

ИНТЕРФЕРОМЕТР ФАБРИ-ПЕРО КОРОТКОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО
И СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ
СЕТКАМИ, ИМЕЮЩИМИ ПЕРИОД, МЕНЬШИЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Е.А.Виноградов, Е.М.Дманов, Н.А.Ирисова

В квазиоптических установках с монохроматическими генераторами короткого миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов нами были широко применены элементы, имеющие периодическую структуру с периодом, меньшим длины волны¹⁾. Эти элементы представляли собой параллельно натянутые на плоские металлические кольца металлические проволочки. При этом выполнялось условие $a > \lambda > \ell \lambda z$, где a - внутренний диаметр металлического кольца (апертура), λ - длина волны, ℓ - период натяжки проволочек, z - радиус проволочек.

В частности нами был изготовлен интерферометр типа Фабри-Перо с такими сетками в качестве зеркал. Одна сетка интерферометра была жестко закреплена, вторая при помощи точного специального механизма могла медленно передвигаться, так что при этом обе сетки²⁾ оставались строго параллельными друг другу. Интерферометр мог работать как на отражение, так и на прохождение. Такой интерферометр

отличает чрезвычайная широкополосность. Так, при помощи одного макета можно было производить измерения во всем диапазоне от 4 до

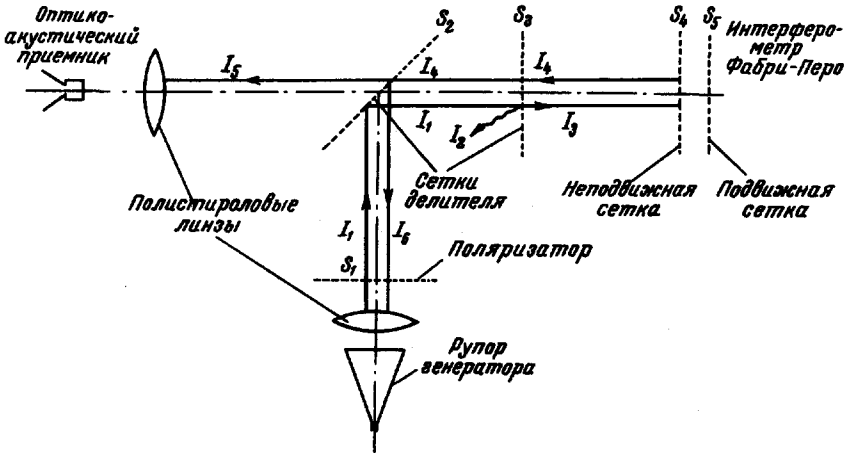


Схема интерферометра Фабри-Перо, работающего на отраженном сигнале.

S_i - сетки из параллельных проволок. Взаимное расположение проволок и направление вектора E указано черточками около индексов I_i . S_3 несколько наклонена, чтобы вывести отраженный пучок I_3 за пределы установки; I_4 - интенсивности излучения в пучках. Относительное распределение интенсивностей в пучках в отсутствие резонанса равно $I_4 = 1$; $I_2 = I_3 = I_4 = 1/2$; $I_5 = 1/4$; $I_6 = 1/4$. Из отношения интенсивностей пучка I_5 в резонансе и вдали от него можно вычислить коэффициент прохождения. По изменению сигнала I_5 при перемещении подвижной сетки S_5 определяется длина волны и добротность интерферометров в первом порядке, а по изменению сигнала при качании частоты генератора - добротность Q

0,5 мм. В нашем распоряжении были сетки с апертурой (a) 100 и 50 мм, с периодом натяжения (ℓ) проволочек от 150 до 40 мк и толщиной проволочек (2τ) от 15 до 8 мк. При работе с вольфрамовыми сетками нами была получена добротность q_0 в первом порядке на волне $\lambda = 0,5$ мм около 50 и на волне $\lambda = 2$ мм до 750.

