

Calculul Indicelui de Refracție din Spectrele de Interferență

Implementarea în procesul de studiu

Parvan V.

Universitatea Tehnică a Moldovei
Chișinău, Moldova

Abstract — specified method has a high educational value due to possibility to process obtained data in specialized application. This application allows executing mathematical operations with data arrays, mathematical analysis of graphics. All these allow making easier the integration of young researchers in modern scientific centers, where all measurement systems are computerized.

Cuvinte cheie — birefrința, indice de refracție, spectre de interferență, filtre trece bandă, filtre oprește bandă.

I. INTRODUCERE

Măsurarea dependențelor spectrale dispersiei normale și anormale reprezintă un instrument puternic, necesar pentru caracterizare a ghidurilor de undă pe bază de semiconductori și straturi de quartz. Aceasta este actual în legătură cu dezvoltarea domeniului nanotehnologic, ce se ocupă cu elaborarea și producerea dispozitivelor optoelectronice cu o structură multistrat pentru comunicațiilor optice.

Această metodă de calcul este introdusă în procesul de studii ca o componentă a lucrării de an. Îndrumarul metodic pentru efectuarea lucrării de an este elaborat pentru studenții specialității telecomunicației. Scopul îndrumarului este familiarizarea viitorilor ingineri, ce vor fi antrenați în proiectarea rețelelor de comunicații optice, cu noțiunea de dispersie în fibre optice și diferite mecanisme de dispersie, metode de estimare a dispersiei și compensare a dispersiei.

II. METODA DE CALCUL

La baza metodei de calcul indicelui de refracție este teorie ce descrie condițiile de apariție a interferenței a undelor într-o structură planară.

Conform Fig. 1 interferența va avea loc între unda incidentă reflectată de la prima suprafață a sistemului planar și unda reflectată de la suprafața interioară a sistemului. La o analiza mai riguroasă se observă că unda a doua va obține o diferență de fază cauzată de diferența de drum parcursă în plus (AB plus BC), influența asupra fazei finale o exercită și mediul prin care se propagă unda, care este caracterizat de indicele de refracție.

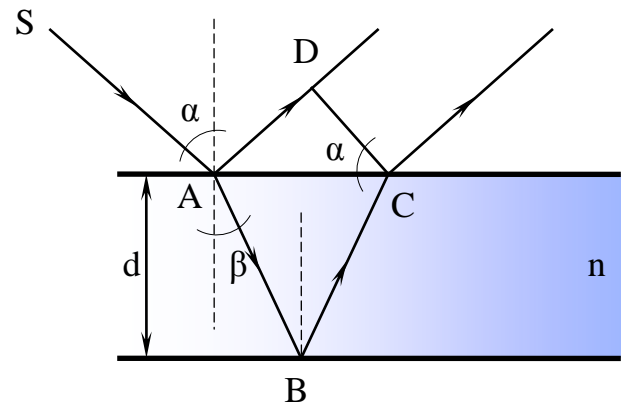


Fig. 1 Interferența luminii în straturi subțire

Diferența drumurilor optice pentru razele analizate este dată de relația de mai jos.

$$\Delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Condiția de obținere a maximumului de interferență este dată de relația de mai jos. Maximumul se obține dacă diferența de drum, parcurs de două unde ce interacționează, este multiplă valorii întregi a lungimii de undă.

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Dacă se măsoară spectrele de interferență în spectrele de reflexie și se determină min – max benzii, atunci pentru fiecare lungime de undă λ , poate fi determinat indicele de refracție n . Poziția minimelor și maximumelor în interferența spectrelor de reflexie se determină conform relației:

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{2nd}{m}; m = 2,4,6... \\ \lambda_{\min} &= \frac{2nd}{m}; m = 1,3,5... \end{aligned} \quad (3)$$

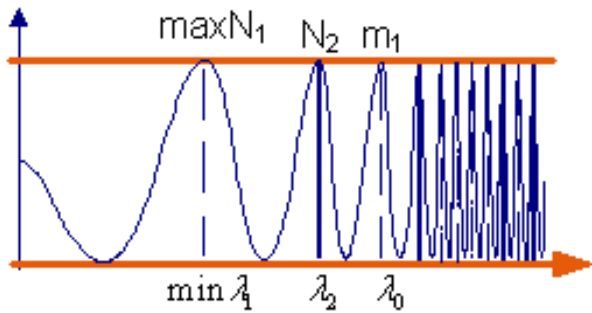


Fig. 2 Structura spectrului de interferență

unde m – numărul benzii de interferență. În spectrele de interferență poziția minimelor și maximelor este prevăzută de condițiile,

$$\sin \alpha = 0 \text{ și } \sin \alpha = 1. \quad \alpha = \frac{\pi}{2} + m\pi, \text{ unde } m=0,1,2,\dots$$

