

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ
СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ
МИКРОПОЛОСКОВОЙ РЕКТЕННЫ С ДИОДОМ ШОТТКИ**© 2019 г. В. Е. Любченко¹, *, Е. О. Юневич¹¹Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
Российская Федерация, 141190 Фрязино Московской обл., пл. Введенского, 1

*E-mail: lyubch@ire216.msk.su

Поступила в редакцию 08.02.2019 г.

После доработки 08.02.2019 г.

Принята к публикации 05.03.2019 г.

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 одновременно и механическим носителем. Экспериментально на частотах 10 и 30 ГГц продемонстрирована возможность визуального определения формы диаграммы направленности излучающей антенны, а также формы объекта по интенсивности излучения, отраженного от него.

DOI: 10.1134/S0033849419080102

ВВЕДЕНИЕ

Известны приемные устройства СВЧ, в которых детектор (чаще всего — диод с барьером Шоттки) непосредственно присоединен к антенне, поэтому их называют ректеннами. Как правило, используются 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 по его форме. При этом реализуются основные преимущества, которые дает использование волн СВЧ-диапазона, а именно возможность обнаруживать предметы, прикрытые материалом, непрозрачным для волн оптического диапазона. 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 данной работе решалась задача создания порогового индикатора интенсивности электромагнитного поля СВЧ с визуализацией превышения

заданного порога с помощью светодиода. Для решения поставленной задачи микрополосковая антенна с диодом Шоттки в качестве детектора интегрируется с операционным усилителем и светодиодом. Диэлектрическая подложка, на которой сформирована микрополосковая антенна, является одновременно и механическим носителем, на котором монтируется усилитель и светодиод.

1. КОНСТРУКЦИЯ ИНДИКАТОРА

Схема устройства представлена на рис. 1. Основным элементом, определяющим пространственное разрешение (размер пиксела), является микрополосковая антенна на диэлектрической подложке. В качестве детектора использовался диод Шоттки с пониженным барьером, что позволяло обходиться без цепей смещения. Сигнал с детектора подавался на усилитель постоянного тока, который выдавал напряжение, обеспечивающее срабатывание светодиода. Более подробно конструкция устройства описана в [4, 5]. Минимальная плотность потока мощности, при которой она фиксировалась светодиодом, 7 мкВт/см^2 на частоте 10 ГГц. При использовании в качестве источника излучения СВЧ-генератора с амплитудной модуляцией на частоте 1 кГц и усилителя низкой частоты вместо усилителя постоянного тока пороговую чувствительность устройства удавалось значительно (почти на порядок) увеличить.

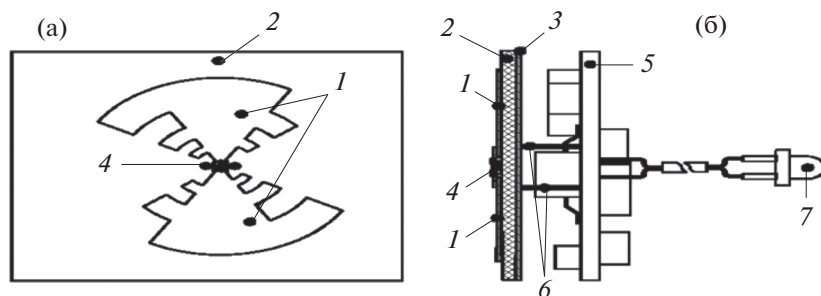


Рис. 1. Устройство для визуализации интенсивности СВЧ-поля: а) вид сверху; б) вид сбоку; 1, 2 – микрополосковая антенна логопериодического типа на диэлектрической подложке; 3 – металлизация; 4 – детектор (диод Шоттки); 5 – усилитель в виде печатной платы; 6 – крепежные стойки; 7 – светодиод.

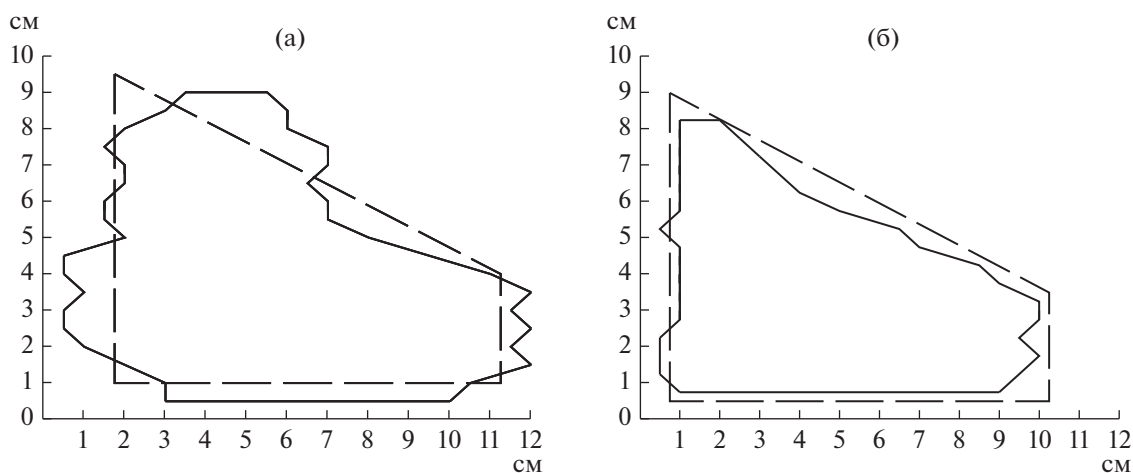


Рис. 2. Изображение металлической пластины в поле отраженной волны: на частоте 10 (а) и 30 ГГц (б). Пунктиром обозначен контур пластины.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

Для исследования возможности использования устройства в качестве индикатора интенсивности отраженного СВЧ-излучения объектом была выбрана металлическая пластина, которую перемещали по поверхности, не отражающей падающую волну. Результат регистрации отраженной волны показан на рис. 2. Как видно из рисунка, с повышением частоты облучающего СВЧ-поля форма изображения приближается к истинной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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, в том числе определение формы диаграммы направленности излучения источников СВЧ-энергии, а также визуализация

объектов (радиовидение), в том числе обнаружение объектов, покрытых материалами, непрозрачными в видимом диапазоне.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00095-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zbitou J., Latrach M., Toutain S. // IEEE Trans. 2006. V. MTT-54. № 1. P. 147.
2. Woolard D.L., Brown R., Pepper M. et al. // Proc. IEEE. 2005. V. 93. № 10. P. 1722.
3. Волков Л.В., Любченко В.Е., Тихомиров С.А. // РЭ. 1995. Т. 40. № 2. С. 322.
4. Баранов А.Д., Любченко В.Е., Юневич Е.О. Устройство для визуализации объектов путем облучения электромагнитным полем СВЧ диапазона // Пат. РФ на полезную модель №172089. Оpubл. Офиц. Бюл. "Изобретения. Полезные модели" №18 от 29.06.2017.
5. Любченко В.Е., Баранов А.Д., Юневич Е.О. // Журн. радиоэлектроники. 2017. № 5. <http://jre.cplire.ru/jre/may17/6/text.pdf>.