

УДК 539.574.6

## К ВОПРОСУ О ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА СЛОИСТОЙ СИСТЕМЕ СКРЕЩЕННЫХ РЕШЕТОК

*Я. С. Комиссаров*

Предложен способ решения дифракционных задач для многослойных скрещенных структур, удобный для расчета энергетических, фазовых и поляризационных характеристик переизлученных ими полей. Данный способ решения может найти применение при разработке некоторых микроволновых устройств преобразования электромагнитного поля

В работе [1] рассмотрена задача о дифракции плоских волн на скрещенной структуре, образованной из двух периодических решеток, состоящих из металлических брусьев прямоугольного поперечного сечения. Решение данной задачи проведено с использованием эвристического приема [2], в основе которого заложен интерференционный принцип непосредственного суммирования многократных отражений электромагнитной волны от слоев (решеток) исследуемой структуры. Это позволило с высокой степенью точности определить основные энергетические, фазовые и поляризационные характеристики поля, переизлученного двухслойной системой скрещенных решеток, расположенных одна от другой на расстоянии, при котором поверхностные поля каждой из них не взаимодействуют с соседней решеткой. Полученные в [1] выражения ортогонально поляризованных компонент записаны через комплексные значения амплитуд нулевых гармоник полей, дифрагированных отдельными решетками, входящими в анализируемую скрещенную структуру.

Поскольку предложенный в указанной работе способ решения краевой электродинамической задачи оказался эффективным для изучения волновых процессов на двух скрещенных решетках, представляется интересным распространить его на многослойную структуру, отдельные решетки которой ориентированы произвольно в параллельных плоскостях. Такого рода системы нашли применение в качестве регулируемых поляризационных преобразователей и аттенюаторов [3], при трансформации волн одного типа в другой [4], управлении фазой волны и поворотом плоскости поляризации, а также разделении волны на ортогональные составляющие [5]. Расчет этих устройств обычно производится на основе экспериментальных данных либо путем их сведения к эквивалентным схемам, возможности которых ограничены, в то время как учет процесса многократных переотражений волн в пространстве между любыми слоями не накладывает никаких ограничений на коэффициенты заполнения, форму поперечного сечения проводников и соотношение между периодами решеток. Данный способ может оказаться перспективным при создании ряда основных функциональных элементов некоторых микроволновых и квазиоптических устройств преобразования электромагнитного поля, так как позволяет по дифракционным кривым, построенным для всей длинноволновой области, выбрать геометрические параметры и взаимное расположение решеток, удовлетворяющие условиям поставленной практической задачи.

При изучении явлений дифракции нормально падающих  $E$ - и  $H$ -поляризованных волн на слоистую систему скрещенных решеток рассмотрение случаев трех, четырех и т. д. слоев по аналогии с матричным методом [6] удобно сводить к анализу свойств «двойной» структуры. Добавляя к ней очередной слой, можно исследовать амплитудные, фазовые и поляризационные характеристики вторичных полей, если известны комплексные величины коэффициентов отражения и прохождения ортогональных компонент волны, переизлученной данной структурой и последней  $N$ -й решеткой вновь полученной скрещенной системы. В связи с этим, не делая здесь промежуточных математических преобразований, подобных приведенным в работе [1], отметим, что полученные в ней выражения (2) остаются справедливыми и для многослойной структуры, если вместо коэффициентов прозрачности  $b_1$  и  $d_1$  нулевых гармоник дифракционного спектра подставить соответственно

$$b_N = b_{N-1} (B_{eN} + f_{eN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{enN} + \psi_{eN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{jnN}); \quad (1)$$

$$d_N = d_{N-1} (B_{jN} + f_{jN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{enN} + \psi_{jN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{jnN}), \quad (2)$$

а коэффициенты  $a_1$  и  $c_1$ , характеризующие отражательные свойства первой решетки, заменить выражениями

$$a_N = a_{xN} (a_N \cos^2 \varphi_N + c_N \sin^2 \varphi_N) + c_{yN} (a_N - c_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N + \\ + u_{eN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{enN} + v_{eN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{jnN}; \quad (3)$$

$$c_N = c_{yN} (a_N \sin^2 \varphi_N + c_N \cos^2 \varphi_N) + a_{xN} (a_N - c_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N + \\ + u_{jN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{cnN} + v_{jN} \sum_{n=1}^{\infty} B_{jnN}, \quad (4)$$

где

$$B_{eN} = B_{exN} + B_{jxN}, \quad B_{jN} = B_{eyN} + B_{jyN}, \\ B_{exN} = a_{xN} (b_N \cos^2 \varphi_N + d_N \sin^2 \varphi_N) \exp[i(kr_N)], \\ B_{jxN} = c_{yN} (b_N - d_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N \exp[i(kr_N)], \\ B_{eyN} = c_{yN} (b_N \sin^2 \varphi_N + d_N \cos^2 \varphi_N) \exp[i(kr_N)], \\ B_{jyN} = a_{xN} (b_N - d_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N \exp[i(kr_N)]; \quad (5)$$

$$B_{e(n+1)N} = f_{eN} B_{enN} + \psi_{eN} B_{jnN}, \quad B_{j(n+1)N} = f_{jN} B_{enN} + \psi_{jN} B_{jnN}; \quad (6)$$

$$a_{xN} = b_{x(N-1)} (a_N \cos^2 \varphi_N + c_N \sin^2 \varphi_N) \exp[i(kr_N)] + \\ + d_{x(N-1)} (a_N - c_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N \exp[i(kr_N)]; \quad (7)$$

$$c_{yN} = b_{x(N-1)} (a_N - c_N) \sin \varphi_N \cos \varphi_N \exp[i(kr_N)] + \\ + d_{x(N-1)} (a_N \sin^2 \varphi_N + c_N \cos^2 \varphi_N) \exp[i(kr_N)]. \quad (8)$$

