

УДК 621.382.27

## МНОГОМОДОВЫЙ МАЛОИНЕРЦИОННЫЙ ИНДИКАТОР ИЗЛУЧЕНИЯ - ГЕНЕРАТОР ШУМА

Л. И. Федосеев\*, В. Р. Закамов\*\*, Ю. В. Лебский\*

\*Институт прикладной физики РАН, \*\*Институт физики микроструктур РАН  
Нижний Новгород

Получена 10 декабря 2008 г.

*Кратко описываются конструкция и результаты измерений параметров прибора на базе низкобарьерных диодов, являющегося одновременно индикатором излучения и генератором шума.*

**Ключевые слова:** регистрация терагерцового излучения, генерация терагерцового излучения.

### **Введение.**

Для обнаружения излучения, тестирования и отладки радиоаппаратуры широко применяются различного рода индикаторы излучения, а для ее калибровки - генераторы шума и другие источники излучения. С появлением модуляторов-калибраторов [1,2] на базе диодов с барьером Шоттки (ДБШ) естественно возникло желание реализовать функции и индикатора, и источника шумового излучения с помощью одного прибора. Поскольку прибор планировался для работы в терагерцовом диапазоне, необходимо было использовать в нем наиболее высокочастотные и малоинерционные чувствительные элементы. В соответствии с его назначением было желательно, чтобы прибор позволял производить измерения в секторе около десяти градусов. Ниже приводится краткое описание конструкции первого макета разработанного устройства, методики измерений его характеристик и полученные результаты

### **Конструкция.**

В основу конструкции макета был положен так называемый конус Уинстона [3], обеспечивающий возможности эффективного излучения и приема широкого спектра частот при достаточно большой входной апертуре. Такой конус является неизображающим концентратором излучения, иначе говоря, трансформатором апертур. Это устройство, уже использовавшееся авторами в измерительной технике терагерцового

диапазона [4], представляет собой внеосевой параболоид вращения и собирает совокупность лучей, позволяя внеосевым лучам делать неоднократные отражения при прохождении от входной апертуры к выходной. Для длин волн, соизмеримых с физическими размерами апертур, устройство оказывает фильтрующее действие.

В качестве чувствительного элемента в макете используется квадратная матрица (5x5), состоящая из 25 одинаково ориентированных последовательно соединенных низкобарьерных диодов с дельта легированием [5]. Использовались диоды с наименьшим дифференциальным сопротивлением 400-500 Ом. Диодная матрица вписана в выходную апертуру вышеупомянутого конуса, образуя тем самым многомодовый детектор.

### **Методика измерений.**

Измерялись частотная характеристика, чувствительность и постоянная времени индикатора, его диаграмма направленности, а также эффективная температура шумового излучения, при прохождении тока через диодную матрицу.

Вольт-ваттная чувствительность и частотная характеристика оценивались путем сравнения выходных сигналов исследуемого прибора и установленной в такой же конус и имеющей такие же как у матрицы размеры широкодиапазонной термопары фирмы Dexter Research Center Inc. ЗМ [6] при приеме излучения ламп обратной волны (ОВ-65 и ОВ-66) на одной и той же трассе. Вольт-ваттная чувствительность термопары составляла 0,9 В/Вт. Таким же образом измерялись и диаграммы направленности. Постоянная времени оценивалась по отклику на “размыв” частоты ЛОВ.

Эффективная температура излучения исследуемого прибора измерялась с помощью супергетеродинных приемников [1,7] с калибровкой по двум “черным телам”, находящимся при комнатной температуре и при температуре кипящего азота, соответственно.

### **Результаты измерений.**

Как показали измерения, ширины диаграмм направленности и диодного, и термопарного индикаторов практически не зависят от длины волны и составляют примерно 10 градусов. Максимальное различие откликов диодного индикатора на двух линейных поляризациях не превышает 1,5 – 2 раз.

Полученная частотная зависимость отношения вольт-ваттной чувствительности разработанного индикатора с матрицей

низкобарьерных диодов  $\gamma_m$  к вольт-ваттной чувствительности индикатора с термопарой  $\gamma_t$  приведена на Рис.1. Из рисунка следует, что во всем обследованном диапазоне диодный индикатор не уступает в чувствительности термопарному, а на частотах 100-270 ГГц на порядок превосходит последний.

