

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ НА ДВУХЭЛЕМЕНТНЫХ РЕШЕТКАХ

Г. Г. Половников

Харьков

Экспериментально исследовано поведение электромагнитного поля, дифрагированного структурой, на периоде которой произвольно размещены две хорошо проводящие бесконечно тонкие ленты различной ширины.

Строгое решение задачи дифракции на двухэлементной решетке и анализ полученных результатов, проведенный в работах [1, 2], указывает на существенное отличие распределения полей высших дифракционных гармоник по сравнению с дифракционными амплитудами одноэлементных решеток. Это различие выражается в том, что отклонение положения лент от симметричного вызывает пространственную асимметрию дифрагированного поля.

В работе [3] дифрагированное поле на двухэлементной решетке рассматривается как суперпозиция полей двух невзаимодействующих одноэлементных решеток. Такой подход существенно сокращает объем вычислительных работ при расчете дифракционных характеристик и в то же время обеспечивает хорошее совпадение результатов для случаев, когда длина волны меньше периода решетки. Возможность управления амплитудами высших дифракционных гармоник путем механического перемещения лент на периоде решетки делает перспективным использование подобных устройств в качестве регулируемых ответвителей в квазиоптической технике.

Дифрагированное поле в областях, разделенных решеткой в случае Е-поляризованной нормально падающей плоской волны

$$\vec{E}_{\text{пад}} = \vec{i}e^{-ikz} \quad (k \text{ — волновое число}),$$

запишем в виде

$$E_x = e^{-ikz} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n e^{ih_n z} e^{i \frac{2\pi n}{l} y}, \quad z > 0; \\ \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n e^{-ih_n z} e^{i \frac{2\pi n}{l} y}, \quad z < 0; \end{array} \right.$$

где

$$h_n = \sqrt{k^2 - \left(\frac{2\pi n}{l}\right)^2} = \frac{2\pi |h|}{l} \sqrt{\frac{x^2}{n^2} - 1}, \quad x = \frac{l}{\lambda}.$$

( $l$  — период решетки) Временной множитель  $e^{-i\omega t}$  опущен.

Решение задачи дифракции заключается в определении неизвестных коэффициентов  $a_n$  и  $b_n$  как функций частоты и параметров решетки. Методы нахождения их приведены в работе [2]. Здесь мы только отметим, что  $a_n = b_n$  ( $n \neq 0$ ),  $a_0 + 1 = b_0$  и что распространяющиеся дифракционные гармоники могут существовать, когда  $h_n$  является вещественным или при  $x \geq |n|$ . Для исследования характеристик дифракционных гармоник с индексами, отличными от нуля в дальней зоне, необходимо, чтобы параметр  $x$  был больше единицы. В условиях нашего эксперимента было принято для всех решеток  $x = 1,5$ .

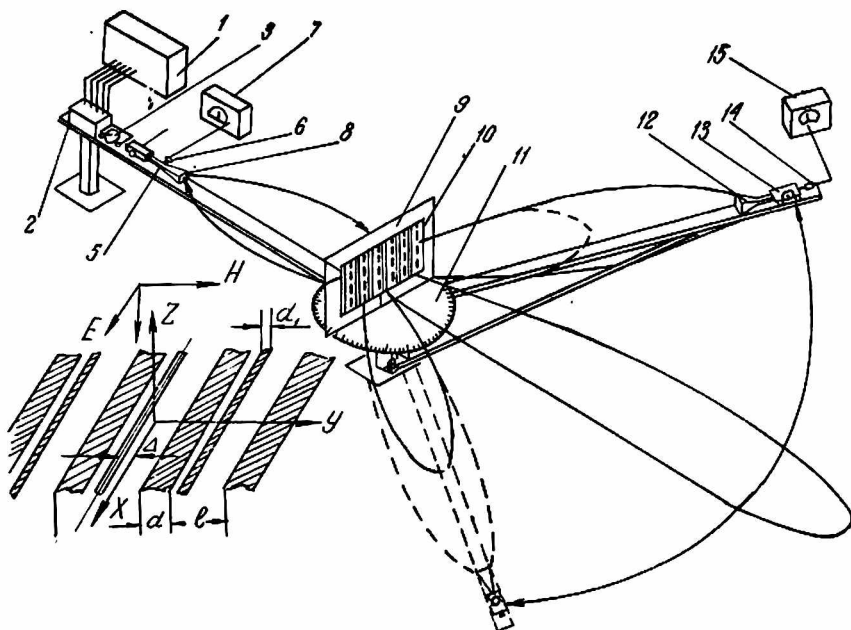


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения амплитудных характеристик дифрагированного поля.

