

УЛУЧШЕНИЕ ФУРЬЕ-МЕТОДОВ ЗА СЧЕТ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАЗРЫВОВ ПОЛЯ

Спиридонов С.И. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербаков А.А.
(ИТМО)

Введение. Фурье-модальный метод (ФММ) получил широкое распространение благодаря своей универсальности и сравнительной простоте реализации [1]. Он эффективно применяется для решения задач дифракции и рассеяния на периодических металлических и диэлектрических структурах, моделирования солнечных элементов, а также задач нелинейной оптики. Основная идея метода заключается в решении уравнений Максвелла в усеченном пространстве Фурье с использованием теоремы Блоха. Система дифференциальных уравнений преобразуется в задачу на собственные значения, где требуется обращение матрицы Фурье-компонент диэлектрической проницаемости. Для определения дифракционных порядков используются подходы, основанные на матрице переноса и матрице рассеяния. Этот подход был существенно улучшен благодаря внедрению правил факторизации разрывных функций в пространстве Фурье, известных как правила факторизации Ли [2]. Тем не менее, ФММ имеет свои недостатки, такие как эффект Гиббса, который негативно влияет на сходимость и искажает расчеты ближнего поля, а также необходимость решения матрично-векторной задачи на собственные значения, что требует значительных вычислительных ресурсов.

В данной работе предлагаются новые формулировки Фурье-модального метода для различных геометрий структур, основанные на аналитической регуляризации разрывов поля, которая позволяет минимизировать влияние описанных выше проблем.

Основная часть. Ключевая идея разработанного подхода заключается в раздельном рассмотрении и учете граничных условий для разрывных и непрерывных компонент электрического поля. Это приводит к новым матричным уравнениям в старом базисе плоских волн, в которых нет необходимости обращать матрицу проницаемости. Подход применяется к различным периодическим структурам с периодичностью вдоль одной или двух осей. Результаты численного моделирования показывают, что новые формулировки сохраняют все преимущества классического ФММ с правилами факторизации Ли, но позволяют значительно точнее рассчитывать ближнее поле внутри структуры, минимизировав влияние эффекта Гиббса.

Выводы. Разработаны новые формулировки Фурье-модального метода для одномерных и двумерных решеток различного профиля, в которых разрывное поле регуляризуется за счет аналитического учета граничных условий. Такая формулировка позволяет значительно точнее рассчитывать ближнее поле внутри структуры, минимизировав влияние эффекта Гиббса.

Список использованных источников:

1. M. G. Moharam, E. B. Grann, D. A. Pommet, and T. K. Gaylord, "Formulation for stable and efficient implementation of the rigorous coupled-wave analysis of binary gratings," *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 12, pp. 1068–1076, 5 May
2. Li L. New formulation of the Fourier modal method for crossed surface-relief gratings // *JOSA A*. – 1997. – Т. 14. – №. 10. – С. 2758-2767.