

OPTICS

Костина Н.А., Одаренко Е.Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ, РАССЕЯННОГО НА ДВУХСЛОЙНОМ ЦИЛИНДРЕ

Во многих устройствах оптического и микроволнового диапазона применяются структуры, в поперечном сечении которых показатель преломления изменяется по различным законам. В оптическом диапазоне известны граданы, селфоки, оптоволокно [1]. Цилиндрическая симметрия – один из базовых видов симметрии, используемых при разработке устройств градиентной и волоконной оптики. В связи с этим проводятся интенсивные исследования закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с многослойными цилиндрическими структурами [2].

Целью данной работы является создание программных средств визуализации распределения амплитуды поля, рассеянного на бесконечном двухслойном диэлектрическом цилиндре, внутри структуры и за ее пределами. Расчеты проводились для случая волны с параллельной поляризацией, где вектор напряженности электрического поля параллелен образующей цилиндра (рис. 1).

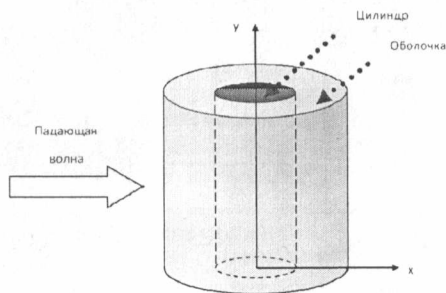


Рисунок 1 – Схема падения волны на двухслойный цилиндр

При решении задачи о дифракции волны на структурах с такой конфигурацией принято использовать выражения для полей, записанные с помощью цилиндрических функций. В частности, поле электрической составляющей в оболочке цилиндра представляется следующим образом:

$$E_y(r, \phi) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} (C_m J_n(kr) + D_m Y_n(kr)) e^{im\phi}$$

где: C_m, D_m – коэффициенты, определяемые из граничных условий;
 J_n, Y_n – функции Бесселя первого и второго рода соответственно;
 r и ϕ – радиальная координата и азимутальные координаты;
 k – волновое число.

На основе решения задачи дифракции был разработан расчетный проект в системе компьютерной алгебры MathCAD для визуализации пространственного распределения амплитуды координатных компонент поля внутри структуры и за ее пределами. На рис. 2 представлены результаты расчетов для электрической компоненты поля. Показатели преломления сердцевины и оболочки равны 1,14 и 1,414 соответственно. На рис. 2(а) диаметр сердцевины структуры примерно в два раза меньше длины волны излучения, на рис. 2(б) эти величины равны. В результате рассеяния волны формируются локальные максимумы поля внутри оболочки структуры и за ее пределами. В частности, на рис. 2(а) реализуется три амплитудных максимума за пределами двухслойного цилиндра, один из которых соответствует фокусировке поля справа от структуры, т. е. со стороны, противоположной направлению падения волны. Внутри оболочки также наблюдается три области фокусировки излучения, соответствующие светлым пятнам. На рис. 2(б) за пределами двухслойного цилиндра наблюдается одна область фокусировки, две области формируются на его поверхности и несколько – внутри оболочки, среди которых выделяются две наиболее интенсивные.

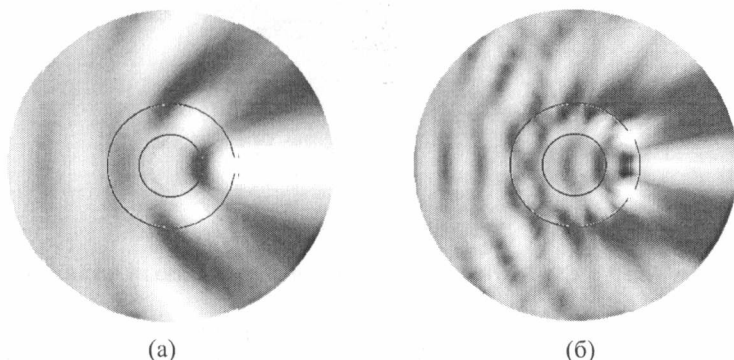


Рисунок 2 – Пространственное распределение амплитуды поля, рассчитанное в системе MathCAD.

Для проверки достоверности полученных результатов были проведены расчеты с применением метода FDTD в пакете МЕЕР [3]. На рис. 3 представлены результаты расчетов пространственного распределения электрического поля для тех же значений параметров системы, что и на рис. 2.

Следует отметить несколько различий принцип построения картин поля в используемых программах. В MathCAD производился расчет модуля амплитуды поля, поэтому яркие светлые участки соответствуют максимальным значениям амплитуды. В МЕЕР пространственное распределение поля строится с учетом его фазы, т. е. положительные и отрицательные полупериоды отмечаются различными цветами. В данном случае информацию о величине амплитуды поля несет насыщенность участка, а не его цвет. С учетом этих отличий можно сделать вывод об удовлетворительном соответствии результатов. Например, на рис. 3(а) в оболочке цилиндра формируется три максимума, как и на рис. 2(а), причем один из них обозначается светлым, а два других – темными участками, что свидетельствует о противофазности полей в этих областях фокусировки излучения. Подобная ситуация наблюдается при сравнении рис. 2(б) и 3(б), где в правой части структуры наблюдается четыре максимума амплитуды поля. На рис. 2(б) они обозначены светлыми пятнами, а на рис. 3(б) – чередующимися светлыми и темными пятнами.

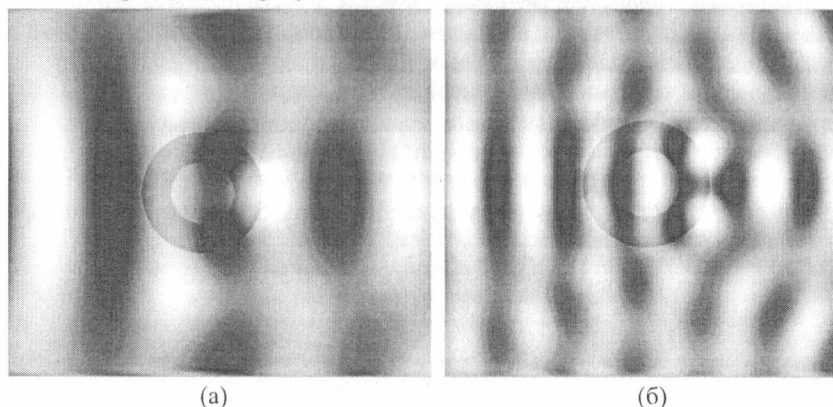


Рисунок 3 – Пространственное распределение амплитуды поля (МЕЕР).

Литература:

1. Василевский А.М., Кропоткин М.А., Тихонов В.В. Оптическая электроника // Энергоатомиздат. – 1990. – 176 с.
2. Balanis C.A. Advanced engineering electromagnetic // John Wiley & Sons. – 1989. – 981 pp. Wang N. Electromagnetic Scattering from a Dielectric-Coated Circular Cylinder // IEEE Trans. of Antennas and Propagation. – 1985. – Vol. AP-33, No 9. – P. 960-963.
3. F. Oskooi, D. Roundy, M. Ibanescu et al. МЕЕР: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // Computer Physics Communications. – 2010. – 181. – pp. 687-702.