

УДК 621.382.32, 621.373

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЧ ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРОПОЛОСКОВОЙ РЕКТЕННЫ С ДИОДОМ ШОТТКИ

В. Е. Любченко, А. Д. Баранов, Е. О. Юневич

**Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, Фрязинский
филиал, 141120, г. Фрязино Московской области, пл. Введенского 1**

Статья поступила в редакцию 9 мая 2017 г.

Аннотация. Разработана и исследована конструкция индикатора интенсивности электромагнитного излучения СВЧ диапазона на основе антенно-связанного детектора (ректенны), усилителя и полупроводникового светодиода. Устройство представляет собой гибридную интегральную схему, в которой микрополосковая антенна логопериодического типа на диэлектрической подложке является и механическим носителем. В качестве детектора использовался диод ВАТ15-03W с пониженным барьером в режиме нулевого постоянного напряжения смещения. Усилитель выдавал напряжение, обеспечивающее срабатывание светодиода. Чувствительность индикатора по потоку мощности СВЧ излучения на частоте 10 ГГц измерялась в плоскости раскрытия рупорной антенны 3-см диапазона. Минимальная плотность потока мощности, при котором она фиксировалась светодиодом, равнялась 7мкВт/см^2 . Экспериментально на частотах 10 ГГц и 30 ГГц продемонстрирована возможность определения формы диаграммы направленности излучающей антенны, а также визуализации интенсивности излучения, отраженного от различных объектов. Последнее дает возможность использовать данное устройство в качестве портативного индикатора СВЧ излучения в системах визуализации (радиовидения) объектов, скрытых от визуального наблюдения покрытиями, непрозрачными для света, но прозрачными для радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Ключевые слова: ректенна, диод Шоттки, светодиод, радиовидение.

Abstract. The indicator of microwave intensity, based on the log-periodic antenna, integrated with Schottky diode, amplifier and semiconductor light emitting diode (LED), is designed and experimentally investigated. The setup is a hybrid integrated circuit, in which the microstrip antenna at the dielectric substrate is used as a mechanical holder. Low-barrier Schottky diode BAT15-03W was used in the zero base voltage regime. The amplifier produced the output voltage, being enough for the LED operation. The sensitivity of indicator was evaluated from the measurement of microwave power flow at the output of the horn antenna with known power level from the microwave oscillator. Minimum microwave intensity, which was fixed with indicator, was $7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. At the frequencies 10GHz and 30GHz the opportunity of the horn antenna radiation pattern as like as the intensity of the radiation, reflected from the different objects, was experimentally demonstrated. The latter offers an opportunity to use the setup for imaging of the objects, covered with materials, transparent for the microwaves and millimeter waves.

Key words: rectenna, Schottky diode, light emitting diode, microwave and millimeter wave imaging.

Введение

Известны приемные устройства СВЧ, в которых детектор (чаще всего - диод с барьером Шоттки) непосредственно присоединен к антенне, поэтому их называют ректеннами. Как правило, используют микрополосковые конструкции антенн на диэлектрической подложке и диоды, не требующие постоянного напряжения смещения. Они нашли применение в СВЧ устройствах для беспроводной передачи энергии [1] и в системах обнаружения объектов путем регистрации их собственного радиотеплового излучения или отраженной волны, возникающей при облучении объекта внешним источником [2]. Пространственное разрешение в таких устройствах определяется размером антенны и при надлежащем выборе длины волны излучения может обеспечивать возможность идентификации объекта. При этом реализуются основные преимущества, которые дает использование волн СВЧ диапазона –

возможность обнаруживать предметы, прикрытые одеждой, скрытые в стенах зданий и пр. Задача преобразования получаемого изображения в видимое обычно решается тем, что сигнал с детектора ректенны усиливается и отображается на экране монитора. Для установления формы предмета используют механическое сканирование или матрицы из большого числа ректенн [2,3].

