

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№ 6 • 2013 • НОЯБРЬ–ДЕКАБРЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

СОДЕРЖАНИЕ

Радиофизика, электроника, акустика

- Гомин Лу, Захаров П.Н., Сухоруков А.П. Моделирование фазированных антенных решеток с малым уровнем боковых лепестков и круговой поляризацией 3

Оптика и спектроскопия. Лазерная физика

- Еремин Ю.А., Свешников А.Г. Использование фиктивных частиц при анализе рассеивающих свойств малозаметных дефектов подложки 8

Физика конденсированного состояния вещества

- Миронов Е.П., Квачева Л.Д., Червонобродов С.П., Плотников Г.С., Букреева Т.В. Исследование поведения частиц восстановленной окиси графена на поверхности раздела вода/воздух 14
- Калинин Н.В., Емельяненко А.В. Существование двух нематических фаз, обусловленных рекомбинацией димеров 20

Химическая физика, физическая кинетика и физика плазмы

- Зленко Д.В., Стовбун С.В. Хиральность как фундаментальная причина макроскопической спиральности 27

Биофизика и медицинская физика

- Калмацкая О.А., Левыкина И.П., Пацаева С.В., Караваев В.А., Южаков В.И. Флуоресценция листьев бобов, выращенных при пониженной освещенности 31
- Генералов Е.А. Изучение структуры и иммуноадаптивной активности глюкана «АДВА» . 35

Астрономия, астрофизика и космология

- Останина М.В., Пасисниченко М.А., Ростовский В.С. Математическое моделирование релятивистского эффекта при лазерной локации искусственных спутников Земли 42

Физика Земли, атмосферы и гидросферы

- Арсеньев С.А., Шелковников Н.К. Штормовые нагоны — диссипативные солитоны 47
- Носов М.А., Нурисламова Г.Н. Следы цунамигенного землетрясения во вращающемся стратифицированном океане 54

- Указатель статей и материалов, опубликованных в журнале «Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия» в 2013 г. 60

CONTENTS

Radiophysics, electronics, acoustics

<i>Guoming Lu, Zakharov P.N., Sukhorukov A.P.</i> Simulation of low-sidelobe phased antenna array with circular polarization	3
--	---

Optics and spectroscopy. Laser physics

<i>Eremin Yu.A., Sveshnikov A.G.</i> Employing fictitious particles under investigation of scattering properties of an undistinguished substrate defects	8
--	---

Condensed matter physics

<i>Mironov E.P., [Kvacheva L.D.], Chervonobrodov S.P., Plotnikov G.S., Bukreeva T.V.</i> Study of the behavior of reduced graphene oxide nanoplates on the air/water interface	14
<i>Kalinin N.V., Emelyanenko A.V.</i> The existence of two nematic phases due to the recombination of dimers	20

Chemical physics, physical kinetics, and plasma physics

<i>Zlenko D.V., Stovbun S.V.</i> Chirality is fundamental basis of macroscopic helicity	27
---	----

Biophysics and medical physics

<i>Kalmatskaya O.A., Levykina I.P., Patsaeva S.V., Karavaev V.A., Yuzhakov V.I.</i> Fluorescence of bean leaves grown under low light	31
<i>Generalov E.A.</i> Study of the structure and immunoenhancing activity of glugan "ADVA"	35

Astronomy, astrophysics, and cosmology

<i>Ostanina M.V., Pasisnichenko M.A., Rostovsky V.S.</i> Mathematical modeling of relativistic effects in the laser ranging of artificial earth satellites	42
--	----

Physics of Earth, atmosphere, and hydrosphere

<i>Arsen'yev S.A., Shelkounikov N.K.</i> Storm surges are dissipative solitons	47
<i>Nosov M.A., Nurislamova G.N.</i> Traces of a tsunamigenic earthquake in the rotating stratified ocean	54

Index of papers published in 2013	60
---	----

РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОНИКА, АКУСТИКА

Моделирование фазированных антенных решеток с малым уровнем боковых лепестков и круговой поляризациейЛу Гомин^а, П. Н. Захаров, А. П. Сухоруков^б*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, кафедра фотоники и физики микроволн. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.**E-mail: ^аluguoming.hit@gmail.com, ^бapsmsu@gmail.com*

Статья поступила 10.07.2013, подписана в печать 10.09.2013.

В работе исследованы две геометрических формы элемента для построения фазированных антенных решеток с круговой поляризацией; разработана фидерная система, обеспечившая чебышевское распределение амплитуд токов по элементам и равномерное распределение фаз для решеток 4×4 ; проведено моделирование решеток 4×4 с элементами в форме квадрата и диска, позволивших получить подавление боковых лепестков до -26 дБ; проведено сравнение параметров двух типов антенных решеток.

Ключевые слова: фазированные антенные решетки, подавление боковых лепестков, круговая поляризация.
УДК: 537.87, 621.396.677. PACS: 84.40.Ba.

Введение

Свойства антенных систем в существенной степени определяют энергетическую и спектральную эффективность современных систем беспроводной связи. При использовании фазированных антенных решеток существует необходимость подавления боковых лепестков, расширения рабочей полосы частот и уменьшения взаимной электромагнитной связи между элементами. Оптимизация данных параметров позволяет повысить коэффициент направленного действия антенн, энергетическую эффективность систем связи, в частности ММО-систем, беспроводных локально-высоковычислительных сетей и др.

При помощи оптимизации расположения излучателей и возбуждения в них токов определенных амплитуд и фаз можно получить различные диаграммы направленности [1]. Один из многих способов, позволяющих получить существенное подавление боковых лепестков (в том числе дифракционных), — управление распределением мощностей по элементам антенной решетки [1]. Такое распределение может быть сформировано как аналоговыми, так и цифровыми методами.

В настоящей работе исследуется возможность построения антенных решеток с низким уровнем боковых лепестков, выполненных по микрополосковой технологии, излучающих волну с круговой поляризацией в удаленном поле. Микрополосковая антенна была выбрана ввиду ее малых размеров, возможности размещения антенны и элементов тракта на единой печатной плате, простоты технологического процесса при производстве. Исследования проводились при помощи моделирования в программном пакете CST Microwave Studio, использующем численное решение уравнений Максвелла в интегральной форме. Параметры антенной решетки оптимизировались для получения следующих характеристик: центральная частота $f_0 = 1.616$ ГГц, полоса частот не менее 120 МГц, круговая поляризация излучения, уровень боковых лепестков не более -20 дБ.

1. Выбор формы элементов решетки, обеспечивающих круговую поляризацию излучения

Поляризация электромагнитной волны, излучаемой антенной, зависит от многих факторов, в частности от геометрической формы элементов антенны, топологии фидерной системы [2] и др. Один из способов получения круговой поляризации — использование элементов в форме квадрата с усеченными углами или диска с прямоугольными вырезами [3].

Для уменьшения электромагнитной взаимосвязи между элементами антенны и фидерной системой была разработана структура, состоящая из пяти слоев. На верхнем слое размещаются антенные элементы, далее — диэлектрик-1, земля (металл), диэлектрик-2, фидерная система. