

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

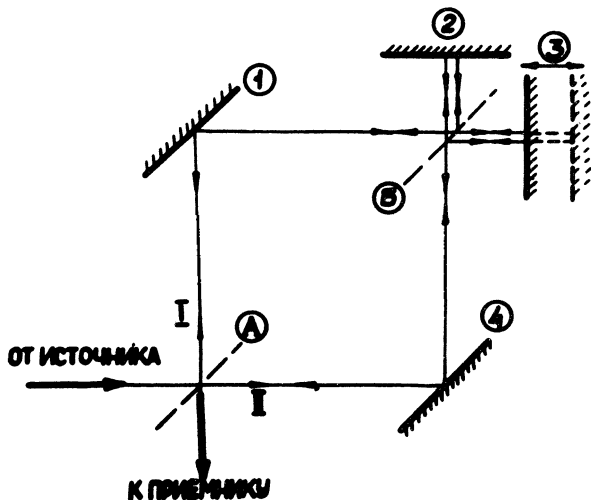
В. И. Лапшин, А. Е. Саломонович

В ряде работ (см. напр., /1/) показано, что применение метода Фурье-спектроскопии позволяет получить увеличение отношения сигнал-шум по сравнению со стандартными методами в случае, когда чувствительность ограничивается приемным устройством. В субмиллиметровом диапазоне длин волн ( $\lambda = 0,05-2,0$  мм) для получения исходной Фурье-интерферограммы исследуемого спектра широко применяется схема двухлучевого интерферометра Майкельсона /2/. Однако, возможности такой схемы до недавнего времени были в значительной степени ограниченными из-за отсутствия достаточно эффективных и широкополосных делителей пучка.

Целью настоящего сообщения является описание нового двухлучевого субмиллиметрового Фурье-интерферометра, в котором применен поляризационный метод деления светового пучка на когерентные составляющие. Этот метод, отмеченный в /2/, позволяет существенно увеличить широкополосность и пропускаемость двухлучевого интерферометра, благодаря использованию эффективных проволочных поляризаторов субмиллиметрового излучения /3-6/.

Интерферометр (рис. 1) состоит из двух последовательно расположенных проволочных поляризаторов А, Б, установленных под углом  $45^\circ$  к оси падающего на них пучка излучения. Направления проволочек поляризаторов образуют между собой угол  $45^\circ$ . Электромагнитное излучение, имеющее вектор напряженности электричес-

кого поля волны, параллельный проволочкам решетки (при условии  $\nu \lesssim d/2 \text{ см}^{-1}$ , где  $d$  - расстояние между проволочками), почти полностью (с коэффициентом  $\sim 1$ ) отражается, тогда как перпендикулярная компонента столь же эффективно пропускается решеткой. В рассматриваемом приборе пучок неполяризованного субмиллиметрового излучения, падающий на поляризатор А,



Р и с. 1. Схема поляризационного интерферометра и ход лучей в нем.

разделяется на два (некогерентных) плоско поляризованных пучка I и II. Оба эти пучка после отражения от зеркал 1 и 4 попадают на поляризатор Б. Последний вновь делит каждый из упавших на него пучков на два когерентных со взаимно-перпендикулярными поляризациями; при этом один из них отражается, а другой пропускается поляризатором Б. После отражения от зеркал 2,3, пучки вновь соответственно отразятся и пройдутся поляризатором Б. Существенно при этом, что потери мощности при отражении и пропускании малы (порядка одного процента /4/). Получающееся в результате суперпозиции когерентных пучков излучение

оказывается (в зависимости от разности фаз пучков) линейно, циркулярно, или, в общем случае, эллиптически поляризованным. Состояние поляризации результирующего пучка изменяется при перемещении одного из зеркал 2,3 интерферометра. Анализ поляризации осуществляется с помощью поляризатора А; при этом амплитуда на фиксированной длине волны спектра определяется разностью фаз соответствующих пучков.

Рассмотрение работы поляризационного интерферометра может быть проведено на основе матричного описания поляризованных пучков с помощью матриц Джонса (см., напр., /7/). При этом пучок, входящий в интерферометр, описывается вектором, а оптические элементы интерферометра (в данном случае — линейные поляризаторы) — матрицами. Вектор Джонса выходящего из интерферометра излучения получается в результате последовательного умножения матриц элементов интерферометра, проходимых пучком, на вектор входящего пучка. Поскольку в рассматриваемом приборе пучки I и II некогерентны, достаточно рассмотреть взаимодействие с интерферометром лишь одного из них и затем суммировать их интенсивности.

Направив ось  $y$  вдоль проволок поляризатора А, а ось  $x$  — перпендикулярно к ним, можем записать пучок I с помощью вектора Джонса  $\vec{E} = (E, 0)$ . Тогда вектор Джонса  $\vec{E}$  пучка, выходящего из интерферометра /7/, равен

$$\vec{E} = P\left(\frac{\pi}{2}\right) \left[ P\left(-\frac{\pi}{4}\right) e^{i\Delta_2} P\left(-\frac{\pi}{4}\right) + P\left(\frac{\pi}{4}\right) e^{i\Delta_1} P\left(\frac{\pi}{4}\right) \right] \vec{E},$$

где

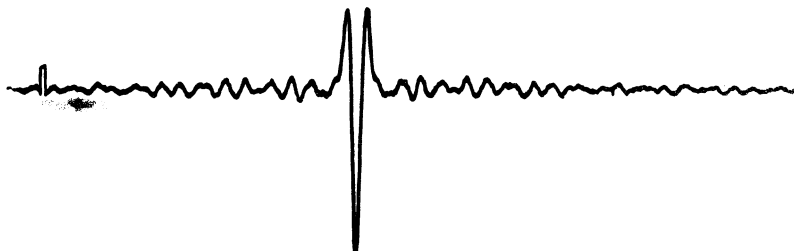
$$P(\theta) = \begin{vmatrix} \cos^2\theta & \sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & \sin^2\theta \end{vmatrix} - \text{матрица Джонса}$$

линейного поляризатора с азимутом оси пропускания  $\theta$ ; множители  $e^{i\Delta_1}$ ,  $e^{i\Delta_2}$   $\left(\Delta = \frac{2\pi}{\lambda} l\right)$  описывают набег фаз

пучков в интерферометре. Для интенсивности выходящего пучка получаем

$$J_1 = (\xi \cdot \xi^*) = \frac{E^2}{2} (1 - \cos \Delta), \quad \text{где } \Delta = \Delta_1 - \Delta_2.$$

Следует обратить внимание на особенность рассматриваемого интерферометра: интерферограмма является "обращенной" - минимум сигнала получается при нулевой разности хода, что позволяет несколько уменьшить динамический диапазон приемника.



Р и с. 2. Интерферограмма, полученная с помощью поляризационного интерферометра.

В приборе, собранном по описанной схеме, источником субмиллиметрового излучения служила газоразрядная ртутно-кварцевая лампа ПРК-4, излучение которой модулировалось и с помощью системы зеркал фокусировалось на входе интерферометра. Прошедшее через интерферометр излучение детектировалось охлажденным до гелиевой температуры кристаллом сурьмянистого индия ( $\alpha - \text{InSb}$ ). После усиления на частоте модуляции и синхронного детектирования сигнал регистрировался на самописце ЭПП-09. В качестве проводочных поляризаторов использовались сетки из золоченой вольфрамовой проволоки диаметром 7 мкм, натянутой с периодом 40 мкм на круглые оправки. Диаметр поляризаторов (в свету) - 40 мм. Подвижное зеркало интерферометра перемещалось с помощью реверсированного электродвигателя на расстояние до 20 мм.

На рис. 2 приведена интерферограмма, полученная с помощью этого прибора. Результаты испытаний поз-

воляют сделать вывод о работоспособности описанного устройства и о возможности его использования в субмиллиметровых исследованиях. \*)

---

\*) Когда данная работа была завершена, авторам стала известна статья Мартина и Паппета /8/, в которой описан аналогичный интерферометр, конструктивно несколько отличающийся от рассмотренного. Следует, однако, отметить, что из приведенных в /8/ двух практических вариантов расположения первый обладает тем недостатком, что источник и приемник размещаются в непосредственной близости друг от друга; второй же вариант оказывается достаточно сложным из-за необходимости использования угловых отражателей, а также трех поляризаторов вместо двух в нашем приборе. Схема, приводимая на рис. 1, по-видимому, свободна от указанных недостатков.

Поступила в редакцию  
5 марта 1971 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. H. A. Gebbie. *Appl. Optics*, **8**, 501 (1969).
2. Л. Мерц. Интегральные преобразования в оптике, Мир, Москва, 1966 г.
3. А. Г. Жуков, В. И. Смирнов. *Журн. прикл. спектроск.*, **3**, 410 (1960).
4. Н. А. Ирисова и др. Письма в ЖЭТФ, **2**, 323 (1965).
5. Н. А. Ирисова. *Вестник АН СССР*, № 10, 63 (1968).
6. А. И. Демешина, В. А. Заяц, В. И. Лапшин, В. Н. Мурзин. *Журн. прикл. спектроскопии*, **13**, 346 (1970).
7. У. Шерклифф. *Поляризованный свет*, Мир, М., 1965 г.
8. D. H. Martin, E. Puppelt. *Infr. Phys.*, **10**, 105 (1970).