На волне $\lambda = 2$ мм было проведено более тщательное исследование зависимости добротности от различных параметров. Были применены позолоченные сетки $a = 50$ мм, $\ell = 40$ мк; $2\tau = 8$ мк, при помощи которых была получена добротность в первом порядке $q_0 = 1250$, что соответствует полной потере энергии при одном отражении $\Delta W = 2,5 \times 10^{-3}$. Прикидочные расчеты показали, что при этом потери энергии

из-за дифракции ($N = \frac{a^2}{b\lambda} = 200$) были порядка $\Delta W_1 = 7 \cdot 10^{-5}$ [5]. Потери из-за непараллельности плоскостей сеток при угле около $1'$ порядка $\Delta W_2 = 5 \cdot 10^{-4}$ [6]. Потери из-за отклонения расположения проволочек от плоскости ($\Delta d \sim 0,5$ мк) около $\Delta W_3 = 1 \cdot 10^{-3}$. Величина пропускания сеток была нами экспериментально измерена и составляла около $T = 5 \cdot 10^{-4}$. Если все остальные потери отнести за счет омических потерь в самих сетках, то они оказываются равными $\Delta W_{\text{ом}} \leq 5 \cdot 10^{-4}$. Из соотношения $\tau = R + T + G$ (где $G = \Delta W_{\text{ом}}$) можно определить коэффициент отражения сетки $R = 0,999$. Во всяком случае можно с определенностью считать, что в применявшихся нами сетках для $\lambda = 2$ мм $R > 0,998$.

Мы думаем, что подобные сетчатые элементы найдут широкое применение в квазиоптических установках короткого миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, что на их основе можно будет конструировать элементы, в известном смысле аналогичные отдельным волноводным деталям.

Параметры сетки		T теор. [3], $\lambda = 0,5$ мм	T теор. [3], $\lambda = 1$ мм	T теор. [3], $\lambda = 1,5$ мм	T теор. [3], $\lambda = 2,1$ мм	T эксп.
ℓ , мк	$2z$, мк					
40	8	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$
70	15	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
80	10	$1 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
125	15	$2 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
150	15	$5 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$

В таблице приведены данные по зависимости коэффициента пропускания T от длины волны λ для сеток с различными параметрами (ℓ - период сетки, $2z$ - толщина проволочек). Поляризация вектора \vec{E} параллельна проволочкам сетки. Пользуясь этой таблицей, можно

подобрать параметры сетки так, чтобы успешно ее применять в качестве поляризатора, анализатора, аттенуатора, фильтра и т.д. Кроме описанного интерферометра Фабри-Перо, нами были смонтированы установки для деления луча с переменным коэффициентом деления и установка типа интерферометра Майкельсона, разрешающая производить измерения при температуре жидкого азота.

Авторы чрезвычайно признательны чл.-корр. А.М.Прохорову, в лаборатории которого выполнена эта работа, за постоянное внимание, интерес и помощь в работе. Авторы также благодарят чл.-корр. Н.Д.Девяткова за помощь, оказанную им при выполнении данной работы.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
30 июля 1965 г.

Литература

- [1] H.Lamb. Proc. London Math. Soc., 29, 528, 1898.
- [2] А.Н.Сивов. Радиотехника и электроника. 6, 58, 1961.
- [3] Л.А.Вайнштейн. К электродинамической теории решеток. I. Идеальная решетка в свободном пространстве. Электроника больших мощностей. Сб. 2, стр. 26. Изд. АН СССР, М., 1963.
- [4] Л.А.Вайнштейн. К электродинамической теории решеток. II. Учет конечной проводимости. Электроника больших мощностей. Сб.2, стр. 57. Изд. АН СССР, М., 1963.
- [5] A.Fox, T.Mi. Bell. System Techn.J., 40, 453, 1961.
- [6] В.М.Файн, Я.Н.Ханин. Квантовая радиофизика. "Советское радио", 1965 (Приложение I).

-
- 1) Теория прохождения волн через такие элементы подробно рассмотрена, например, в работах [1-4].
 - 2) Настройка проволочек на параллельность могла производиться по дифракционной картине от газового лазера.