На рис. 1, 2 приведены вычисленные с помощью полученных выражений некоторые результаты расчетов на ЭВМ, характеризующие энергетическое, фазовое и поляризационное состояния волны, дифрагирован-

ной слоистой системой из четырех скрещенных под углом  $\varphi = 30^\circ$  одинаковых решеток с геометрическими параметрами ( $\Delta = 1$  — отношение периодов решеток,  $h = l/2$  и  $\Theta = 0,5$  — соответственно их толщина и коэффициент заполнения,  $x = 0,75$  — отношение периода решеток  $l$  к длине падающей на них  $E$ -поляризованной волны). Здесь  $|a_{0x}|$ ,  $|a_{0y}|$  и  $|b_{0x}|$ ,  $|b_{0y}|$  — ортогональные компоненты в отраженной и прошедшей волнах,  $\Phi_{\text{отр}}$  и  $\Phi_{\text{пр}}$  — соответствующие углы сдвига фаз в зависимости от расстояния между решетками  $r$ ;  $|K_{\text{отр}}|$  и  $|K_{\text{пр}}|$  — коэффициенты эллиптичности,  $|\beta_{\text{отр}}|$  и  $|\beta_{\text{пр}}|$  — углы пространственной ориентации поляризационного эллипса.

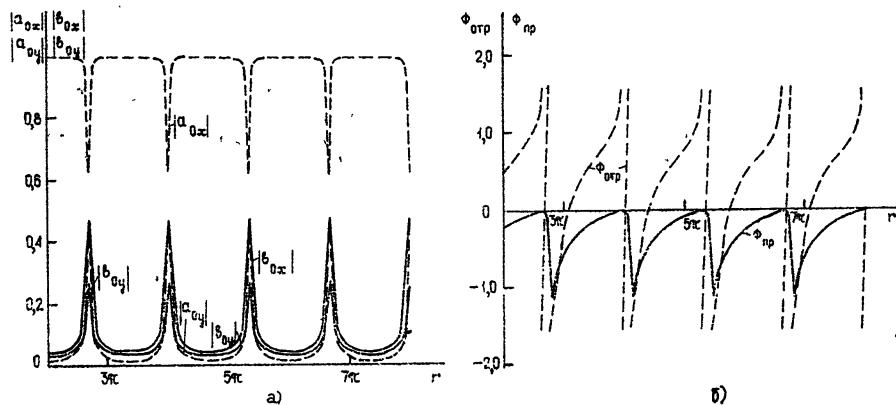


Рис. 1.

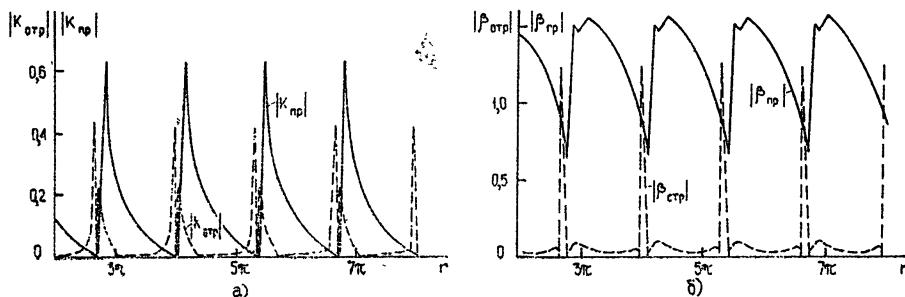


Рис. 2.

Представленные графические зависимости показывают, как путем изменения расстояния между решетками можно управлять основными электродинамическими характеристиками волны, переизлученной рассмотренной многослойной структурой. Развитый в данной работе способ решения дифракционных задач может оказаться эффективным при численном исследовании энергетических, фазовых и поляризационных свойств слоистых систем скрещенного типа и создании на их основе упомянутых выше устройств преобразования электромагнитного поля.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 А. И. Адонина, А. М. Андрусенко, Я. С. Комиссаров, В. А. Павлюк, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 12, № 8, 1213 (1969).
- 2 Л. М. Бреховских, Волны в слоистых средах, изд. АН СССР, М., 1957
- 3 Р. А. Валитов, С. Ф. Дюбко и др. Техника субмиллиметровых волн, изд. Сов. радио, М., 1969.

4. П. Л. Капица, сб. Электроника больших мощностей, вып. 4, изд. Наука, М., 1965.
5. Д. Б. Канарейкин, Н. Ф. Павлов, В. А. Потехин, Поляризация радиолокационных сигналов, изд. Сов. радио, М., 1966.
6. А. И. Адонина, Я. С. Комиссаров, В. А. Павлюк, Радиотехника и электроника, 14, № 6, 1096 (1969).

Славянский государственный педагогический институт

Поступила в редакцию  
18 декабря 1974 г.

THE PROBLEM OF ELECTROMAGNETIC WAVE DIFFRACTION BY  
A MULTI-LAYER CROSSED-LATTICE SYSTEM

*Ya. S. Komissarov*

A method is suggested to solve the diffraction problem for multi-layer crossed structures useful for calculating energetic, phase and polarization characteristics of re-radiated fields. The method of solution may be applicable to designing some microwave devices for transformation of the electromagnetic field.

---