

## SPECTRELE DE ABSORBȚIE ALE 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 această lucrare se prezintă determinarea spectrelor de absorbție ale straturilor subțiri de ZnSe din spectrele de transmisie. Coeficientul de absorbție în domeniul energiilor mici ale fotonilor prezintă o valoare mică, care poate fi atribuită absorbției luminii la limitele dintre cristalite.

Valoarea mai mare a coeficientului de absorbție  $\alpha$  în domeniul de energii mari ale fotonilor se poate datora defectelor de structură, care acționând asemănător impurităților, determină apariția unor nivele localizate în banda interzisă, de pe care au loc tranziții electronice ca urmare a absorbției radiației incidente.

### INTRODUCERE

Absorbția radiației electromagnetice are ca rezultat descreșterea fluxului de fotoni cu distanța în interiorul semiconductorului. Ca rezultat al absorbției electronii pot efectua tranziții pe nivele energetice superioare neocupate. În funcție de tipul acestor tranziții absorbția poate fi de mai multe tipuri [1-4]:

a) *Absorbția intrinsecă (fundamentală)* reprezintă acel tip de absorbție în care fotonul are o energie suficientă pentru a trece un electron din banda de valență în banda de conducție. Domeniul spectral în care are loc această creștere a coeficientului de absorbție se numește marginea benzii de absorbție fundamentală. Din studiul spectrelor de absorbție în acest domeniu spectral se poate determina lărgimea benzii interzise ( $E_g$ ) și stabili natura tranzițiilor electronice între cele două benzi energetice.

b) *Absorbția extrinsecă* apare în semiconductorii cu impurități. În acest caz, fotonii de energie inferioară pragului absorbției intrinseci sunt capabili să excite electronii de pe nivelele de impurități în banda de conducție (în cazul impurităților donoare) sau din banda de valență pe nivelele de impurități (în cazul impurităților acceptoare). În cazul în care în cristal există atât impurități donoare cât și impurități acceptoare, este posibilă absorbția fotonului și ca urmare electronul este determinat să treacă de pe o stare acceptoare pe o stare donoare.

c) *Absorbția pe purtătorii de sarcină liberi* se manifestă atunci când sub acțiunea radiațiilor electromagnetice cu lungime de undă corespunzătoare, electronii benzii de conducție și cei din banda de valență, pot să efectueze tranziții în interiorul aceleiași benzi, de pe un nivel pe altul, dacă banda respectivă nu a fost ocupată în întregime. De aceea, aceasta se mai numește și *absorbție intrabandă*. În cele mai multe cazuri coeficientul de absorbție este proporțional cu pătratul lungimii de undă. Domeniul de sensibilitate în cazul absorbției intrabandă este infraroșu îndepărtat.

d) *Absorbția excitonică* are loc atunci când sub acțiunea radiațiilor electromagnetice se formează perechi legate electron-gol numite *excitoni*. Spectrul de absorbție excitonică este format dintr-o serie de linii spectrale situate înaintea marginii de absorbție fundamentală.

e) *Absorbția pe vibrațiile rețelei cristaline* se produce ca urmare a interacțiunii câmpului electric al radiației cu sarcinile electrice ale ionilor din nodurile rețelei, aflați în mișcare de vibrație.

Considerațiile făcute asupra absorbției în semiconductorii sunt proprii atât monocristalelor, cât și straturilor subțiri monocristaline, policristaline și amorf.

Această lucrare își propune scopul de a prezenta metodologia de calcul a coeficientului de absorbție și obținerea spectrelor de absorbție ale straturilor subțiri de ZnSe.

## CONSIDERAȚII TEORETICE

După cum s-a constatat [1-3, 5-7], apar deosebiri pregnante în ceea ce privește proprietățile fizice și structurale ale straturilor subțiri și ale eșantioanelor masive în special la proprietățile electrice (conductivitate electrică, mobilitate, etc.), optice (transmisie, reflexie,

absorbție, indice de refracție, etc.) sau structurale.

Straturile subțiri prezintă însă avantajul că proprietățile optice și în special absorbția radiației electromagnetice, pot fi studiate mult mai precis datorită grosimii mici a probelor care poate ajunge la sute sau chiar zeci de angströmi.