В настоящей работе решалась задача создания портативного индикатора интенсивности электромагнитного поля СВЧ с визуализацией превышения заданного порога с помощью светодиода. Поставленная задача решается тем, что микрополосковая антенна с диодом Шоттки в качестве детектора интегрируется с операционным усилителем и светодиодом. Диэлектрическая подложка, на которой сформирована микрополосковая антенна, является механическим носителем, на котором монтируется усилитель и светодиод.

Конструкция индикатора

Схема устройства представлена на рис.1.

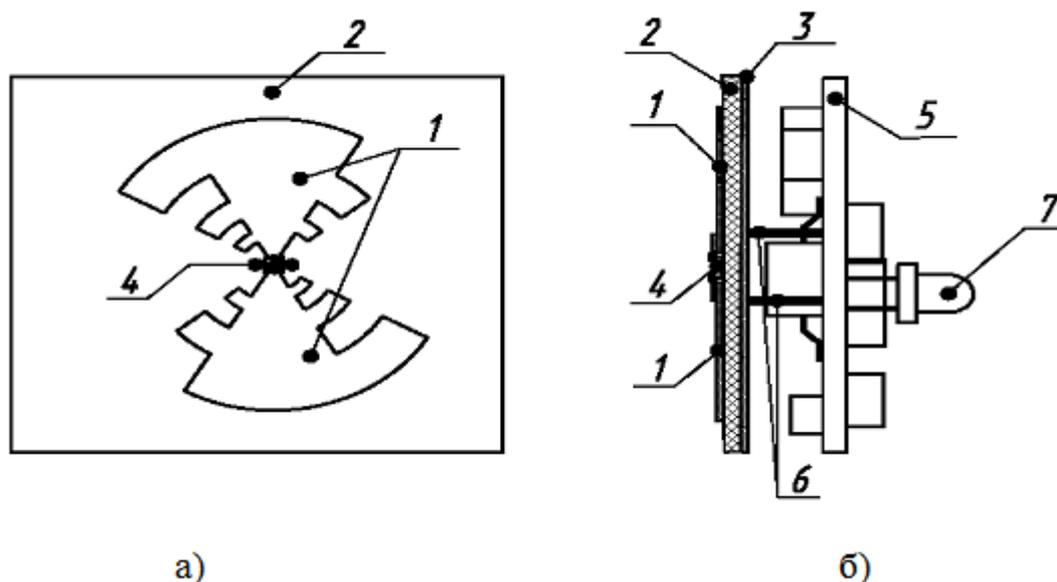


Рис.1. Устройство для визуализации интенсивности СВЧ поля: а)- вид сверху; б) вид сбоку.

Основным элементом, определяющим в том числе пространственное разрешение (размер пиксела), является микрополосковая антенна

логопериодического типа (1) на диэлектрической подложке. Детектор (2) монтируется в виде микрочипа в промежутке между лепестками антенны. Для упрощения схемы используется диод Шоттки с пониженной высотой потенциального барьера, обеспечивающий максимальную чувствительность при нулевом напряжении смещения. Толщина диэлектрической пластины (3) составляет четверть длины волны в диэлектрике, а обратная сторона диэлектрической пластины покрывается пленкой металла (4), что обеспечивает максимальную чувствительность детектора. Напряжение с детектора подается на усилитель (5), который в виде печатной платы монтируется на металлизированной стороне диэлектрической пластины с помощью стоек (6) и обеспечивает напряжение на выходе, достаточное для срабатывания светодиода (7).

В качестве детектора использовался диод ВАТ15-03W с пониженным барьером, что позволяло обходиться без цепей смещения. Усилитель выдавал напряжение, обеспечивающее срабатывание светодиода. Чувствительность индикатора по потоку мощности СВЧ излучения на частоте 10 ГГц измерялась в плоскости раскрыва рупора. Минимальная плотность потока мощности, при котором она фиксировалась светодиодом, равнялась 7 мкВт/см^2 .

