

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ СИСТЕМ, ЯКІ МАЮ ШАРУВАТУ СТРУКТУРУ

Спачинський В.В., Міца О.В.

ДВНЗ “Ужгородський національний університет”, Ужгород
e-mail: vasil.spachynskyu@uzhnu.edu.ua, alex.mitsa@uzhnu.edu.ua

Розробка програмного забезпечення для автоматизації розрахунків різних характеристик шаруватих покриттів дозволяє суттєво полегшити роботу інженерів-проектувальників при створенні приладів для електродинаміки відкритих структур, апаратури для контролю довкілля, оптичних систем космічної техніки, в сфері оптичного приладобудування, інтегральної оптики, рентгенівської та нейтронної спектроскопії.

Задача розрахунку спектральних характеристик інтерференційного шаруватого покриття (рис. 1) 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 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], зв'язуючих амплітуди полів на сусідніх границях, дозволяє в компактній формі досить послідовно врахувати інтерференційні ефекти у шаруватих структурах всіх типів.

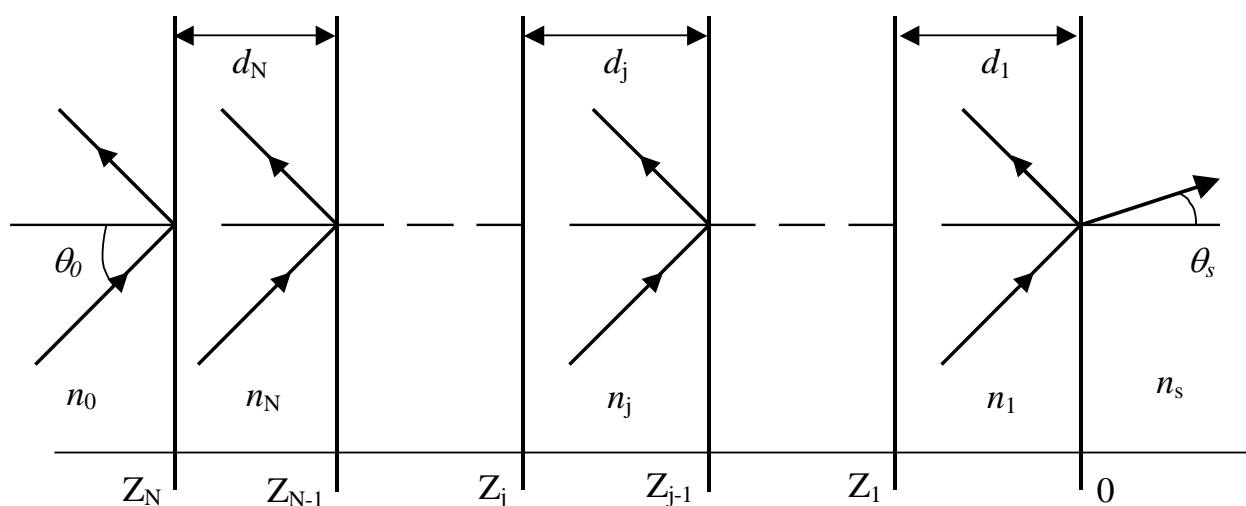


Рис. 1. Структура оптичного шаруватого покриття: $n_s, n_1, \dots, n_N, n_0$ – показники заломлення підкладки, шарів та середовища; d_1, \dots, d_N – геометричні товщини шарів; Z_1, \dots, Z_N – межі розділу.

Існує велика кількість методів синтезу структур оптичних систем. Вони орієнтовані, в основному, на розв'язання частинних задач. Спроби розв'язати задачу синтезу перебором параметрів шарів інтерференційних систем з послідовним розрахунком спектральних характеристик не стали успішними внаслідок надзвичайно великих витрат машинного часу навіть для сучасних комп'ютерів. Серед аналітичних методів синтезу можна відмітити два достатньо потужних методів – еквівалентних шарів і ефективних границь. 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. Метод ефективних границь базується на аналізі шаруватих систем, які мають структуру типу фільтра Фабрі-П'єро, і використовується головним чином для синтезу фільтруючих покриттів. Цей метод дає можливість також отримувати практичні цінні результати при конструюванні багат шарових просвітлюючих покриттів.

Вказані та подібні до них підходи можуть бути реалізовані в таких зручних математичних програмних пакетах, як MathLAB [2], MatCAD, Maple, Origin і т.д. Основним їх недоліком є суттєве зростання часу розрахунку з ростом розмірності задачі.

Досить ефективні результати при розв'язанні задачі синтезу для великих оптичних систем отримуються при використанні методів багатовимірного пошуку [3, 4], таких як методи спряжених градієнтів (Флетчера-Рівса, Поллака-Рібб'єра) та змінної метрики (Девідона-Флетчера-Пауелла, Гольдфарба, Фіакко-Мак-Корміка, Грінстадта). При розв'язанні задачі синтезу оптичної системи, яка складається з невеликого числа шарів, ефективним є використання простіших методів багатовимірного пошуку, таких як метод конфігурацій (Хука-Дживса), Розенброка та найскорішого спуску. При розв'язанні подібного типу задач, які мають складну нелінійну цільову функцію, рекомендується використання саме такого підходу. Значення градієнта при цьому можна обчислювати за допомогою кінцево-різницевого методів.

[1] Abeles F. Matrix method (Ann.de Physique, 596-640, 1950).

[2] Ting-Chung Poon, Taegeun Kim. Engineering Optics With Matlab (World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 260, 2006).

[3] Furman Sh., Tikhonravov A.V. Basics of optics of multiplayer systems (Editions Frontiers, Gif-sur Yvette, 242, 1992).

[4] Stetsyuk, P. I., Mitsa A.V. Parameter Optimization Problems for Multilayer Optical Coatings (Cybernetics and Systems Analysis, 564-571, 2005).