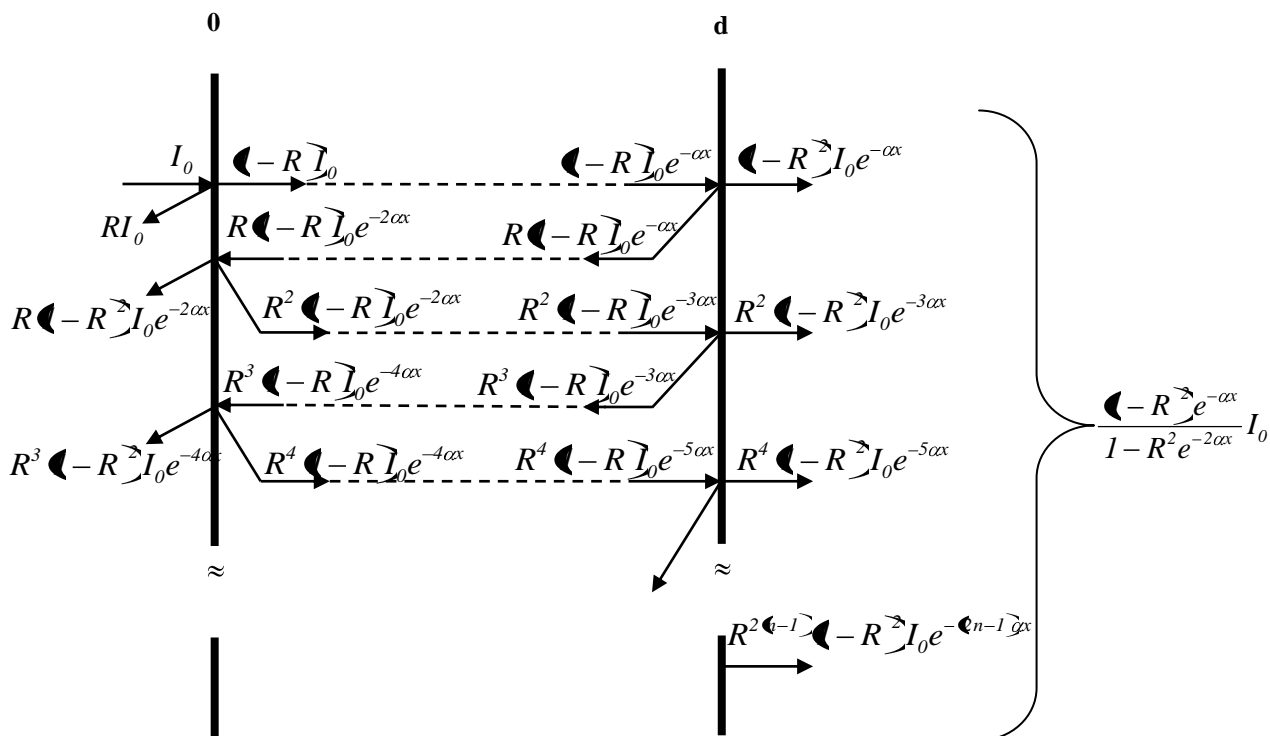


Fig. 1. Reflexiile multiple intru-un strat subțire [8].

Să analizăm mai detaliat interacțiunea radiațiilor electromagnetice cu un strat subțire cu fețe plan-paralele luând în considerație reflexia atât de la suprafața exterioară a probei, cât și de la suprafața interioară a probei. Fie un fascicul îngust, paralel, monocromatic, de intensitate incidentă ( $I_0$ ), ce cade pe o lamă subțire cu fețe paralele de grosime  $d$  (fig. 1) [8,9]. O parte se reflectă pe suprafața exterioară a probei, iar cealaltă parte intră în probă. O parte din radiația intrată în probă este absorbită de aceasta, cealaltă parte ajunge la suprafața interioară, unde suferă o reflexie internă parțială și se reîntoarce în probă. Porțiunea nereflectată iese din probă, iar porțiunea de radiație reflectată spre interior este absorbită parțial în probă, reflectată parțial în interior pe prima față a probei, iar parțial iese în mediul din care provine și așa mai departe. După mai

multe reflexii interne, pe ambele fețe ale probei, intensitatea radiației scade la zero. Rezultatul global este următorul: o parte din radiația incidentă revine în mediul de incidență, altă parte este absorbită în probă, iar cealaltă parte trece prin probă în mediul din spatele acesteia.

