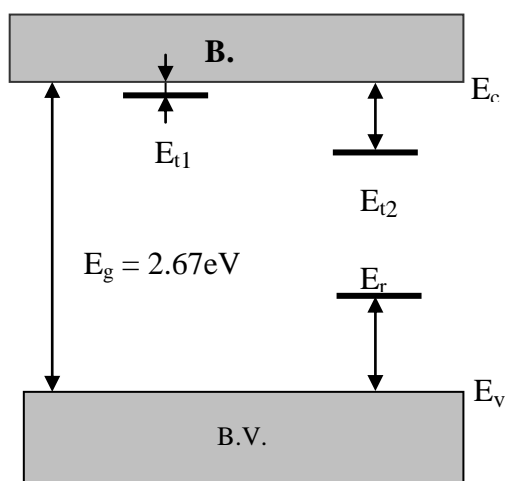


Fig. 2. Nivelele de captură și nivelul de localizare a centrelor de recombinare ale straturilor subțiri de ZnSe.

## CONCLUZII

Rezultatele cercetării spectrelor de absorbție ale straturilor subțiri de ZnSe sunt destul de importante deoarece oferă informații ce ar permite utilizarea acestora în detectoarele de radiații, bolometre, baterii solare și alte

numeroase și variate dispozitive optoelectronice mult solicitate în industrie și tehnică.

## BIBLIOGRAFIE

1. Сердюк, В.В.; Ваксман, Ю.Ф. Люминесценция полупроводников, Киев-Одесса, Изд-во "Высшая школа", 1988.
2. Антонов-Романов, В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллов, Москва, Наука, 1986.
3. KRASNOV, A.N.; PURTOV, YU.N.; VAKSMAN, YU.F.; SERDYUK, V.V. ZnSe Blue-Light- Emitting Diode. // J. Cryst. Growth.-1992-V.125, №1/2. - P. 373- 374.
4. POPA, M.; RUSU, G.I. Obținerea straturilor subțiri de ZnSe prin metoda evaporării termice în vid // Fizică și Tehnică: procese, modele, experimente, Bălți – 2006 (1) – p.30-37.
5. POPA, M.; RUSU, G.I. Influența tratamentului termic asupra morfologiei suprafeței straturilor subțiri policristaline // Fizică și Tehnică: procese, modele, experimente, Bălți – 2006 (1) – p.26-30.
6. POPA, M.E.; RUSU, G.I. Structural characteristics and optical properties of zinc selenide thin films, Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, Vol. 5, No. 8, August 2011, p. 842-845.
7. POPA, M.; RUSU, G.I. Fotoluminescența straturilor subțiri de ZnSe, Fizică și Tehnică: procese, modele, experimente, 1/2007, p. 24-29.

CZU: 538.37

## THE RESEARCH OF THERMOLUMINESCENCE OF ZnSe THIN FILMS

**Popa Mihail – dr., conf.**

(Alec Russo Balti State University, Republic of Moldova)

**Rusu Gheorghe Ioan –**

(Al. I. Cuza University of Iassy, Romania)

This paper presents the results of thermoluminescence of polycrystalline thin films of ZnSe. The spectral dependence of the thermoluminescence consists of two maximals, the first is most intense at  $T_{\max} = 153\text{K}$  and the second at  $T_{\max} = 216\text{K}$ . The values of ionization energy of the capture levels  $E_t$ , determined from this dependence, are equal to 0.062eV and 0.44eV from the bottom of the conduction band but the level of location of recombination centers – at 0.66eV from the top of valence band.

Prezentat la redacție la 09.06.2011