

## Изучение электродинамических характеристик спиралеобразной микроволновой ректенны

К. Т. Ч. Ву,<sup>\*</sup> Р. В. Егоров,<sup>†</sup> В. Л. Саввин,<sup>‡</sup> Д. А. Михеев<sup>§</sup>  
 Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
 физический факультет, кафедра фотоники и физики микроволн  
 Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

Работа посвящена изучению свойств микроволновой ректенны, состоящей из спиралеобразной антенны, настроенной на резонансную частоту 10 ГГц, и полупроводникового диода. Показано, что разработанная ректенна имеет круговую диаграмму направленности для широкого диапазона углов места.

PACS: 88.80.ht.

УДК: 621.311.26.

Ключевые слова: беспроводная передача энергии, круговая диаграмма направленности, ректенна, микроволновый диапазон.

Работа посвящена изучению свойств спиралеобразной ректенны, состоящей из спиралеобразной антенны, настроенной на резонансную частоту 10 ГГц, и полупроводникового диода. Ранее были попытки применить похожие ректенны для непосредственного преобразования солнечной энергии [1]. В данной работе делается попытка использования этих принципов для создания ректенн с круговой диаграммой направленности в микроволновом диапазоне длин волн. Особое внимание уделяется изучению диаграммы направленности устройства, которая не должна зависеть от азимутального угла.

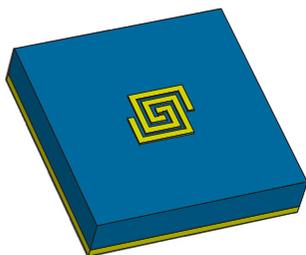


Рис. 1: Общий вид модели спиралеобразной антенны

Интерес к такому прибору вызван возможностью его применения, например, для беспроводной передачи энергии на малые беспилотные летательные аппараты. Решение данной задачи позволило бы существенно увеличить срок их службы за счёт уменьшения количества взлётов и посадок, а также продлить время непрерывного полёта без использования дополнительных батарей. Для этой цели существенно, чтобы принимающие антенны имели небольшие размеры и обладали круговой диаграммой направленности. Малые габариты нужны для сохранения лётных характеристик,

а круговая диаграмма направленности позволит принимать излучение с любой стороны одинаково эффективно. Размер антенны также не должен быть слишком мал, так как желательно, чтобы устройство работало в микроволновом диапазоне. Использование именно этого диапазона обусловлено наличием экспериментов, показавших возможность эффективной передачи энергии на большие расстояния при помощи микроволн [2].

В рамках работы была построена и изучена электродинамическая модель исследуемой ректенны. Она состояла из трёх слоёв: металлического слоя, соответствующего поверхности ректенны, другого слоя из металла, играющего роль заземления, и диэлектрического слоя между ними. Параметры системы были выбраны таким образом, чтобы обеспечить резонанс на частоте 10 ГГц и наилучшую форму диаграммы направленности. Вид модели можно видеть на рис. 1. В центре антенной части установлен дискретный порт.

Проведено численное исследование распространения волн, излученных такой структурой, методом моделирования во временной области. Рассматривая полученные результаты, можно убедиться, что диаграмма направленности действительно круговая для широкого диапазона углов места. Диаграмма для угла  $45^\circ$  приведена на рис. 2. Перепад между минимумом и максимумом составил не более 0,2 дБ (не более 5%). Для подобной модели также получаются приемлемые КСВН (1,038), КПД (0,9978) и коэффициент отражения  $S_{11}$  (0,019). В моделировании также исследовались структуры с большим и меньшим числом витков. Было выяснено, что оптимальным количеством является три витка спирали.

Полученная таким образом ректенна хорошо подходит под требования, обозначенные в начале работы.

<sup>\*</sup>E-mail: kt.vu@physics.msu.ru

<sup>†</sup>E-mail: egorov.roman@physics.msu.ru

<sup>‡</sup>E-mail: vladimir.savvin@mail.ru

<sup>§</sup>E-mail: da.mikheev@physics.msu.ru

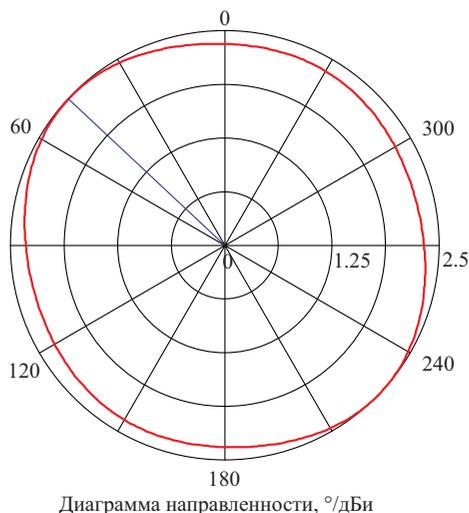


Рис. 2: Диаграмма направленности модели спиралеобразной ректенны при угле места  $45^\circ$

- [1] *Kotter D.K. et al* Journal of Solar Energy Engineering. Satellite (SPS). (Space Solar Power Workshop, 2005). **132**, No 3. (2010).
- [2] *Shinohara N.* Wireless Power Transmission for Solar Power

## Analysis of electrodynamic characteristics of a spiral microwave rectenna

K. T. C. Vu<sup>a</sup>, R. V. Egorov<sup>b</sup>, V. L. Savvin<sup>c</sup>, D. A. Mikheev<sup>d</sup>

*Department of Photonics and Microwave Physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University  
Moscow 119991, Russia*

*E-mail: <sup>a</sup>kt.vu@physics.msu.ru, <sup>b</sup>egorov.roman@physics.msu.ru, <sup>c</sup>vladimir.savvin@mail.ru, <sup>d</sup>da.mikheev@physics.msu.ru*

The study treats properties of a microwave rectenna, consisting of a semiconductor diode and a spiral antenna, that has a resonant frequency of 10 GHz. The radiation pattern of the rectenna was demonstrated to be omnidirectional within a wide range of elevation angles.

PACS:88.80.ht.

Keywords: wireless power transmission, omnidirectional radiation pattern, rectenna, microwave range.

### Сведения об авторах

1. Ву Кирилл Тхе Чуенович — студент; тел.: 8-962-926-55-98, e-mail: kt.vu@physics.msu.ru.
2. Егоров Роман Владимирович — студент; тел. 8-903-122-27-55, e-mail: egorov.roman@physics.msu.ru.
3. Саввин Владимир Леонидович — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, доцент; e-mail: vladimir.savvin@mail.ru.
4. Михеев Димитрий Алексеевич — аспирант; e-mail: da.mikheev@physics.msu.ru.