Intensitatea totală a tuturor fasciculelor ce ies din stratul transparent este egală cu

$$J_T = (1 - R)^2 J_0 e^{-\alpha d} + R^2 (1 - R)^2 J_0 e^{-3\alpha d} + R^4 (1 - R)^2 J_0 e^{-5\alpha d} + R^{2(n-1)} (1 - R)^2 J_0 e^{[-(2n+1)\alpha d]} + \dots, \quad (1)$$

unde prin  $n$  s-a indicat ordinul fasciculului transmis  $n = 1, 2, \dots$ .

În expresia (1) scoatem factor comun pe  $(1 - R)^2 J_0 e^{-\alpha d}$  și obținem

$$J_T = J_0 (1 - R)^2 e^{-\alpha d} [1 + R^2 e^{-2\alpha d} + R^4 e^{-4\alpha d} + \dots] \quad (2)$$

sau

$$J_T = J_0 (1 - R)^2 e^{-\alpha d} \sum_{m=0}^{\infty} [R^2 e^{-2\alpha d}]^m \quad (3)$$

Suma după  $m$  reprezintă o serie geometrică infinită convergentă cu rația  $q = [R^2 e^{-2\alpha d}]$ , a cărei sumă  $S$  este egală cu [8].

$$S = \frac{a_1}{1 - q} = \frac{1}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}}; q < 1, \quad (4)$$

unde  $a_1 = 1$  este primul termen al seriei.

Înlocuind relația (4) în relația (3) obținem

$$J_T = J_0 \frac{1 - R^2 e^{-\alpha d}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}} \quad (5)$$

Dacă  $q \ll 1$ , ultima expresie devine

$$J_T = J_0 (1 - R)^2 e^{-\alpha d}, \quad (6)$$

și având în vedere că putem scrie coeficientul de transmisie sub forma

$$T = \frac{J_T}{J_0} = (1 - R)^2 e^{-\alpha d}, \quad (7)$$

deducem formula de calcul a coeficientului de absorbție

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \frac{(1 - R)^2}{T} \quad (8)$$

## DETALII EXPERIMENTALE

Pentru prepararea straturilor subțiri de ZnSe pe suporturi de sticlă s-a folosit metoda evaporării termice în vid în volum limitat [10].

Structura eșantioanelor a fost studiată prin difracție de radiații X, microscopie electronică de baleaj (Scanning Electron Microscopy – SEM) și microscopie de forță atomică (Atomic Force Microscopy – AFM). Cercetările au arătat că straturile sunt policristaline și cristalizează în formă de blendă de zinc [11, 12].

Grosimea,  $d$ , a straturilor subțiri a avut valori cuprinse între  $0.10\mu\text{m}$  și  $1.30\mu\text{m}$  și a fost măsurată cu microscopul interferențial MII-4 (tip Linnik)

Pentru obținerea spectrelor de transmisie ale straturilor subțiri de ZnSe în domeniul spectral 330 – 1400nm a fost utilizat

spectrofotometrul UV-VIS tip Q-II (Carl Zeiss) [13].

## ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

După cum s-a constatat, în cazul straturilor subțiri de ZnSe reflexia este mică, sub 10% [13]. În acest caz, formula (8) poate fi redusă la relația

