

О.В. МІЦА, В.І. ПЕЦКО, В.В. СПАЧИНСЬКИЙ
ДВНЗ “Ужгородський національний університет”, Ужгород,
alex.mitsa@uzhnu.edu.ua

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ СТРУКТУР ОПТИЧНИХ БАГАТОШАРОВИХ СИСТЕМ

При синтезі оптичних шаруватих покриттів необхідно розв’язати декілька задач вибору.

Перша із таких задач – це вибір методу для синтезу. Існують різні підходи синтезу структур оптичних багатошарових систем з наперед заданими характеристиками. Серед аналітичних методів можна відмітити два – ефективних границь і еквівалентних шарів [1]. Метод ефективних границь базується на аналізі шаруватих систем, які мають певну структуру. Метод еквівалентних шарів побудований на аналізі шаруватих систем, які складаються з симетричних комбінацій плівок, що періодично повторюються. Цей метод отримав широке застосування при конструюванні як діелектричних, так і металодіелектричних фільтрів відрізаючого типу, світлоподільних та поляризуючих покриттів. Основними перевагами їх є простота конструкцій і, як правило, невелика кількість різних матеріалів, з яких складаються шари. З іншого боку, досягати результати, які можна отримати, використовуючи методи багатовимірного пошуку [2, 3], ці методи не можуть.

Другою задачею є вибір цільової функції, яка б найбільш відображала очікуваний результат.

Математично задача оптимізації параметрів оптичного покриття в загальному вигляді формулюється таким чином: потрібно мінімізувати скалярну функцію F в досліджуваній області, тобто:

$$F(\mathbf{x}^*) = \min_{\mathbf{x} \in D} F(\mathbf{x}), \quad (1)$$

де \mathbf{x} – $2m$ -мірний вектор-стовпчик, визначений на лінійному просторі E_{2m} . Параметрами цього вектору є показники заломлення n_j і товщини шарів d_j .

В залежності від методу, цільова функція може мати різний вигляд.

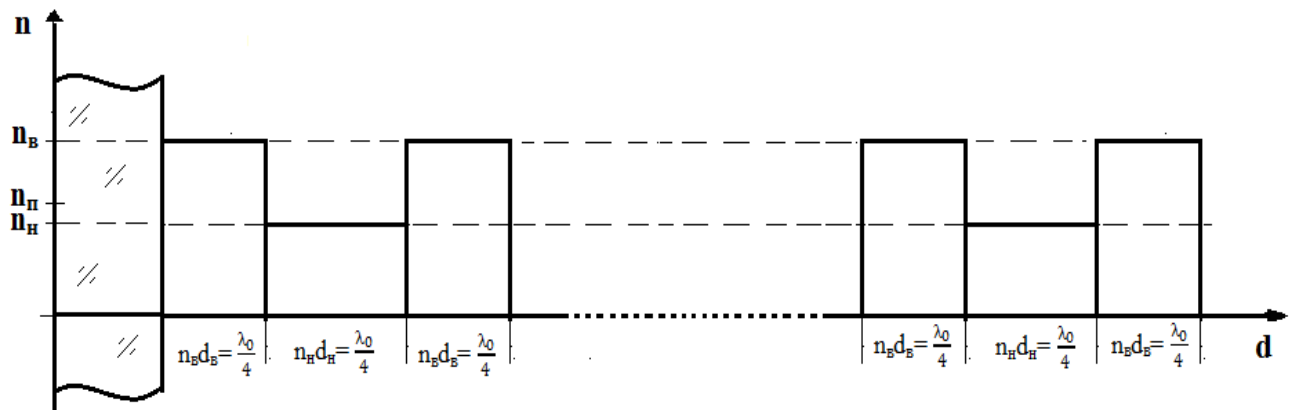
Третьою задачею є вибір засобів для реалізації того чи іншого методу.

Це можуть бути такі математичні програмні пакети, як MatCAD, Maple, MathLAB, Origin і т.д. А може бути одна з мов програмування, на якій безпосередньо реалізовано вибраний метод. Основними перевагами математичних програмних пакетів є зручність, наочність, простота у використанні. З іншого боку, вони є повільнішими, ніж написаний програмний продукт на одній з мов програмування та із ростом розмірності задачі ця причина стає досить важливим фактором.

