

251657216 Штрихова міра з шириною смуги l розрізняється при заданому значенні контрасту, але це не значить, що за таких умов буде розрізнятися і окремий елемент з характерним розміром l . Тому для дослідження роздільної здатності запропоновано використовувати тест-об'єкт зображений на рисунку 2. Він складається з круглих об'єктів, діаметри яких зменшуються по горизонталі, наприклад, у математичній прогресії із знаменником n , а контраст змінюється за таким же законом по вертикалі.

Зауважимо, що для кожного значення контрасту буде своя просторово-частотна характеристика, яка і визначатиме роздільну здатність, про що й було сказано раніше.

Визначення такої важливої характеристики ТІВС як роздільна здатність потребує особливої уваги. Зокрема, потрібно удосконалювати підходи відповідно до поставлених технічних вимог при кількісному аналізі контрасту.

Література

1. Маркін М.О., Маркіна О.М., Агінський Ю.А. «Визначення геометричних розмірів мікрооб'єктів за допомогою телевізійних вимірювальних систем.» Вісник Національного технічного університету України 46 (2013): 64-70.
2. В.А. Порев, Ф.М. Тавальбех Автоматизований комплекс для дослідження характеристик телевізійних засобів контролю // Методи та прилади контролю якості №2, 1998, ст. 88-92

Сашкова Я. В., Одаренко Е. Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОКУСИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ЛИНЗ

Задачи, связанные с рассеянием электромагнитного излучения на цилиндрических структурах, довольно давно привлекают внимание исследователей. Причиной этого является базовый характер таких объектов для различных отраслей радиоэлектроники и оптики. Дифракция волн на цилиндрах различных конфигураций интенсивно исследуется в различных отраслях науки и техники [1, 2].

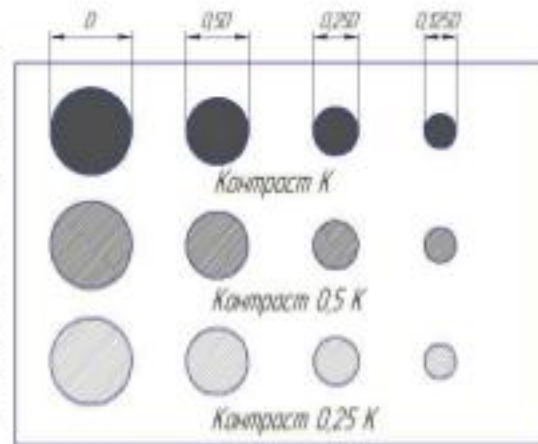


Рисунок 2 – тест-об'єкт для визначення контрасту

В частности, многослойные цилиндры используются для моделирования оптических волокон и различных устройств градиентной оптики, среди которых наиболее известными являются линзы Лунеберга и Итона-Липмана [3].

Перспективным также является изучение одной из классических разновидностей градиентных оптических систем – линзы под названием «рыбий глаз» Максвелла [4]. В этой системе отсутствуют все aberrации, кроме дисторсии и кривизны поля изображения.

В данной работе рассматривается важная проблема визуализации двумерного пространственного распределения электромагнитного поля волны, рассеянной на многослойном диэлектрическом цилиндре. С помощью разработанного расчетного проекта (использовалась система компьютерной алгебры MathCAD) получены пространственные распределения амплитуды электрического поля внутри и за пределами многослойной линзы. Проект позволяет проводить исследования для произвольного количества слоев структуры, их геометрических размеров и материальных параметров. Следует отметить, что показатели преломления слоев могут быть отрицательными, т.е. разработаны средства компьютерного моделирования для исследования структур, содержащих метаматериалы.

Рассматривается бесконечный вдоль оси Oz многослойный цилиндр (число слоев N) с произвольными материальными параметрами. Показатель преломления сердцевины n_1 , показатель преломления слоев n_j , где j – номер слоя. Вдоль положительного направления оси Ox на структуру падает электромагнитная волна с параллельной поляризацией. Это означает, что вектор напряженности электрического поля направлен параллельно образующей цилиндра, т.е. вдоль оси Oz. Схема исследуемой структуры представлена на рис. 1.

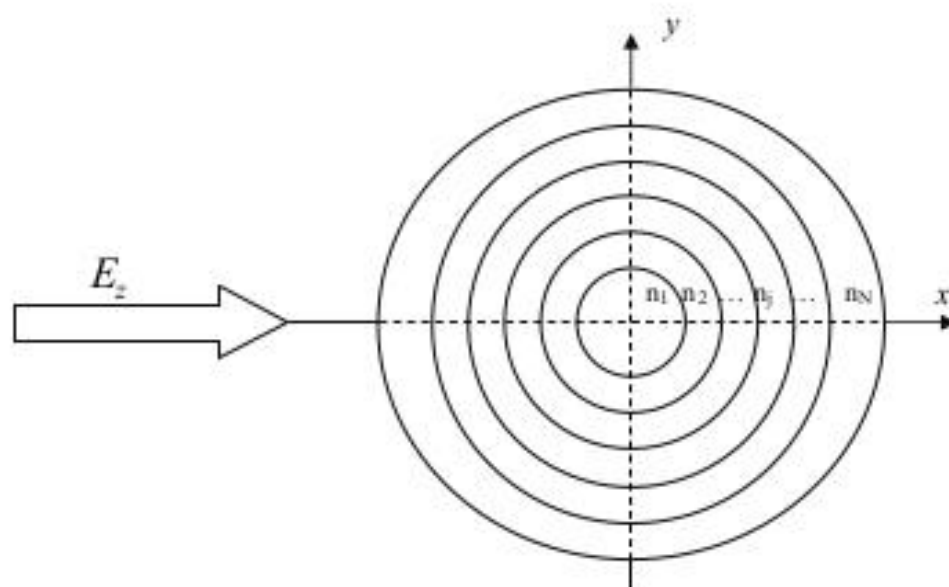


Рисунок 1 – Падение волны на многослойный цилиндр

Для записи полей в различных областях исследуемой системы используется стандартное представление через цилиндрические функции:

– Волна, падающая на цилиндр $E_z^0 = E_0 \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-i)^m J_m(k_0 r) e^{im\varphi}$ (1)

– Рассеянная цилиндром волна $E_z^a = E_0 \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m H_m^{(1)}(k_0 r) e^{im\varphi}$ (2)

– Поле в сердцевине структуры $E_z^j = E_0 \sum_{m=-\infty}^{\infty} B_m J_m(k_1 r) e^{im\varphi}$ (3)

– Поле внутри j -го слоя $E_{z3} = E_0 \sum_{m=-\infty}^{\infty} (C_m J_m(k_j \rho) + D_m Y_m(k_j \rho)) e^{im\varphi}$ (4)

Здесь: J_m – функция Бесселя; Y_m – функция Неймана; $H_m^{(1)}$ – функция Ханкеля 1-го рода; k_0, k_1, k_j – волновые числа окружающей среды, сердцевины цилиндра и j -го слоя соответственно; A_m, B_m, C_m, D_m – амплитудные коэффициенты.

Решение такой задачи даже для небольшого количества слоев является весьма громоздким и приводит к сложным выражениям для неизвестных амплитудных коэффициентов. Поэтому при реализации расчетного алгоритма была выбрана матричная форма записи системы линейных алгебраических уравнений:

$$[M] \cdot [R] = [B], \quad (5)$$

где $[M]$ – матрица системы; $[R]$ – вектор-столбец неизвестных коэффициентов; $[B]$ – вектор-столбец правых частей неоднородной системы уравнений.

В этом случае для решения системы уравнений можно использовать хорошо развитый аппарат компьютерных матричных вычислений и в итоге свести расчеты к простой операции перемножения двух матриц:

$$[R] = [M]^{-1} [B]. \quad (6)$$

На рис. 2 представлены результаты расчета пространственного распределения интенсивности электрического поля, рассеянного многослойным цилиндром. Количество слоев $N = 10$, отношение диаметра цилиндра к длине падающей волны $D/\lambda = 0,1$ (рис. 2а) и $0,2$ (рис. 2б). Толщина слоев на рис. 2а увеличивается в арифметической прогрессии с шагом $d=0,15$, на рис. 2б изменяется периодически: $0,1$ и $0,2$ мм. Показатель преломления линейно возрастает от центра к периферии.

Очевидно, что в данном случае происходит фокусировка излучения внутри многослойной структуры. На рис. 2а наблюдается формирование одного фокуса в пределах многослойной оболочки. В системе с периодической струк-

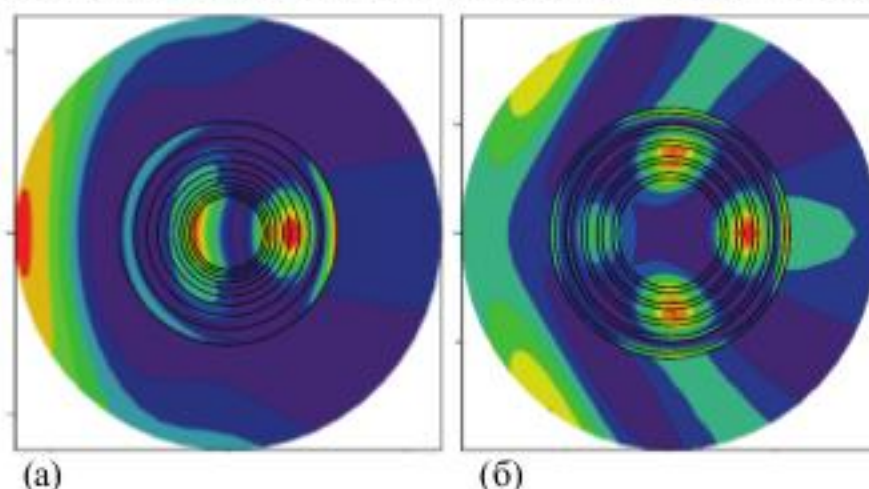


Рисунок 2 – Результаты расчета

турой оболочки очевидно наличие четырех фокусов, равномерно распределенных по азимутальной координате (рис. 2б). Следовательно, в этом случае фактически происходит формирование кольцевого резонатора.

Наглядное представление пространственного распределения рассеянного поля позволяет исследовать фокусирующие свойства различных градиентных систем с цилиндрической симметрией.

Литература

1. Muhammad A. Analytical solution to scattering of N plane waves by a coated circular cylinder // Int. Conf. on Electromagnetics, Wireless and Optical Communications. – 2005. – P. 130-136.
2. Hongo K., Kumazawa M., Hori H. Scattering of electromagnetic plane waves by a circular cylinder // IEEE Transactions. – 1977. – Vol. 25. – P. 898 – 900.
3. Котляр В.В., Личманов М.А. Дифракция плоской электромагнитной волны на градиентном диэлектрическом цилиндре // Компьютерная оптика. – 2003. – Вып. 25 – С. 11–15.
4. Kinsler P., Tan J., Thio T., Trant C., Kandapper N. Maxwell's Fishpond // Eur. J. Phys. – 2012. – Vol.33. – P. 1737-1750.