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \frac{1}{T} \quad (9)$$

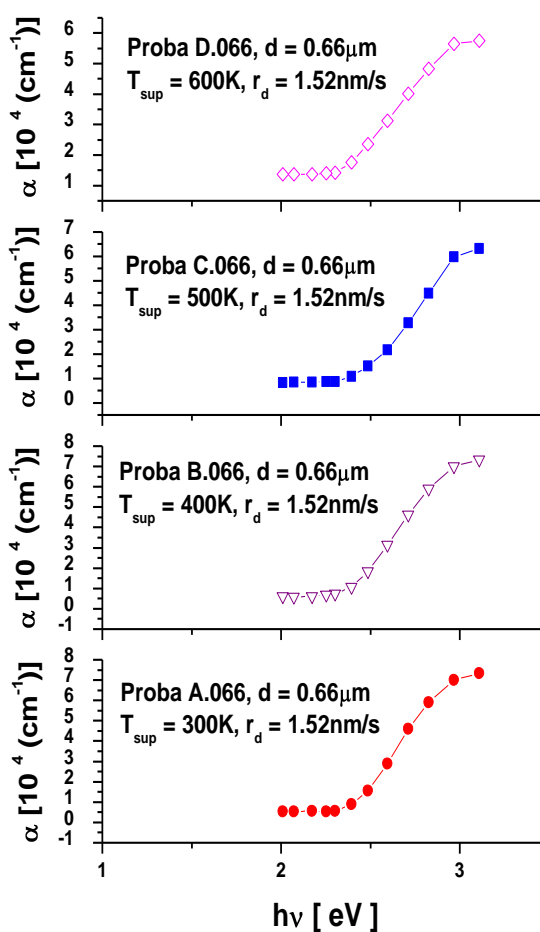


Fig. 2. Influența temperaturii suportului asupra spectrelor de absorbție ale straturilor subțiri de ZnSe.

Coeficientul de absorbție al straturilor subțiri de ZnSe, a fost calculat din spectrul de transmisie, folosind relația (9).

Temperatura suportului influențează semnificativ coeficientul de absorbție, mai ales la energii mici ale fotonilor, sub pragul absorbției fundamentale.

În fig. 2 sunt prezentate spectrele de absorbție ale patru straturi subțiri policristaline

de ZnSe, de aceeași grosime ( $d = 0.35\mu\text{m}$ ), dar preparate la temperaturi diferite ale suportului.

Coeficientul de absorbție pe domeniul energiilor mici ale fotonilor prezintă o valoare diferită de zero, care poate fi atribuită absorbției luminii la limitele dintre cristalite [14].

Valoarea mai mare a coeficientului de absorbție  $\alpha$  în domeniul energiei mai mari ale fotonilor, din fața marginii absorbției fundamentale, se poate datora defectelor de structură, care acționând asemănător impurităților, determină apariția unor nivele localizate în banda interzisă, de pe care au loc tranziții electronice ca urmare a absorbției radiației incidente.

## 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. SPÂNULESCU, I. Fizica straturilor subțiri și aplicațiile acestora. București, Ed. Științifică, 1975.
2. DIMA, I.; LICEA, I. Fenomene fotoelectrice în semiconductori și aplicații. București, Ed. Acad. RSR, 1980
3. SPÂNULESCU, I. Celule solare. București, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1983.

4. SPÂNULESCU, I. Dispozitive semiconductoare și circuite integrate analogice. București, Editura Victor, 1998.

5. CHOPRA, C.L. Thin Film Phenomena. McGraw-Hill, New York, 1969.

6. CHOPRA, C.L.; DAS, S.D. Thin Film Solar Cells. New York-London, Plenum Press, 1983.

7. HEAVENS, O.S. Optical Properties of Thin Solid Films. New York, Dover Publications, 1965.

8. NICOLAESCU, I.I.; ANDRONIC, I.A. Fizica corpului solid, p. IV. Chișinău, 1993.

9. CRISTEA, Gh. Introducere în fizica semiconductorilor. Cluj-Napoca, Presa universitară clujeană, 2001.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. POPA, M.; RUSU, G.I., Transmisia optică în straturile subțiri de ZnSe. Fizică și Tehnică: procese, modele, experimente. Bălți, 2006(2), p. 52-58.

14. BENNETT, H.E.; BENNETT, J.M., Physics of Thin Films. New York, Academic Press, 1967, vol. 4, p.1-96.

CZU: 538.956

## THE ABSORPTION SPECTRA OF ZnSe THIN FILMS

**Popa Mihail – dr., conf.**

(Alecu Russo Balti State University, Republic of Moldova)

**Rusu Gheorghe Ioan –**

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

This paper presents the determination of absorption spectra of ZnSe thin films from transmission spectra. The absorption coefficient of the low energy of the photons represents a low value which can be attributed to the absorption of the light at limits between the crystallites.

The higher absorption of the coefficient  $\alpha$  in the high energy of the photons may be due to the structural defects. It also acts intensely and in this way it produces certain levels located in the gap band from which the electronic transitions occur as a result of the absorption of the incident radiation.

Prezentat la redacție la 09.06.2011