

Пецько В.І., Міца О.В.

Ужгородський національний університет

e-mail: [petsko.vi@gmail.com](mailto:petsko.vi@gmail.com), [amitsa@i.ua](mailto:amitsa@i.ua)

## ПРОЕКТУВАННЯ ЧОТИРИШАРОВИХ ПРОСВІТЛЯЮЧИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПАДІННІ СВІТЛА ПІД КУТОМ 45°

Синтез багатошарових оптичних систем за останні роки набув чималого розвитку, успіхи цих досліджень впливають як на розвиток оптики, так і інших галузей науки та техніки. Оптичні багатошарові покриття використовуються в оптичних системах космічної техніки, оптичному приладобудуванні, інтегральній оптиці, рентгенівській та нейтронній спектроскопії, електродинаміці відкритих систем, при створенні генераторів і перетворювачів електромагнітного та інших випромінювань, в апаратурі контролю забруднення навколишнього середовища і т.д. Особливий інтерес викликають просвітлюючі оптичні покриття, зроблені з невеликого числа шарів [1].

Для розрахунку спектральних характеристик оптичних чотиришарових покриттів використаємо матричний метод [2]. Цільову функцію багатошарового покриття представимо у вигляді:

$$\Omega(\lambda_2 / \lambda_1) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} F(\bar{n}, \bar{d}) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} \left( \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L T^2(\bar{n}, \bar{d}, \lambda_{(i)}) \right)^{1/2}, \quad (1)$$

де  $T$  – коефіцієнт пропускання, залежний від вектора значень показників заломлення  $\bar{n} = (n_1, n_2, \dots, n_{k-1}, n_k)$ , вектора значень геометричної товщини  $\bar{d} = (d_1, d_2, \dots, d_{k-1}, d_k)$  та довжини хвилі  $\lambda$ ,  $L$  – число точок сітки спектрального інтервала від  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$ , при рівномірному його розподілі з кроком  $\Delta\lambda$ :

$$L = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\Delta\lambda} + 1.$$

Оптимізуємо параметри чотиришарового покриття на спектральному інтервалі 200-800 нм ( $\lambda_1 = 200$  нм,  $\lambda_2 = 800$  нм) при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$ . В якості підкладинки візьмемо скло з показником заломлення  $n = 1,51$ . За допомогою R-алгоритму спочатку знаходимо оптимальні параметри функціоналу (1), а далі підбираємо показники заломлення реальних матеріалів, які найближче до отриманих теоретичних результатів. Після цього фіксуємо показники заломлення і оптимізуємо товщини шарів.

Для s-поляризації при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$  візьмемо наступні матеріали: для першого шару візьмемо MgO з показником заломлення  $n_1 = 1.73$ , для другого HfO<sub>2</sub> з показником  $n_2 = 1.98$ , третього Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> з показником  $n_3 = 1.67$ , четвертого Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> з показником  $n_4 = 1.35$ . В результаті оптимізації отримаємо: товщина першого –  $d_1 = 54.152$ , другого –  $d_2 = 89.910$ , третього –  $d_3 = 51.046$ , четвертого –  $d_4 = 77.117$ . Значення цільової функції 0.9707466. Графік коефіцієнта пропускання показано на рис. 1. Причому при

$\lambda = 647$  нм отримаємо максимум коефіцієнта пропускання  $T_{\max} = 0,9943615$ , а при  $\lambda = 200$  отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання  $T_{\min} = 0,8239897$ .

Для р-поляризації при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$  була спроектована наступна оптична структура. Для першого шару взято РbTe з показником заломлення  $n_1 = 1.57$  товщиною  $d_1 = 56.833$ , для другого  $\text{Al}_2\text{O}_3$  з показником  $n_2 = 1.64$  товщиною  $d_2 = 118.066$ , третього скло з показником  $n_3 = 1.51$  товщиною  $d_3 = 59.124$ , четвертого  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  з показником  $n_4 = 1,35$  товщиною  $d_4 = 75.541$ . Значення цільової функції 0,9984535. Причому при  $\lambda = 626$  нм отримаємо максимум коефіцієнта пропускання  $T_{\max} = 0,9996884$ , а при

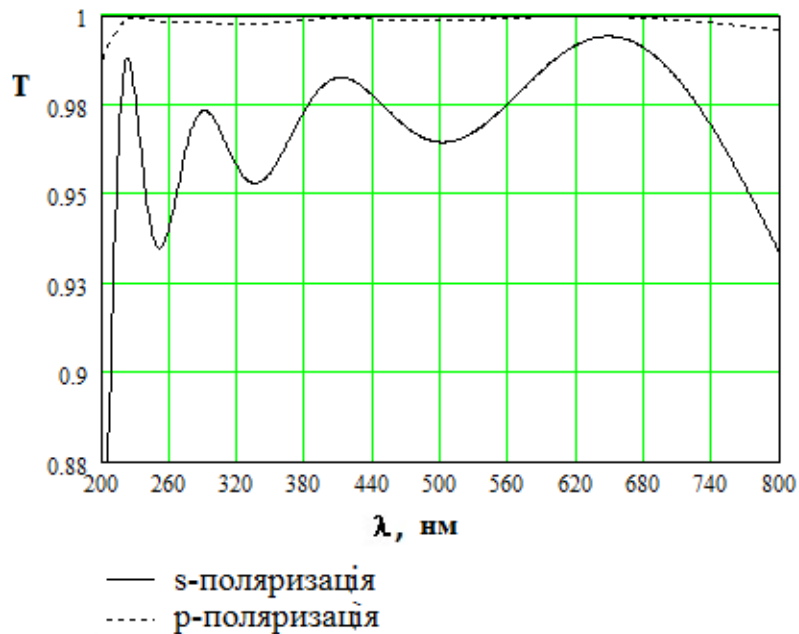


Рис. 1. Криві коефіцієнтів пропускання для s-поляризації і р-поляризації для кута  $\theta_0 = 45^\circ$

$\lambda = 200$  отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання  $T_{\min} = 0,9885871$ .

З рис. 1. видно, що на всьому досліджуваному спектральному інтервалі для s-поляризації для кута  $\theta_0 = 45^\circ$  значення коефіцієнта пропускання менше ніж для р-поляризації. Отримані чотиришарові оптичні покриття можна реалізувати і використовувати на практиці.

### Література

1. *Яковлев П.П.* Проектирование интерференционных покрытий / П.П. Яковлев, Б.Б. Мешков – М.: Машиностроение, 1987.– 192 с.
2. *Furman Sh.. Basics of optics of multilayer systems* / Sh.Furman., A.V. Tikhonravov – Editions Frontiers, Gif-sur Yvette, 1992. – 242 p.
3. *Шор Н.З.* Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. – Киев: Наукова думка, 1979. – 199с.