

**CALCULUL COEFICIENTULUI DE EXTINCȚIE ȘI A CONSTANTEI ELECTRICE
ALE STRATURILOR SUBȚIRI POLICRISTALINE DE ZnS_xSe_{1-x}**

*Mihail POPA,
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți*

Abstract: *This paper presents the results of calculations several optical parameters of ZnS_xSe_{1-x} thin films using the Swanepoel method. Have been determined the following optical constants: extinction coefficient $k(\lambda)$, real part $\varepsilon_1(\lambda)$ and the imaginary part $\varepsilon_2(\lambda)$ of dielectric constant, semiconductor dielectric constant at very high ε_∞ and the report N/m^* . The results are in good agreement with those reported for ZnSe and ZnS crystals.*

I. Introducere

Studiul unor proprietăți optice ale straturilor subțiri semiconductoare, cum ar fi spectrele de transmisie, reflexie și absorbție, dispersia indicelui de refracție n și a coeficientului de extincție k în anumite domenii spectrale, precum și influența tratamentului termic asupra acestora, permite obținerea de informații importante privind structura de benzi energetice ale semiconductorilor și mecanismul de interacțiune a radiației electromagnetice cu stratul subțire. Corelând aceste rezultate cu cele obținute din studiul fenomenelor de transport ale acestora, se pot obține informații exacte cu privire la caracteristicile generale ale straturilor respective.

II. Determinarea coeficientului de extincție ale straturilor subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

Partea imaginară a indicelui de refracție complex \tilde{n} reprezintă *coeficientul de extincție k* , care este o măsură a fracțiunii de lumină pierdută din cauza împrăștierii și absorbției pe unitate de distanță a mediului de penetrare.

Coeficientul de extincție ale straturilor subțiri poate fi calculat prin relația:

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi}, \quad (1)$$

unde α este coeficientul de absorbție, care în domeniul absorbției medii și slabe, se determină prin relație:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln x, \quad (2)$$

Absorbanța x poate fi determinată prin una din mai multe metode simetrice propuse de Swanepoel:

1) Dacă utilizăm *datele transmisiei maxime T_M* , absorbanța se determină conform relației:

$$x = \frac{E_M - [E_M^2 - (n^2 - 1)^3(n^2 - n_S^2)]^{\frac{1}{2}}}{(n - 1)^3(n - n_S^2)}, \quad (3)$$

Unde

$$E_M = \frac{8n^2n_S}{T_M} + (n^2 - 1)(n^2 - n_S^2). \quad (4)$$

2) Folosind *datele transmisiei minime T_m* , putem determina absorbanța conform relației¹:

$$x = \frac{E_M - [E_M^2 - (n^2 - 1)^3(n^2 - n_S^2)]^{\frac{1}{2}}}{(n - 1)^3(n - n_S^2)}, \quad (5)$$

unde

$$E_M = \frac{8n^2n_S}{T_m} - (n^2 - 1)(n^2 - n_S^2). \quad (6)$$

3) Pentru a utiliza împreună *datele transmisiei maxime T_M și celei minime T_m* absorbanța trebuie calculată după relația

¹Swanepoel R. Determination of the thickness and optical constants of amorphous silicon // J. Phys. E: Sci. Instrum. – 1983. – V. 16. – P. 1214-1222;

$$x = \frac{F - [F^2 - (n^2 - 1)^3(n^2 - n_s^2)]^{1/2}}{(n - 1)^3(n - n_s^2)}, \quad (7)$$

unde

$$F = \frac{8n^2 n_s}{T_i}, \quad (8)$$

iar

$$T_i = \frac{2T_M T_m}{T_M + T_m}. \quad (9)$$

Pentru eșantioanele noastre s-au făcut calcule după toate cele patru variante și evoluția coeficientului de extincție k s-a dovedit a fi asemănătoare. În Fig. 1 sunt prezentate graficele de tip $k(\lambda)$ pentru șapte straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x} , calculate după relațiile (7)-(9). Se poate observa că coeficientul de extincție k , pentru comparație, este de mai mult de o sută de ori mai mic decât indicele de refracție n , crește nesemnificativ pe măsură ce crește lungimea de undă. Valorile mici ale coeficientului de extincție k pot fi asociate valorilor reduse ale coeficientului de absorbție în domeniul respectiv de lungimi de undă λ .

