

## ПАРАБОЛИЧЕСКИЕ ЗЕРКАЛА КАК ЭЛЕМЕНТЫ КВАЗИОПТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Г.В. Козлов, А.Г. Пименов, И.М. Чернышев

*Изучены возможности применения параболических зеркал в качестве фокусирующих элементов в поляризационных интерференционных системах на субмиллиметровых волнах ( $\nu = 10^{11} - 10^{12}$  Гц).*

Тенденцией в развитии субмиллиметровой и дальней инфракрасной спектроскопии является широкое применение интерферометрических систем, обеспечивающих возможность амплитудных и фазовых измерений /1, 2/. Специфической чертой спектроскопии твердого тела в данной области спектра ( $10^{11} - 10^{12}$  Гц), на нужды которой ориентировано данное исследование, является необходимость работы с образцами относительно малых поперечных размеров ( $\sim 10$  мм), всего в несколько раз превышающих длину волны рабочего излучения. Диэлектрические линзы, широко использующиеся в качестве фокусирующих элементов в квазиоптических трактах, оказываются неудобными внутри интерферометрических схем в силу того, что они вносят большие фазовые сдвиги, вызывают потери из-за отражения и поглощения и, что особенно неприятно для монохроматической субмиллиметровой спектроскопии, приводят к возникновению стоячих волн.

Альтернативным решением задачи фокусировки субмиллиметрового излучения может быть применение внеосевых параболических зеркал /2-4/. В настоящей работе выполнены измерения рабочих характеристик параболических отражателей на частотах 53-78 ГГц, где вопросы фокусировки стоят особенно остро.

Исследуемые зеркала были изготовлены из алюминия на токарном станке с числовым программным управлением. Они представляли собой часть параболоида вращения (рис. 1а) и имели фокусное расстояние  $F = 100$  мм и диафрагменную апертуру  $A = 50$  или  $75$  мм. Параболическая поверхность зеркал была изготовлена с точностью  $\sim 10$  мкм и дополнительно отполирована до зеркального блеска для обеспечения возможности оптической юстировки.

Измерения имели целью определение искажающего влияния зеркал на поляризацию и фазовый фронт рабочего излучения.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1б. В качестве источника излучения использован генератор Г4-142, приемником служил пирозлектрический детектор. Поляризатор 3 формирует линейно поляризованный пучок, плоскость поляризации которого можно поворачивать, анализатор 6 расположен в фокусе параболического зеркала. В качестве поляризаторов использовались проволочные сетки с диаметром проводников  $15$  мкм и периодом  $50$  мкм.

Измерения проводились на частотах 57, 67, 77 ГГц для различных направлений поляризации падающей волны от направления вектора  $E$  в плоскости падения (рис. 1а) до перпендикулярного этой плоскости. В результате поворота плоскости поляризации волны, отраженной зеркалами, с точностью  $1^\circ$  обнаружено не было.

Для характеристики эллиптичности мы использовали отношение интенсивности излучения, прошедшего скрещенные поляризаторы, к интенсивности исходной линейно-поляризованной волны. Для всех рассмотренных случаев этот параметр находился в пределах  $(0,5-2,6) \cdot 10^{-3}$ .

При проведении фазовых измерений в квазиоптических интерферометрических схемах /1, 2/ важным параметром, характеризующим качество фазового фронта и, соответственно, точность определения фазы, является степень подавления сигнала в минимуме при интерференции пучков, прошедших разные плечи интерферометра (глубина интерференции).

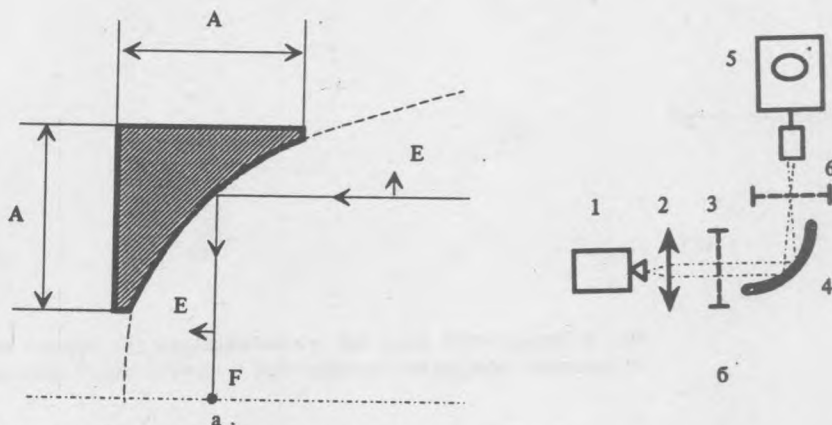


Рис. 1. а) Чертеж параболического зеркала. б) Блок-схема измерения эллиптичности и поворота плоскости поляризации: 1 – генератор, 2 – тефлоновая линза, 3, 6 – поляризаторы, 4 – параболическое зеркало, 5 – приемник.

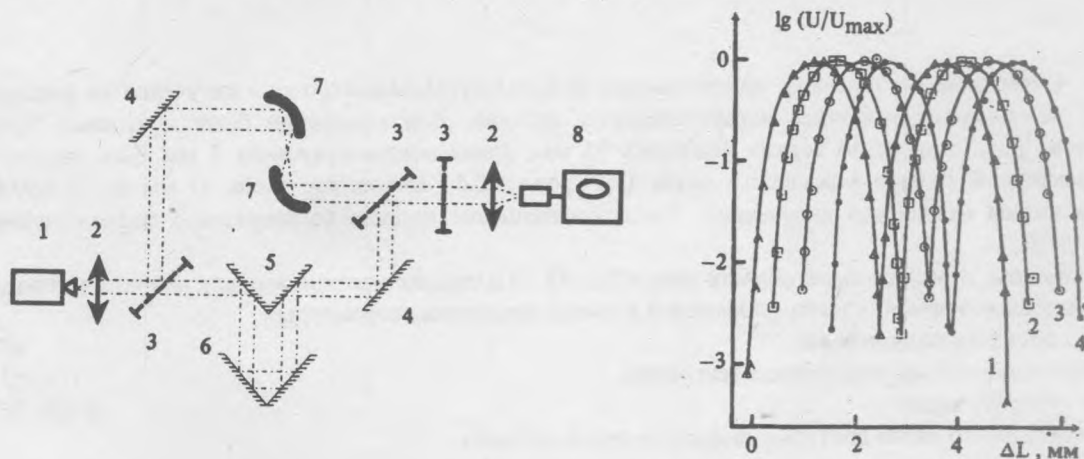


Рис. 2. Блок-схема квазиоптической установки для фазовых измерений: 1 – генератор, 2 – тефлоновые линзы, 3 – поляризаторы, 4 – плоские зеркала, 5 – неподвижное зеркало, 6 – подвижное зеркало, 7 – параболические зеркала, 8 – приемник.

Рис. 3. Зависимость относительной интенсивности сигнала на приемнике от положения подвижного зеркала (абсолютное положение зеркала не измерялось): 1 – плоские зеркала, 2 – плоские зеркала и тефлоновые линзы, 3 – параболические зеркала с  $A = 50$  мм, 4 – параболические зеркала с  $A = 75$  мм.

Схема установки (рис. 2) представляет собой квазиоптический вариант интерферометра Рождественского [5]. Нами были проведены измерения зависимости сигнала на приемнике от смещения подвижного зеркала (6) в четырех случаях: с плоскими зеркалами без фокусирующих элементов, с плоскими зеркалами в сочетании с тефлоновыми линзами ( $A = 50$  мм,  $F = 80$  мм) для фокусировки излучения (аналогично измерению фазы в [1]), с параболическими зеркалами с апертурой  $A = 75$  мм и фокусным расстоянием  $F = 100$  мм, с параболическими зеркалами с апертурой  $A = 50$  мм и фокусным расстоянием  $F = 100$  мм.

Результаты приведены на рис. 3. По степени подавления сигнала в минимуме элементы располагаются в следующем порядке: плоские зеркала, параболические зеркала с  $A = 75$  мм, линзы, параболические зеркала с  $A = 50$  мм. Все измерения проводились в "нулевом" порядке интерференции на частоте 60 ГГц.

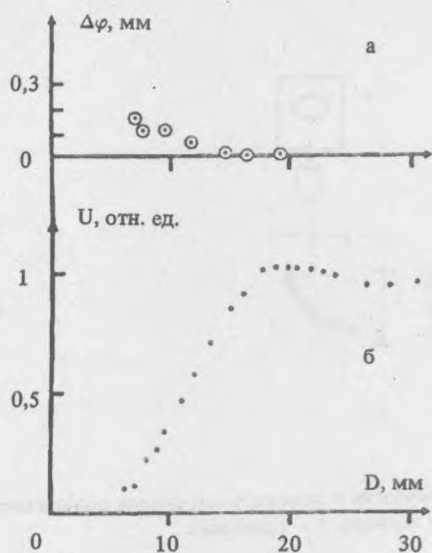


Рис. 4. Зависимость фазы (а) и интенсивности (б) сигнала на приемнике от размеров диафрагмы, помещенной в фокусе параболического зеркала.

На рис. 4 показана зависимость интенсивности и фазы субмиллиметрового излучения от размеров диафрагмы, помещенной в фокусе параболического зеркала. Для измерений была применена схема, приведенная на рис. 2, апертура зеркал равнялась 75 мм, длина волны излучения 5 мм. Как следует из рис. 4б, характерный размер фокального пятна (по уровню 0,5) составляет около 11 мм или  $1,7(\lambda/A)F$  ( $\lambda$  — длина волны падающего излучения). Такое соотношение хорошо согласуется с дифракционным пределом  $(\lambda/A)F$ .

Таким образом, в исследуемой области частот 53–78 ГГц параболические зеркала могут применяться как элементы квазиоптических интерферометров и имеют следующие параметры:

поворот плоскости поляризации

$< 1^\circ$ ,

искажение поляризации отраженного излучения

$< 0,3\%$ ,

глубина интерференции

$< 2,5 \cdot 10^{-4}$ .

Размер фокального пятна достигает дифракционного предела.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.А. и др. Электронная техника, сер. электроника СВЧ, **11**, 38 (1984).
2. Afsar M.N. IEEE Trans. MTT, **32**, 1598 (1984).
3. Du Varney R.C., Puckett O.H. Rev. Sci. Instr., **53**, 1621 (1982).
4. Валитов Р.А. и др. Техника субмиллиметровых волн, Сов. радио, М., 1969.
5. Козлов Г.В. ПТЭ, № 4, 152 (1971).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 11 апреля 1990 г.