

АНТЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОДИННОГО ПРИЕМНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ CO_2 -ЛАЗЕРОВ

И. И. Душков, Н. В. Карлов, Б. Б. Крынецкий,
В. А. Мишин, Р. П. Петров

Исследована непосредственно и с помощью обобщенной теоремы взаимности направленность гетеродинного приемника излучения CO_2 -лазеров. Найдено, что при гетеродинном приеме для приемника с чувствительной площадкой $2 \times 2 \text{ мм}^2$ диаграмма направленности сужается до $0,007$ рад.

Когерентное детектирование проводилось ранее в видимом и ИК-диапазонах /1,2/. Особый интерес представляет гетеродинный прием излучения CO_2 -лазеров, что объясняется большой мощностью CO_2 -лазеров, а также наличием атмосферного окна прозрачности 8–14 мк. Гетеродинный прием резко ослабляет влияние различных источников шумов, в том числе влияние излучения черного тела, существенное на длине волны 10,6 мк при температуре 300°K . Увеличение избирательности по ν сопровождается увеличением избирательности по k , т.к. гетеродинированию подвергаются только те типы колебаний сигнала, которые возбуждаются в объеме детектора гетеродинным излучением, на что, в связи с вопросом о чувствительности, впервые было обращено внимание в /3/.

Анализ /4/ показал, что при согласовании полей гетеродина и сигнала в плоскости оптического детектора сигнал промежуточной частоты пропорционален отношению $[\sin(\pi d \alpha / \lambda)] / (\pi d \alpha / \lambda)$, где α – угол наклона фронта сигнала относительно фронта гетеродина, d –

- диаметр поперечного сечения сигнального пучка и λ - длина волны света. С точки зрения теории антенн это эквивалентно утверждению /5/, что оптический гетеродинный приемник характеризуется эффективной площадью S_n , связанной с телесным углом приема Ω ограничением вида $S_n \Omega_n \approx \lambda^2$. При этом оптические

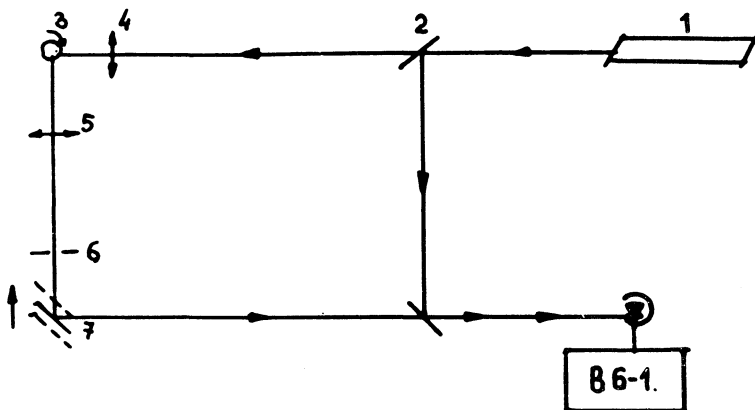


Рис. 1.

элементы, расположенные на путях лучей сигнала и гетеродина (или на пути одного из них), могут изменить соотношение S_n и Ω_n , но не могут изменить величины их произведения.

В нашем эксперименте измерение антенных характеристик проводилось по следующей схеме (рис. 1): излучение от CO_2 -лазера (1) через расщепитель (2) (ответвленная мощность использовалась как гетеродинный сигнал) фокусировалось на устройство, создающее доплеровский сдвиг частоты сигнала (3). Сигнал через собирающую линзу (5) и диафрагму (6) попадал на сканирующее зеркало (7). Отраженный от сканирующего зеркала сигнал складывался на втором расщепителе (8) с сигналом гетеродина, после чего оба сигнала попадали на фоточувствительную поверхность фотосопротивления (9). Перемещение сканирующей

шего зеркала меняло угол падения сигнального луча и давало возможность измерить диаграмму направленности приемника. Регистрировался сигнал разностной частоты.

В экспериментах использовался стандартный CO_2 -лазер (ЛГ-17) с выходной мощностью 6,6 вт и расходимостью 0,005 рад. Лазер работал на моде TEM_{01q} . Расщепители изготовлены из BaF_2 . Устройство для доплеровского сдвига частоты сигнала представляло собой шестиконечную звезду с размером грани 20 мм, закрепленную на оси двигателя ДИД-2. При частоте вращения 330 гц сдвиг частоты достигал 20 Мгц.

Исследования антенных характеристик гетеродинного приема проводились на фотосопrotivлениях $\text{Ge} - \text{Au}$ и $\text{Ge} - \text{Zn} - \text{Sb}$. Оба фотосопrotivления имеют размер приемной площадки 2x2 мм и были охлаждены до температуры 78°K.

Сканирующее зеркало устанавливалось с точностью $\pm 0,05$ мм.

