

РОЗРОБКА ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ СТРУКТУР

Пецько Василь Іванович, аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики

Ужгородського національного університету,

e-mail: petsko.vi@gmail.com

Бідзіля Роман Іванович, магістрант кафедри програмного забезпечення систем

Закарпатського державного університету

Дослідження багатошарових інтерференційних систем і фільтрів оптичних структур бере свій початок ще з середини минулого століття, проте жорсткіші вимоги щодо селективності фільтрів для сучасних оптичних систем спричинили поштовх до пошуку оптимальних рішень щодо конструкцій інтерференційних фільтрів. 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.

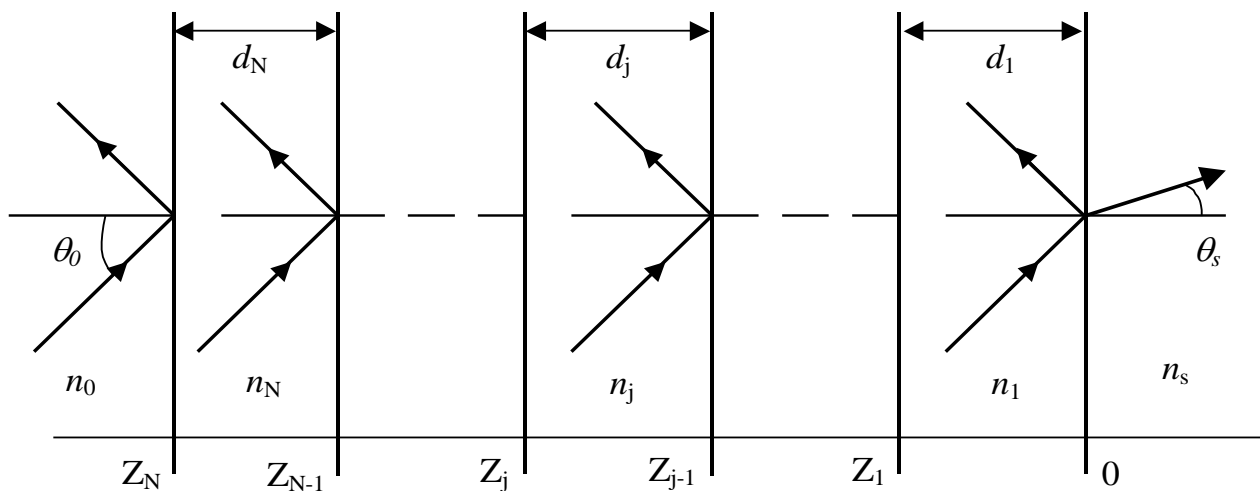


Рис. 1. Модель оптичної структури: $n_s, n_1, \dots, n_N, n_0$ – показники заломлення підкладки, шарів та середовища; d_1, \dots, d_N – геометричні товщини шарів; Z_1, \dots, Z_N – межі розділу.

На рисунку 1 зображена модель оптичної структури, яка розглядалась в даній роботі. Задача розрахунку спектральних характеристик даної оптичної структури базується на розв'язанні стаціонарного хвильового рівняння в наближенні плоских хвиль. До нашого часу розроблено велику кількість обчислювальних схем, які використовуються для розрахунку оптичних покриттів. Найбільш поширеним, мабуть, є підхід, який базується на обчисленні тангенціальних складових векторів напруженості електричного і магнітного полів послідовно на всіх границях шарів, утворюючих покриття. Введення матричної форми запису рівнянь [1-2], зв'язуючих амплітуди полів на сусідніх границях, дозволило в компактній формі досить послідовно врахувати інтерференційні ефекти у шаруватих структурах всіх типів. Даний підхід, який називається методом Абеле, і використовувався в даній роботі.

Для знаходження спектральних характеристик оптичних структур в середовищі Інтернет було розроблено на мовах програмування PHP та Javascript сайт <http://matinfo.16mb.com>. Окремими пунктами стоїть можливість обчислювати спектральні характеристики двокомпонентних оптичних структур з чергуючимися шарами та багатокомпонентних структур з шарами різної товщини і різними показниками заломлення.

Розглянемо приклад знаходження спектральних характеристик для відрізаючого оптичного фільтру типу S-ВНВ...ВНВ, де через В і Н позначено шари відповідно з високим ($n_B = 2,3$) та низьким ($n_H = 1,35$) показниками заломлення та однаковою оптичною товщиною рівною $\lambda_0/4$ (робоча довжина хвилі $\lambda_0 = 630$ нм). Для цього потрібно вибрати пункт "Розрахунок спектральних характеристик двокомпонентних оптичних структур з чергуючимися шарами" і ввести параметри даного фільтру. Для даного фільтру достатньо ввести інформацію про значення параметрів парного і непарного шарів та межі спектрального діапазону (див. рис. 2).

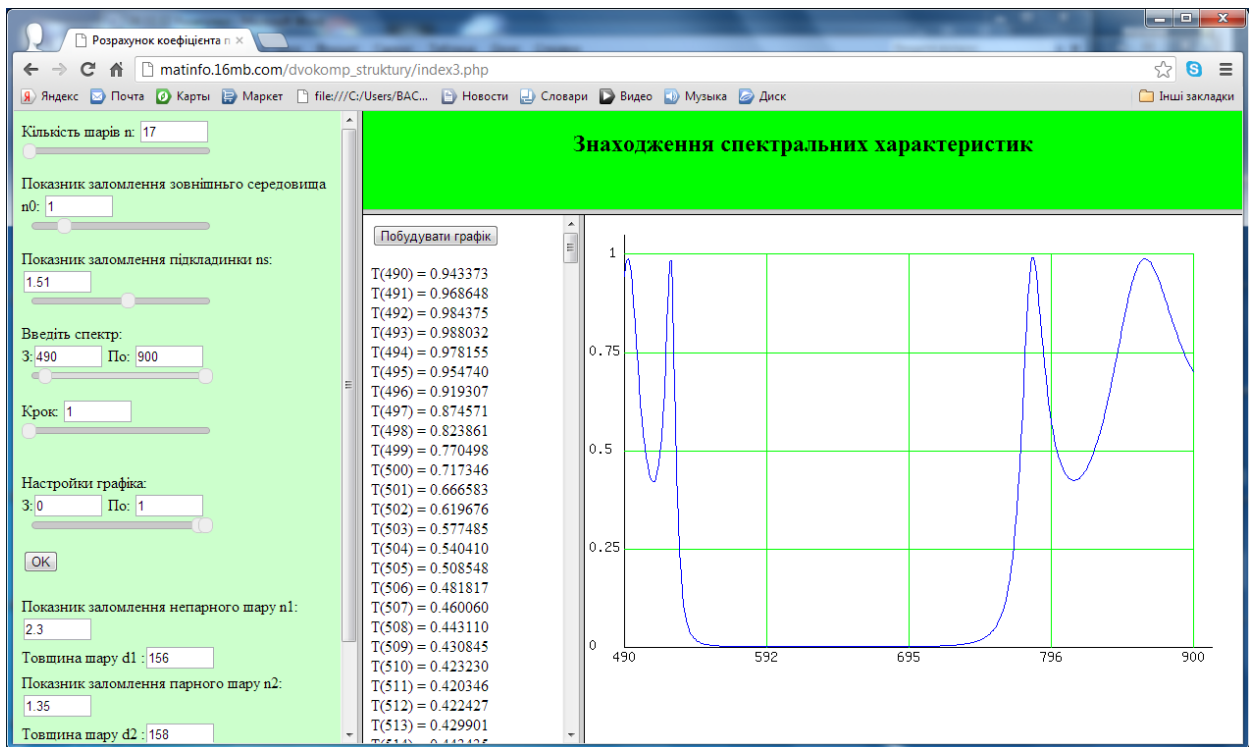


Рис. 2. Знаходження спектральних характеристик відрізаючого оптичного фільтру типу S-BNB...BNB

Аналогічно можна знайти спектральні характеристики широкопasmового оптичного фільтру типу S-2BN2B...2BN2B (рис. 3). В даному позначенні 2В означає, що оптична товщина високозаломлюючого шару рівна $\lambda_0/2$.