În această metodă este dificil de determinat ordinea benzilor de interferență. De regulă, ordinul benzii de interferență se determină, dacă este evidentă banda nulă, ce are culoarea albă. În experimente, nu întotdeauna este evidentă banda nulă, respectiv se utilizează o altă metodă. Pentru două maximum (minimum) condiția de interferență este următoarea:

$$\frac{2\pi nd}{\lambda_1} = \frac{\pi}{2} + M_1\pi \quad (4)$$

$$\frac{2\pi nd}{\lambda_2} = \frac{\pi}{2} + M_2\pi$$

diferența acestor relații pentru λ_1, λ_2 este:

$$2\pi nd \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = (M_2 - M_1)\pi \quad (5)$$

Considerând $M_2 - M_1 = M$, obținem relația coeficientului de refracție n :

$$n = \frac{M}{2d \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)} \quad (6)$$

unde $v_2 = 1/\lambda_2$, $v_1 = 1/\lambda_1$.

unde M - diferența picurilor de interferență, pentru care se determină n , v_1 și v_2 - frecvențele corespunzătoare picurilor maximum (minimum).

În procesul de efectuare a lucrării de an studentul primește spectrele de interferențe măsurate pe instalația de măsură schema bloc a căreia este prezentată în figura de mai jos. Studentul are posibilitate să facă cunoștință și să capete deprinderi practice de măsură a spectrelor.

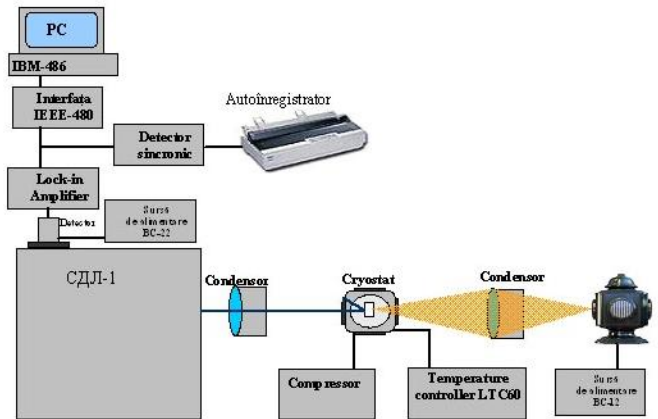


Fig. 3 Schema bloc a instalației de măsură

În rezultatul măsurărilor spectrelor de interferență se obține un Data File structura căruia este prezentată în tabelul de mai jos, iar forma spectrului măsurat poate fi ilustrată în programa Origin cu care face cunoștință studentul și este dată ca exemplu în figura de mai jos.

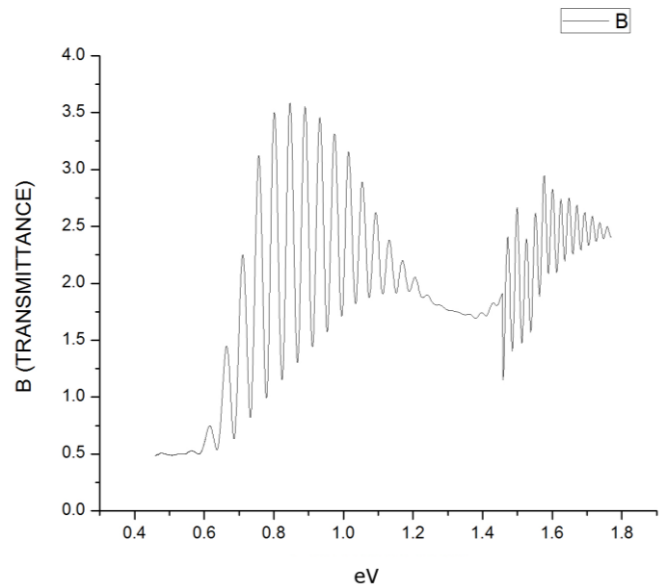


Fig. 4 Spectrul de interferență măsurat (inițial)

Pentru calculul coeficienților de refracție este nevoie de găsit poziția maximilor în spectrul de interferență. Pentru identificare a maximilor se utilizează programa Origin care ușurează procesul de identificare a maximilor și procesul de calcul a indicelui de refracție.

În urma procesării datelor în programa Origin se va obține un data file cu poziția maximelor și un grafic care ilustrează poziția maximelor identificate, prezentat în figura de mai jos.

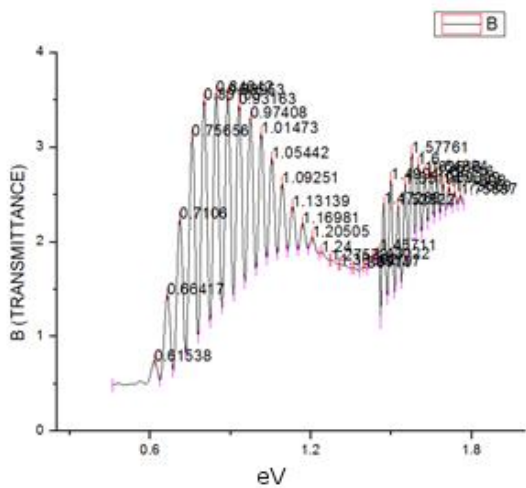


Fig. 5 Poziția maximelor identificate cu programa Origin

Utilizând data file-ului cu poziția maximelor, se efectuează calculul indicelui de refracție în programe excel sau direct în Origin utilizând formula de calcul dată mai jos.

$$n = \frac{1}{2d(v_1 - v_2)} \quad (7)$$

Unde v este poziția maximului în spectrul de interferență.