На рис. 2 приведены результаты измерений характеристик направленности гетеродинного приемника излучения CO_2 -лазера. Характер полученной зависимости достаточно хорошо совпадает с вычисленной теоретически. Согласно оценке размер приемной площадки, для которой в нашем эксперименте выполняются условия когерентного приема, составляет 0,15x0,15 мм.

Для сопоставления диаграммы направленности прямого и гетеродинного приема достаточно перекрыть гетеродинный луч. Результаты сравнения приведены на рис.2.

Выигрыш в величине выходного сигнала при применении гетеродинного приема составляет 20 дб, диаграмма направленности сужается в 15 раз, до 0,007 рад.

При определении направленности приемника можно воспользоваться СВЧ теоремой взаимности, которая, применительно к нашему случаю, формулируется следующим образом: "если фотодетектор заменен зеркалом, имеющим ту же конфигурацию, что и приемная площадка фотодетектора, и если отраженный гетеродинный луч проходит через все те элементы, через

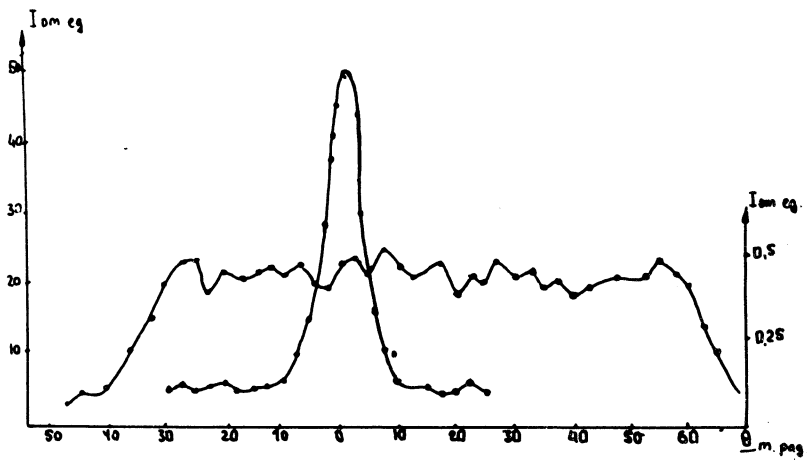


Рис. 2.

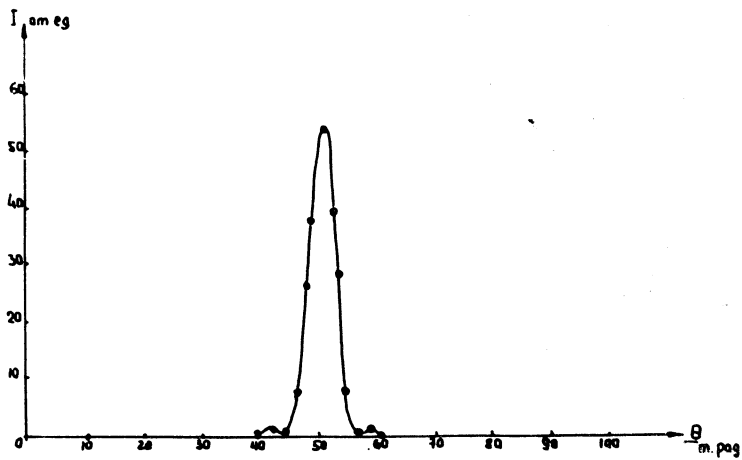


Рис. 3.

которые должен был пройти падающий в прямом направлении сигнальный луч, то получаемое в дальней зоне распределение гетеродинного поля дает диаграмму направленности гетеродинного приемника".

Используя позолоченное металлическое зеркало размером 2x2 мм, мы получили диаграмму направленности, представленную на рис. 3. Визуализация и измерение распределения гетеродинного поля осуществлялось термографическим методом.

Сопоставление кривых рис. 2 и 3 показывает, что обобщенная теорема взаимности может быть использована для оценки направленности гетеродинного приемника.

Атмосферные турбулентности могут вызвать флуктуации угла прихода сигнала. В этом случае направленность гетеродинного приема может препятствовать обнаружению слабого сигнала. Применение в качестве нелинейного элемента точечного диода или изотропно излучающего гетеродина исключает этот эффект.

Авторы благодарны А. М. Прохорову за внимание к работе и стимулирующие обсуждения.

Поступила в редакцию
11 ноября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. A. E. Siegman, S. E. Harris, B. J. McMurty. *Optical Masers*, N-Y, Politefhnik Press, 511, 1963.
2. M. C. Teich. *PIEE*, 56, 37, (1968).
3. Н. В. Карлов, А. М. Прохоров. *РИЭ*, 2, 2088 (1964)
4. S. E. Miller, L. C. Tillotson. *PIEE*, 54, 1310 (1966).
5. A. E. Siegman. *PIEE*, 54, 1350 (1966).