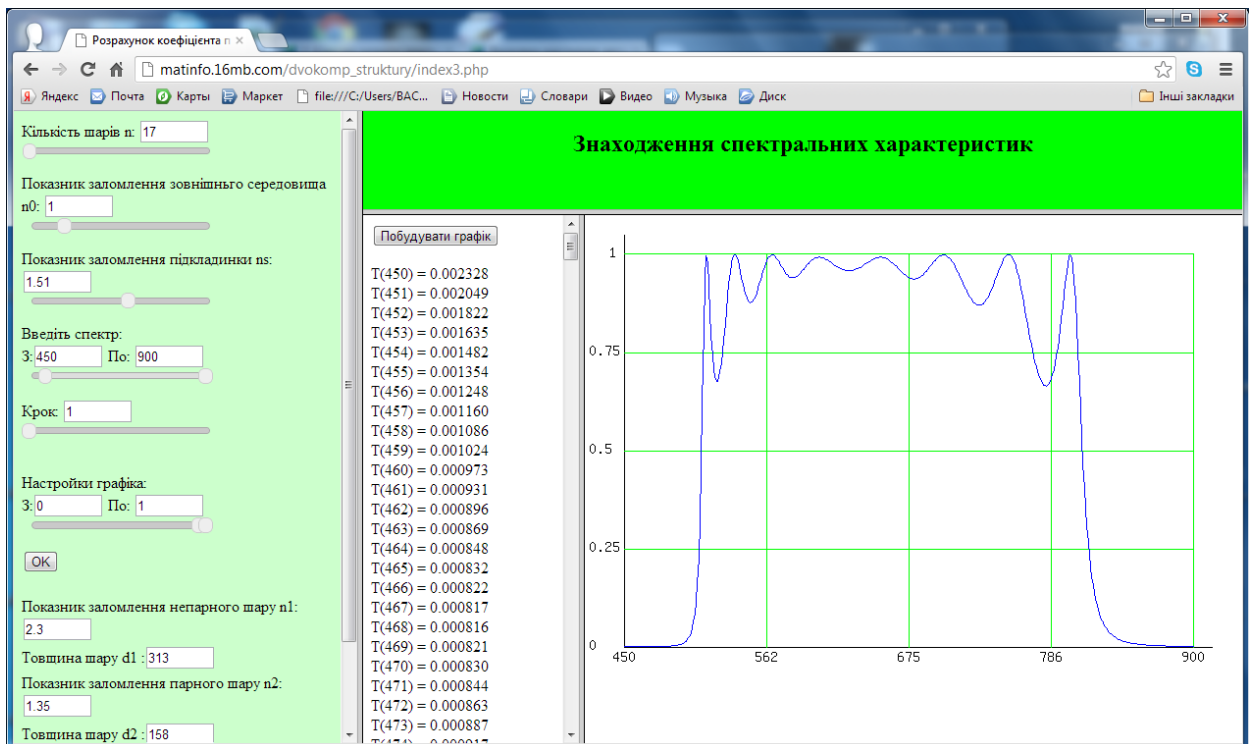


Рис. 3. Знаходження спектральних характеристик широкопasmового оптичного фільтру типу S-2BN2B...2BN2B

Для знаходження спектральних характеристик оптичних структур, які не задаються чергуючимися шарами, наприклад вузькосмугового оптичного фільтру типу S-BНВ..2В..ВНВ, потрібно задавати параметри кожного шару. Для цього потрібно вибрати пункт “Розрахунок спектральних характеристик багат шарових оптичних структур” (рис. 4).