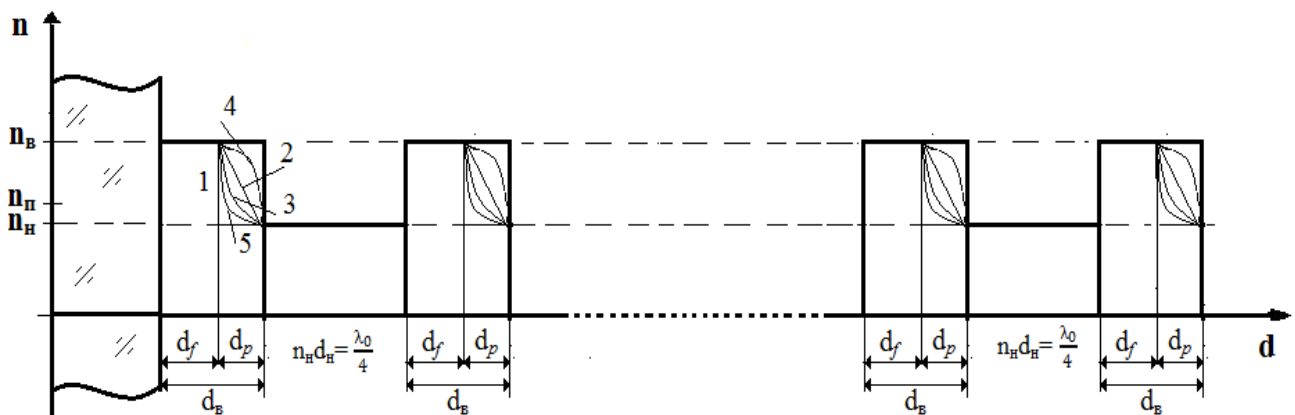
Четвертою задачею є вибір матеріалів з яких може складатись оптична багатошарова система.

При моделюванні та оптимізації структур оптичних фільтрів, які б дозволяли досягати наперед задані спектральні характеристики, необхідно враховувати особливості матеріалів, з яких будуть формуватися самі шари. Це такі особливості, як частково неоднорідність сформованого шару, дисперсія, окислення, опромінення, нанодефекти [4] і т.д. Звичайно, можна відмовитись від використання таких шарів, але це обмежить можливості розробника у виборі засобів і, відповідно, часто не дозволить у потрібній мірі досягнути результат. Тому є велика необхідність в умінні моделювати ці особливості матеріалів і враховувати їх при створенні програмних комплексів. Використання некристалічних матеріалів суттєво розширює арсенал засобів для розробки оптичної системи. Тому внесення інформації про їх часткову неоднорідність (див. рис.) дозволяє побудувати адекватну модель оптичної структури.

П’ятою задачею є вибір засобів для перевірки стійкості до похибок спроектованої оптичної багатошарової системи. Основними методами в цій задачі є методи Монте-Карло. Внесення інформації про похибку в значення цільової функції дозволить спроектувати структуру, яка, крім потрібних спектральних характеристик, забезпечить і більшу стійкість до похибок.



а)



б)

Рис. Модель оптичної структури з чергуючимися шарами:

а) без врахуванням часткової неоднорідності високозаломлюючого шару;

б) з врахуванням часткової неоднорідності високозаломлюючого шару з різним характером зміни показника заломлення

Оптичні багат шарові системи широко використовуються в електродинаміці відкритих структур, апаратурі для контролю довкілля, оптичних систем космічної техніки, в сфері оптичного приладобудування, інтегральної оптики, рентгенівської та нейтронної спектроскопії. Очевидно, що якість кінцевого приладу у великій мірі залежить від якості проведеного синтезу оптичної багат шарової системи, що використовується в ній.

Робота виконується при підтримці МОН України проект ДБ-843 “Емісійна спектроскопія стимульованих поліморфних перетворень і приповерхневого окислення в матеріалах халькогенідної фотоніки” (№0115U001095).

1. Furman Sh.. Basics of optics of multiplayer systems / Sh.Furman., A.V. Tikhonravov Editions Frontiers, Gif-sur Yvette, 1992. – 242 p.
2. Стецюк П.И., Мица А.В. О задачах оптимизации параметров для многослойных оптических покрытий // Кибернетика и системный анализ. – Киев, 2005. – С.107–115.
3. Мица О.В., Стецюк П.И. Задача знаходження оптимальних параметрів однорідного оптичного покриття // Теорія оптимальних рішень. – № 2. – Київ, 2003. – С.127–134. Шор Н.З. Методи мінімізації недифференціруемых функций и их приложения. Киев: Наукова думка, 1979. 200 с.
4. Mitsa A.V., Fekeshgazi I.V., Geche F.E., Kotsovsky V.M. Mathematical modeling of influence of layer nanodefects on the light transmission by optical elements with multilayer interference systems // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (89). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 53-60.