Результаты теории получены при существенных ограничениях, налагаемых как на падающую волну (плоский фазовый фронт, однородное поле), так и на исследуемую структуру (идеальная проводимость лент, бесконечная протяженность решетки). Выполнение указанных противоречивых условий практически невозможно; однако, пользуясь рекомендациями, указанными в работе [4], удастся найти компромиссные решения при постановке эксперимента.

Для исследования выбран четырехмиллиметровый диапазон волн. В этом случае расстояния, на которых формируется почти плоский фазовый фронт электромагнитного поля (дальняя зона), сравнительно невелики.

Измерения проводились на установке, блок-схема которой изображена на (рис. 1). Здесь помещенный в масляную ванну (для охлаждения и стабилизации температуры) клистрон 2 запитывается от стабилизированного блока питания 1. Атенюатор 3 является развязкой генератора с основным трактом. Для контроля частоты и излучаемой мощности используется резонансный волномер 4 и детекторная головка 6 с направленным ответвителем 5. Индикатор — измерительный усилитель 7. Электромаг-

нитное поле, излучаемое рупором с корректирующей линзой 8 облучает исследуемую структуру 10, помещенную за поглощающим экраном 9, размер отверстия в котором выбирается из графика, приведенного в [4].

Приемник, состоящий из приемного рупора 12, аттенюатора 13, детектора 14 и измерительного усилителя 15, помещается на кронштейне, который может вращаться вокруг оси решетки. Отсчет угла поворота производится с помощью лимба 11.

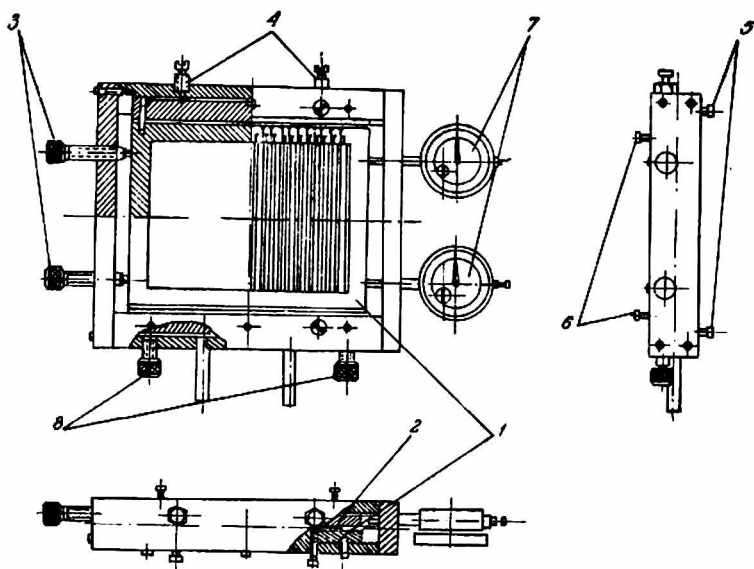


Рис. 2. Конструкция каретки для крепления решеток.

При эксперименте можно было пользоваться набором двухэлементных ленточных решеток с одинаковым периодом, но с различным размещением лент на периоде; однако ввиду сложной технологии изготовления подобных структур измерения проводились с четырьмя парами одноэлементных решеток, которые можно совмещать в одной плоскости, используя специальную каретку. Каретка снабжена ходовыми винтами, которые позволяют смещать ленты одной решетки относительно другой.

На рис. 2 изображена конструкция каретки. Рамка одной из исследуемых решеток 1 жестко укреплена на каркасе, другая 2 имеет возможность посредством ходовых винтов 3 перемещаться, скользя по торцам винтовых ограничителей 8. Они же одновременно служат для ликвидации возможных перекосов взаимного положения лент при начальной установке.

Вертикальные люфты устраняются при помощи шариковых упоров с пружинами 4, которые скользят по верхней планке решетки. Такие же упоры 5 расположены на фронтальных щечках каркаса. Они предохраняют ленты во время перемещения рамок, обеспечивая некоторый зазор между ними. Величина перемещения отсчитывается с помощью индикаторов часового типа 7 с точностью до 0,01 м.м. После установки заданного положения лент решетки фиксируются с помощью винтов 6. Назначение остальных деталей понятно из рисунка.

Каретка с решетками шарнирно закрепляется на юстировочном столике. Шарнир позволяет в процессе измерения удалять и устанавливать решетку, не нарушая юстировки.

Ленты решетки изготовлены из медной фольги толщиной 0,05 мм и натянуты пружинами на прямоугольную рамку из латуни или дюрала. Периодичность обеспечивается использованием специальных калибров. Точность изготовления лент решетки  $\pm 0,01$  мм, установки периода  $\pm 0,02$  мм. Юстировка системы — передатчик — решетка — приемник проводилась по равенству амплитуд и углов  $|b_{+1}|$  и  $|b_{-1}|$  дифракционных гармоник при симметричном положении лент решетки.