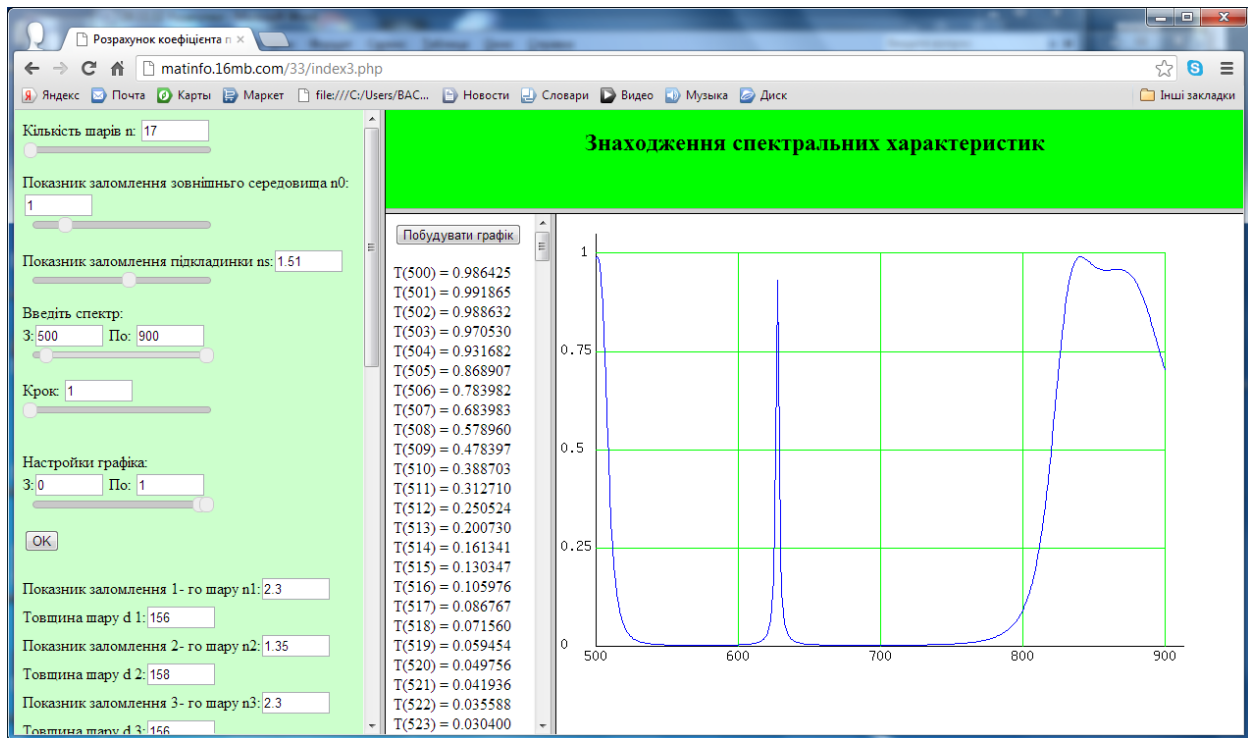


Рис. 4. Знаходження спектральних характеристик широкосмугового оптичного фільтру типу S-2ВН2В...2ВН2В

Разом з графіком виводяться значення спектральних характеристик для довжин хвиль із заданим кроком із заданого спектрального діапазону. Їх можна використовувати, якщо хочемо побудувати графіки спектральних характеристик в таких математичних системах, як MathCad, MathLab, Mathematica, Origin і т.д.

Наприклад, промодельюємо вплив перехідного шару на спектральні характеристики четвертьхвильового шару при робочій довжині хвилі $\lambda_0=630$ нм. Будемо вважати, що показник заломлення перехідної області має такі розподіли: ступінчастий, логарифмічний, лінійний, квадратичний та експоненціальний. Для того, щоб промодельювати потрібний розподіл показника заломлення в перехідному шарі, будемо розбивати його на маленькі частини і показник заломлення в кожній із них буде змінюватись за вказаним законом.