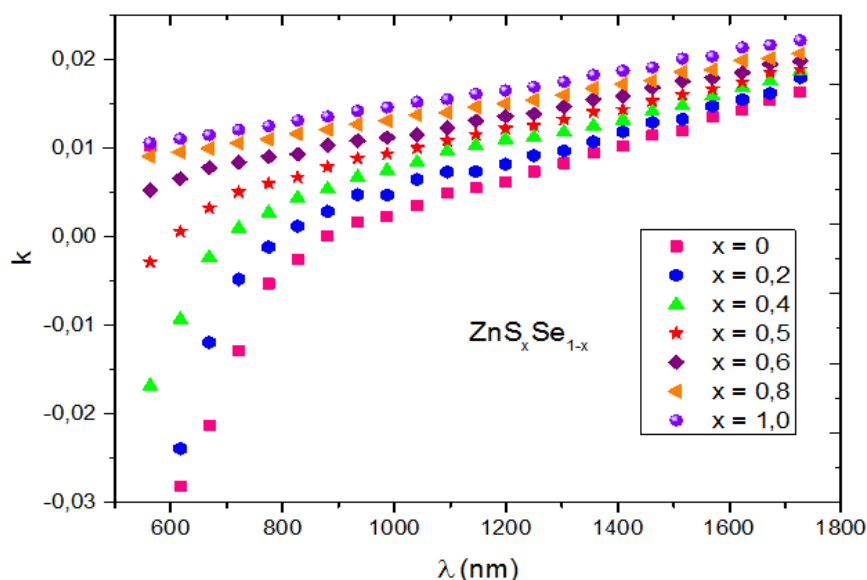


Fig. 1. Dependenta coeficientului de extincție de lungimea de undă pentru straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

Ilenikhena [6] relatează pentru straturile subțiri de ZnS depuse prin reacții chimice variația coeficientului de extincție cuprinse între $0,867 \times 10^{-2}$ și $1,127 \times 10^{-2}$.

III. Determinarea constantei dielectrice ale straturilor subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

Constanta dielectrică a unui solid $\hat{\epsilon}$ este formată din partea reală ϵ_1 și partea imaginară ϵ_2 :

$$\hat{\epsilon} = \epsilon_1 + i\epsilon_2 = \hat{n}^2 = (n \pm ik)^2 = (n^2 - k^2) + i2nk, \quad (10)$$

care la rîndul său depind de indicele de refracție n și coeficientul de extincție k :

$$\epsilon_1 = n^2 - k^2, \quad \epsilon_2 = 2nk. \quad (11)$$

Partea reală a constantei dielectrice descrie caracteristicile de propagare, în timp ce partea imaginară descrie rata de atenuare de-a lungul direcției de propagare.

Dependențele părții reale și a celei imaginare de lungimea de undă, de tip $\epsilon_1(\lambda)$ și $\epsilon_2(\lambda)$, sînt prezentate în Fig. 2 și Fig. 3. Se observă că constanta dielectrică reală ϵ_1 descreește atît cu creșterea lungimii de undă λ , cît și cu creșterea termenului x (creșterea conținutului de sulf S și descreșterii conținutului de Se) (Fig. 2). Constanta electrică imaginară ϵ_2 , pentru comparație, este de mai mult de o

sută de ori mai mică decât constanta electrică reală ϵ_1 , crește atât cu creșterea lungimii de undă λ , cât și cu creșterea termenului x (Fig. 3).