Определение контура поля излучения

Работа устройства заключается в регистрации электромагнитного поля волны, излучаемой источником или отраженной от облучаемого объекта, по появлению видимого излучения светодиода, а форма объекта устанавливается путем механического сканирования на некотором расстоянии от его поверхности. Таким образом, устанавливаются границы пространственного распределения интенсивности излучения по заданному порогу чувствительности устройства.

На рис. 2 представлен результат исследования распределения потока мощности излучения рупорной антенны на частоте 10 ГГц.

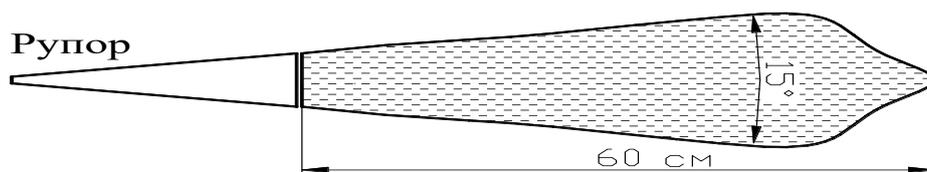


Рис.2. Распределение интенсивности излучения рупорной антенны.

Заштрихованная область - пространство с плотностью потока мощности, превышающей 7 мкВт/см^2 порог чувствительности индикатора.

Представленный рисунок дает представление о форме диаграммы направленности рупорной антенны.

Определение формы исследуемого объекта

Данная схема может использоваться в качестве портативного индикатора интенсивности СВЧ поля в приборах обнаружения и идентификации объектов (радиовидение).

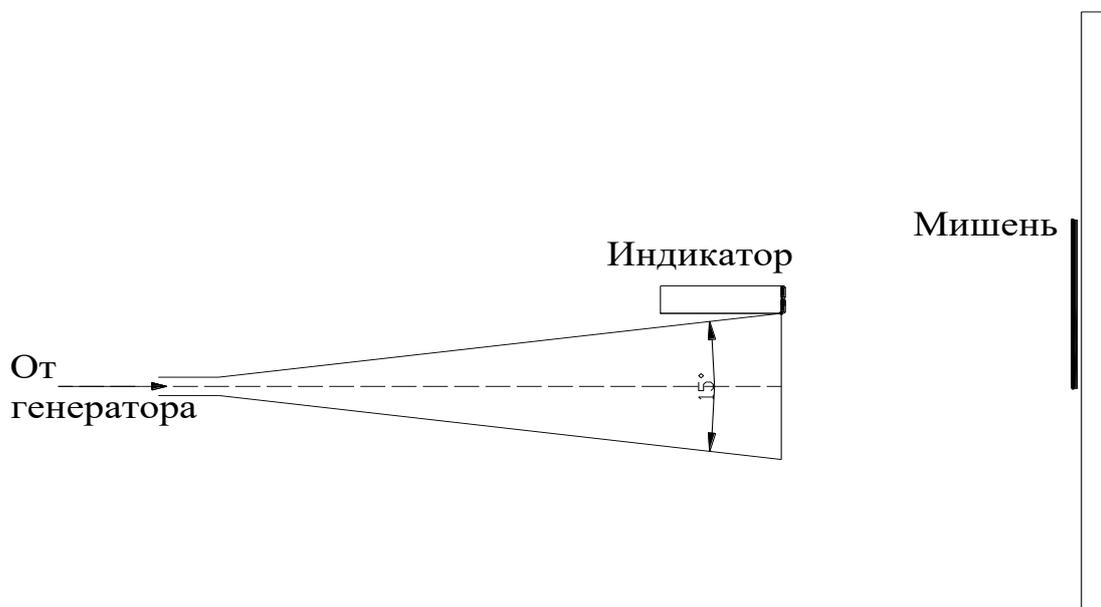


Рис.3. Схема эксперимента по визуализации объекта

В качестве исследуемого объекта использовалась металлическая пластина, которую перемещали по поверхности, не отражающей СВЧ волну. Результат регистрации отраженной волны показан на рис.4.