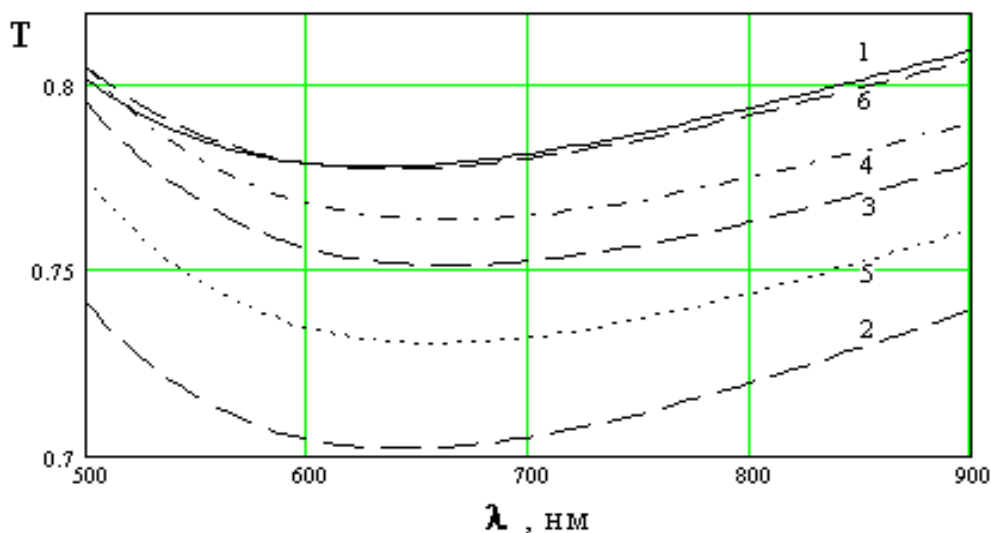


Рис. 5. Спектральні характеристики одиночного четвертьхвильового шару в ідеальному випадку та при наявності перехідної області з різними розподілами показника заломлення: 1 – ідеальний випадок; 2 – зі ступінчастим розподілом показника заломлення; 3 – з лінійним розподілом показника заломлення; 4 – з квадратичним розподілом показника заломлення; 5 – з логарифмічним розподілом показника заломлення; 6 – з експоненціальним розподілом показника заломлення.

На рисунку 5 показано результати моделювання впливу перехідного шару з різними розподілами показника заломлення на спектральні характеристики четвертьхвильового шару при робочій довжині хвилі $\lambda_0=630$ нм. Виявлено, що розподіли показника заломлення впливають на відхилення спектральних характеристик від ідеального випадку у такому порядку, спочатку йде ступінчастий, далі йдуть логарифмічний, лінійний, квадратичний та експоненціальний. Числові результати отримано за допомогою моделювання на сайті <http://matinfo.16mb.com>, а графіки, на основі цих значень, побудовано в математичній системі MathCad.

Також на розробленому Інтернет-ресурсі можна знайти інформацію про найбільш поширені оптичні матеріали та їх показники заломлення, наведено відомості про різні оптичні покриття, такі як просвітлюючі та дзеркальні покриття, світлорозділювачі, ослаблювачі, поляризатори та різного роду оптичні фільтри [3-8].

Список використаної літератури

1. Abeles F. Matrix method // Ann.de Physique. – 1950. V.5. – P. 596-640.
2. Furman Sh., Tikhonravov A.V. Basics of optics of multiplayer systems. – Editions Frontiers, Gif-sur Yvette, 1992. – 242 p.
3. Крылова Т. Н. Интерференционные покрытия. – Л.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
4. Путилин Э.С. Оптические покрытия. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 227с.
5. Риттер Э. Плёночные диэлектрические материалы для оптических применений // Физика тонких плёнок. – М.: Мир, 1978. – т.8. – С.7-27.
6. Фурман Ш. А. Тонкослойные оптические покрытия. – Л.: Машиностроение, 1978. – 264 с.
7. Хасс Г., Франкомб М., Гофман Р. Физика тонких пленок / Пер. с англ. под ред. А.Г. Ждана і В.Б. Сандомирского . – М.: Мир, 1975. – Т.8. – 359 с.
8. Яковлев П.П., Мешков Б.Б. Проектирование интерференционных покрытий. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.