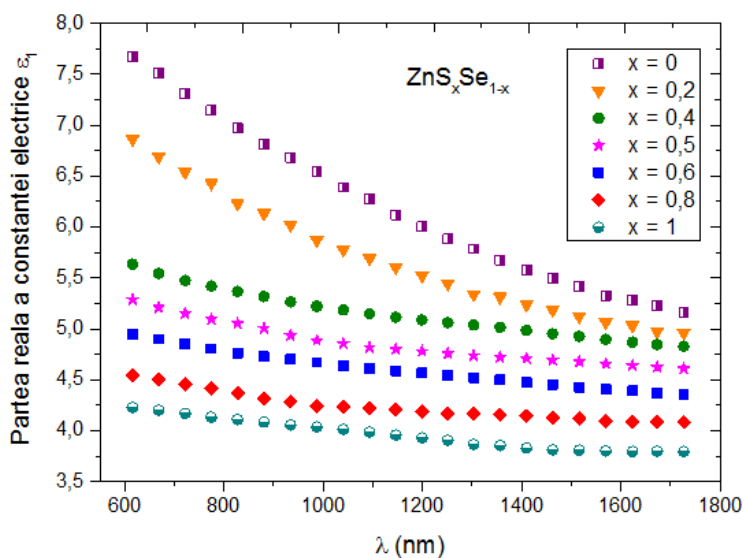


Fig. 2. Dependența părții reale a constantei dielectrice de lungimea de undă pentru straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

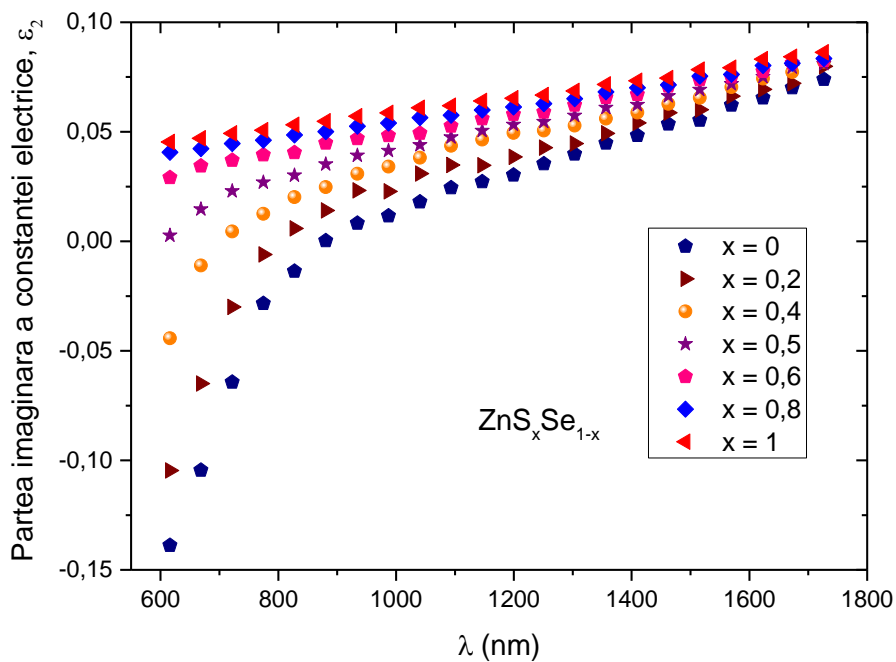


Fig. 3. Dependența părții imaginare a constantei dielectrice de lungimea de undă pentru straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