În rezultatul calculelor efectuate în programa Origin se obține data file structura căruia este prezentată în figura de mai jos. Care este constituit din patru coloane primele două se referă la spectrul de interferență inițial. Ultimele două se referă la spectrul indicelui de refracție final, obținut în urma calculelor descrise în aceasta publicație.

Long Name	A(X)	B(Y)	C(Y)	D(Y)
Units	E	TRANSMITTANCE	E	Refraction
Comments	eV		eV	n
Sparklines				
1	0.45926	0.485	0.61538	2.11731
2	0.45943	0.4849	0.66417	2.22493
3	0.4596	0.4847	0.7106	2.24769
4	0.45977	0.4852	0.75656	2.29615
5	0.45994	0.4852	0.80155	2.30229
6	0.46011	0.4857	0.84642	2.39628
7	0.46028	0.486	0.88953	2.45377
8	0.46045	0.4867	0.93163	2.43354
9	0.46062	0.487	0.97408	2.5413
10	0.4608	0.4873	1.01473	2.60276
11	0.46097	0.4876	1.05442	2.71209
12	0.46114	0.488	1.09251	2.65699
13	0.46131	0.4883	1.13139	2.6888
14	0.46148	0.4887	1.16981	2.93143
15	0.46165	0.4893	1.20505	2.95576
16	0.46182	0.4896	1.24	2.89204
17	0.462	0.49	1.27572	3.19826
18	0.46217	0.4906	1.30802	1.94472
19	0.46234	0.4911	1.36114	2.80488
20	0.46251	0.4918	1.39797	3.20321
21	0.46269	0.4924	1.43022	3.84171
22	0.46286	0.4924	1.45711	6.62170

Fig. 6 Structura data file-ului cu datele inițiale a spectrul de interferență măsurat și spectrul indicelui de refracție

Rezultatul calculelor efectuate poate fi ilustrat în grafice complexe, efectuând suprapuneri de grafice, ca exemplu spectrul inițial de transparență și spectrul calculat a indicelui de refracție.

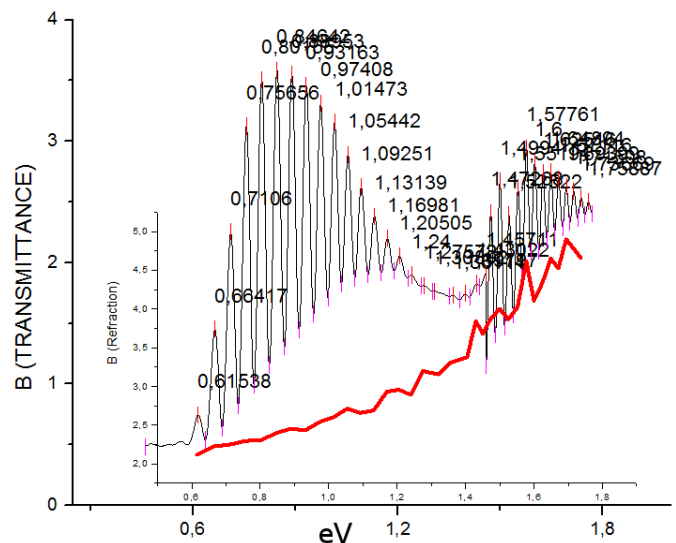


Fig. 7 Reprezentarea complexă a spectrului de interferență inițial cu maximele identificate și spectrul indicelui de refracție obținut în urma calculelor descrise în lucrare

Toate acestea manipulări cu date începând de la grafice inițiale terminând cu calcule și redactarea graficelor complexe este posibil de efectuat în programa Origin.

CONCLUZII

Indicația metodică are o valoare pedagogică înaltă, aducând în procesul de studiu o programă profesională de procesarea a datelor, care permite efectuarea operațiilor matematice asupra masivelor de date, efectuare operațiilor de analiză matematică asupra graficelor. Acest instrument este utilizat pe larg în procesul de cercetare la analiza datelor măsurate.

Această indicație metodică poate fi recomandată studenților de la masterat pentru pregătirea viitorilor doctoranzi din domeniul Fizicii și Tehnologiei Materialelor, ce va permite integrarea ușoară în centre contemporane de cercetare unde procesul de măsurare are un caracter automatizat în rezultatul cărui se obțin data file-uri.

REFERINȚE

- [1] Дж.Гауэр. Оптические системы связи. М. Радио и связь, 1989.
- [2] Polarization Mode Dispersion (PMD). Alcatel, 1998,
- [3] Р.Р.Убайдулаев, Волоконно – оптические сети б ЭКО-ТРЕНДИЗ б Москва 2001
- [4] D. Mihalache and D. Mazilu. Ghiduri de undă optice neliniare planare. Editura Academiei Române, București, 1990.
- [5] Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М. Техносфера., 2003.