Так как направления максимумов дифракционных гармоник определяется соотношением между номером гармоники и величиной  $\kappa$

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{|n|}{n \sqrt{\frac{\kappa^2}{n^2} - 1}},$$

где  $\alpha_n$  — угол, отсчитываемый от направления нормали по часовой стрелке;  $n$  — номер дифракционной гармоники.

Экспериментально получены значения амплитуд  $|b_{+1}|$  и  $|b_{-1}|$  гармоник в направлении максимума излучения в зависимости от взаимного положения лент на периоде для следующих размеров элементов решеток:

- а)  $d = 3,00$  мм;  $d_1 = 0,17$  мм;
- б)  $d = 3,00$  мм;  $d_1 = 0,33$  мм;
- в)  $d = 1,77$  мм;  $d_1 = 1,37$  мм;
- г)  $d = 1,77$  мм;  $d_1 = 0,33$  мм.

Из графиков, приведенных на рис. 3, видно, что при отклонении положения лент решетки от симметричного происходит перераспределение энергии между симметричными гармониками высших порядков, углы максимумов излучения точно совпадают с расчетными. Соответствующим выбором параметра  $\kappa$  можно получить, что направления распростра-

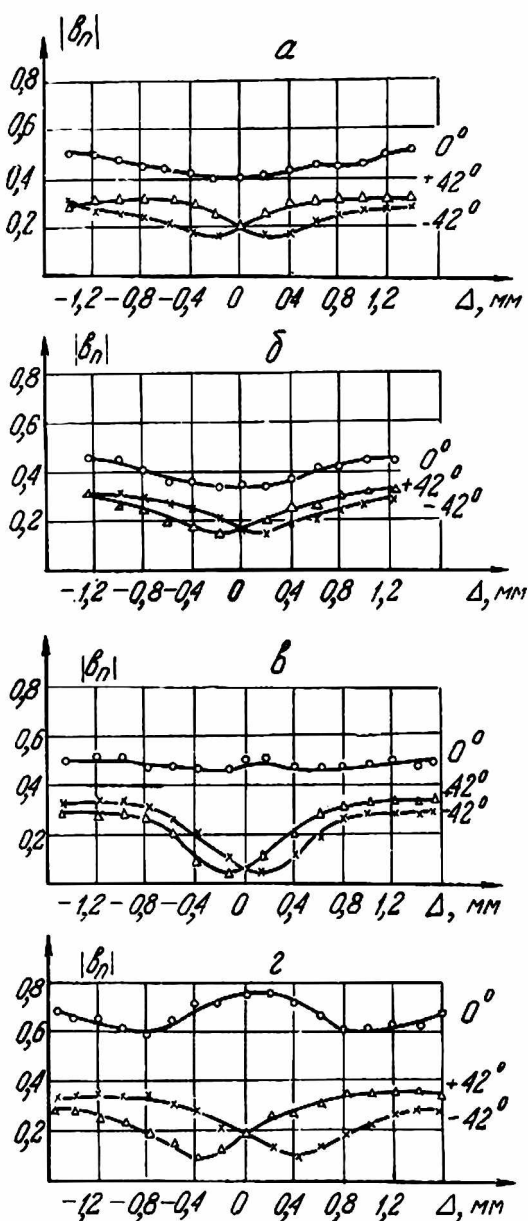


Рис. 3. Экспериментальные зависимости амплитуд дифракционных гармоник от размещения лент на периоде решетки при  $\kappa = 1,5$ .

наются совпадают с расчетными. Соответствующим выбором параметра  $\kappa$  можно получить, что направления распростра-

нения  $|b_{+1}|$ , и  $|b_{-1}|$  дифракционных гармоник мало отличаются от направления  $|b_0|$ . В этом случае изменением взаимного положения лент на периоде решетки осуществляется сканирование диаграммы излучения.

Проведенные эксперименты полностью подтверждают результаты теоретических расчетов.

В заключение автор выражает благодарность Л. Н. Литвиненко за ценные советы при выполнении данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Литвиненко, В. П. Шестопапов. «Радиотехника и электроника», X, вып. 6, 1965
2. Л. Н. Литвиненко. «Известия вузов, Радиофизика», VII, 6, 1964.
3. А. И. Ена, Л. Н. Литвиненко В. П. Шестопапов. «Известия вузов, Радиофизика».
4. Я. С. Комиссаров, В. А. Павлюк, Г. Г. Половников. См. статью настоящего сборника.