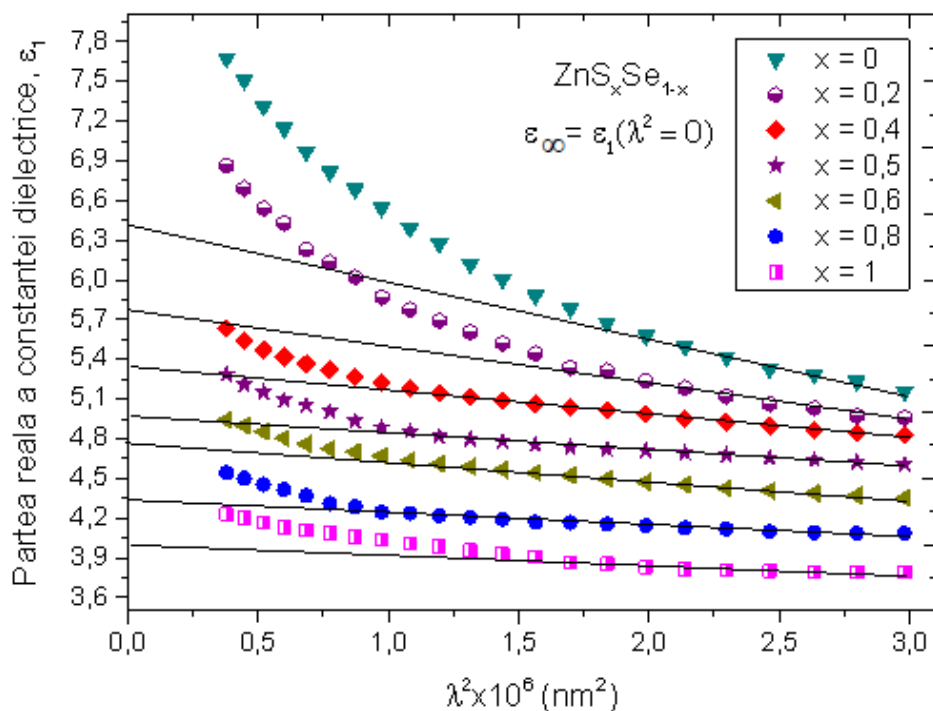


Fig. 4. Dependența constantei dielectrice de lungimea de undă pentru straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x}

Pe de altă parte, dependența părții reale a constantei dielectrice a corpului solid de constanta dielectrică a rețelei cristaline este dată de relația

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_\infty - \left(\frac{e^2}{4\pi^2 c^2 \varepsilon_0} \right) \left(\frac{N}{m^*} \right) \lambda^2, \quad (12)$$

unde N/m^* este raportul dintre concentrația și masa efectivă a electronilor, c este viteza luminii în vid, ε_0 – permitivitatea vidului și e este sarcina electronului. Graficele de tip $\varepsilon_1 = f(\lambda^2)$ prezentate în Fig. 4 conțin porțiuni liniare. Prin extrapolarea acestor grafice, pentru $\lambda^2 = 0$, obținem **permitivitatea absolută a semiconductorului la frecvență foarte mare** $\varepsilon_\infty = \varepsilon_1(\lambda^2 = 0)$, iar din panta acestor grafice determinăm valoarea raportului N/m^* pentru straturile subțiri de ZnS_xSe_{1-x} , folosind relația:

$$\frac{N}{m^*} = \left(\frac{4\pi^2 c^2 \varepsilon_0}{e^2} \right) \frac{\varepsilon_{11} - \varepsilon_{12}}{\lambda_2^2 - \lambda_1^2}. \quad (13)$$

Valorile ε_∞ și N/m^* ale straturilor subțiri de ZnS_xSe_{1-x} sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabel 1. Valorile constantei dielectrice a rețelei cristaline și raportului dintre concentrația electronilor și masa efectivă a acestora

Nr. ord	Compusul	d , μm	r_b , nm/s	T_{sub} , K	ε_∞	$N/m^* \cdot 10^{47}$, cm^{-3}/g
1	ZnSe	0,55	1,73	300	6,42	5,20
2	$ZnS_{0,2}Se_{0,8}$	0,71	1,82	300	5,78	3,60
3	$ZnS_{0,4}Se_{0,6}$	0,78	1,86	300	5,35	2,20
4	$ZnS_{0,5}Se_{0,5}$	0,52	1,73	300	4,96	1,77
5	$ZnS_{0,6}Se_{0,4}$	0,41	1,51	300	4,77	1,34
6	$ZnS_{0,8}Se_{0,2}$	0,22	1,23	300	4,35	0,99
7	ZnS	0,41	1,52	300	4,00	0,70

Valorile obținute sînt în concordanță cu cele relatate în literatura de specialitate. Ruda [8] indică valorile permitivității absolute la frecvențe foarte mari egale cu $\varepsilon_{\infty} = 6,2$ (pentru ZnSe) și 4,5 (pentru ZnS)

Concluzii

1. Coeficientul de extincție k a fost determinat din spectrele de transmisie prin metoda Swanepoel. S-a constatat că dispersiile de tip $k(\lambda)$ sînt pozitive.
2. Folosind datele indicelui de refracție și ale coeficientului de extincție au fost calculate partea reală ε_1 și partea imaginară ε_2 a constantei dielectrice, iar din panta dispersiei $\varepsilon_1(\lambda)$ au fost determinate constanta dielectrică a semiconductorului la frecvență foarte mare $\varepsilon_{\infty} = 6.42 - 4.00$ și raportul $N/m^* = (5.20 - 0.70) \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}/\text{g}$.
3. Valorile obținute sînt în bună concordanță cu cele ale cristalelor masive de ZnSe și ZnS.