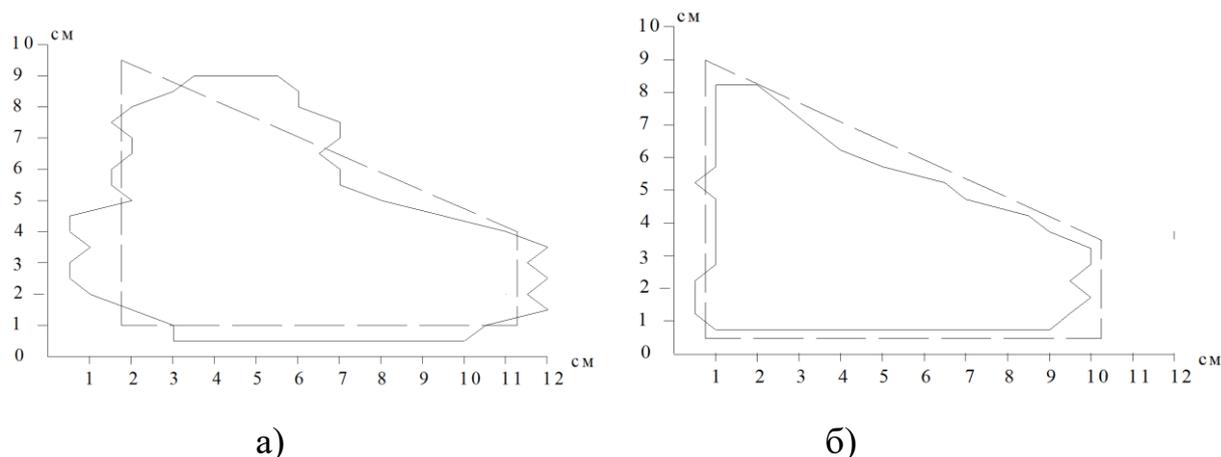


Рис. 4. Изображение металлической пластины в поле отраженной волны: а) на частоте 10 ГГц, б) на частоте 30 ГГц. Пунктиром обозначен контур пластины.

Как видно из рисунка с повышением частоты облучающего СВЧ поля форма изображения приближается к истинной.

Выводы

Логопериодическая микрополосковая антенна на диэлектрической подложке с диодом Шоттки в качестве детектора, интегрированная с операционным усилителем и светодиодом, представляет собой портативный индикатор интенсивности СВЧ поля. Для питания устройства достаточно электрической батареи типа «Крона». Возможные применения – оценка электромагнитной обстановки в помещениях, визуализация объектов (радиовидение) в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн, в том числе обнаружение объектов, покрытых материалами, непрозрачными в видимом диапазоне.

Литература

- [1] Zbitou J., Latrach M., Toutain S. Hybrid rectenna and monolithic integrated zero-bias microwave rectifier //IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2006. – Vol. 54. – №. 1. – P. 147-152.
- [2] Woolard D. L. et al. Terahertz frequency sensing and imaging: A time of reckoning future applications? //Proceedings of the IEEE. – 2005. – Vol. 93. – №. 10. – P. 1722-1743.

[3] Волков Л.В., Любченко В.Е., Тихомиров С.А. Двумерные матрицы антенно-связанных диодов с барьером Шоттки для формирования изображений в миллиметровом диапазоне волн //Радиотехника и электроника. – 1995. – Т. 40. – № 2. С. 322-324.

Ссылка на статью:

В.Е.Любченко, А.Д.Баранов, Е.О.Юневич. Визуализация распределения интенсивности СВЧ-поля с помощью микрополосковой ректенны с диодом Шоттки. Журнал радиоэлектроники электронный журнал]. 2017. №5. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/may17/6/text.pdf>