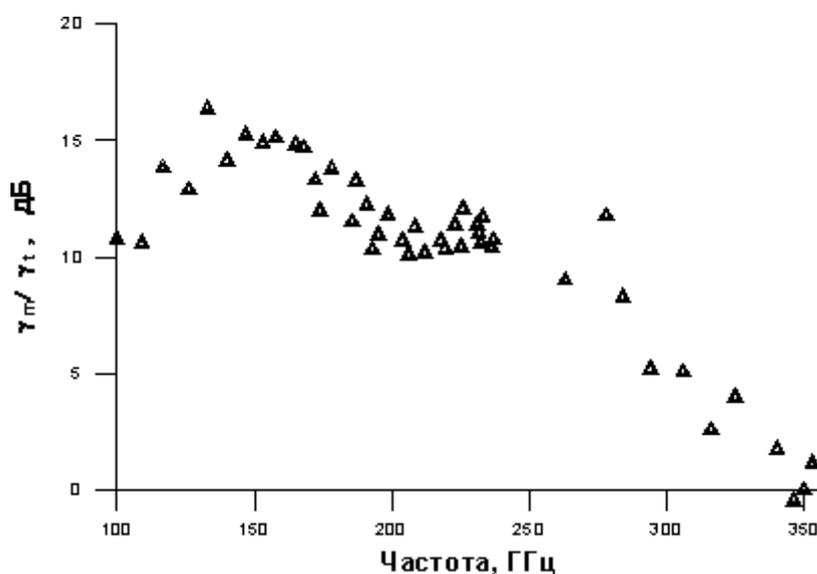


Рис. 1.

При исследовании инерционности индикаторов следы “завала” отклика на промодулированный сигнал наблюдались у детекторного индикатора при частоте модуляции  $\geq 1$  МГц, тогда как у термопарного - при нескольких герцах.

В результате измерений с помощью ранее разработанных супергетеродинных приемников показано, что при протекании через диодную матрицу тока 0,35 мА эффективная температура излучения созданного устройства вблизи 115 ГГц составляет 418 К и вблизи 340 ГГц - 404 К. Падения эффективной температуры до уровня ниже комнатной, что наблюдалось при малых токах в модуляторах-калибраторах на базе ДБШ [1,2] – не обнаружено.

### Заключение.

Предварительные измерения в диапазоне 100-354 ГГц показали, что по сравнению с термопарным индикатором при одинаковом угле обзора около 10 градусов

- индикатор с диодной матрицей является практически безинерционным слабо поляризованным прибором, превосходящим термопарный вариант по постоянной

времени не менее чем в  $10^5$  раз;

- по вольт-ваттной чувствительности он не уступает индикатору с термопарой, а вблизи  $\approx 150$  ГГц в 20 раз превосходит ее.

Таким образом, разработанный прибор на базе конуса Уинстона с диодной матрицей является существенно более удобным по сравнению с аналогичным индикатором с термопарой. Более того, он является еще и генератором шума: при протекании через диодную матрицу тока 0,35 мА эффективная температура излучения созданного устройства вблизи 115 и 340 ГГц превышает 400 К.

В завершение следует отметить, что эффективность приема описываемого устройства может быть существенно выше после оптимизации конструкции соединения всех 25 диодов и использования более высокочувствительных диодов [5]. Однако такой матрицей мы пока не располагаем. К настоящему времени для выявления роли вида соединения диодов в матрице изготовлена только одна матрица, состоящая из 5 параллельно соединенных цепочек по 5 диодов.

Работка выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-05-00595) и Программы фундаментальных исследований ОФН РАН Проблемы радиофизики (Проект 1.3), за что авторы приносят свою благодарность.

## Литература.

1. Л.И.Федосеев, В.Г.Божков, В.А.Геннеберг, И.В.Петров, А.П.Шкаев. Радиометр 3-миллиметрового диапазона длин волн с модулятором-калибратором. Изв. вузов. Радиофизика. 2007. Т.50, №10-11. С. 948-954.
2. Л.И.Федосеев, А.А.Швецов, А.П.Шкаев, В.М.Демкин, Д.А.Караштин, Л.М.Кукин, В.Г.Божков, В.А.Геннеберг, И.В.Петров, А.М.Щитов. Радиометры миллиметрового диапазона длин волн с твердотельными модуляторами-калибраторами. Материалы международной конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо 2008)". 2008. Том 2. С. 878-879. Севастополь. Изд-во «ВЕБЕР».
3. R Winston. Light collection within the Framework of Geometric Optics. // J. Opt. Soc. of Amer. 1970.V 60.P. 245-247.
4. Ю.В.Лебский, Л.В.Лубяко, Л.И.Федосеев. Квазиоптические устройства на основе конуса Уинстона в измерительной технике терагерцового диапазона. Всероссийский семинар по радиофизике

миллиметровых и субмиллиметровых волн. Тезисы докладов. С. 55. Нижний Новгород. 2007.

5. В.И.Шашкин, Ю.А.Дрягин, В.Р.Закамов, С.В.Кривов, Л.М.Кукин, А.В.Мурель, Ю.И.Чеченин. Планарные детекторы для многоэлементных систем миллиметрового видения. Известия вузов – Радиофизика. 2007. Т. 50. № 12. С. 1077-1087.
6. A.Simonetto et al. An inexpensive instrument to detect radio-frequency leakage from transmission lines at millimeter wavelengths for personnel safety. // Rev. Sci. Instrum., 1996. V.67. No.12. P.4333.
7. В.Г.Божков, В.А.Геннеберг, Ю.А.Дрягин, Л.И.Федосеев. Субмиллиметровый приемник с монолитным балансным смесителем. Изв. ВУЗов. Радиофизика. 1999. Т.42. №6. С.573-579.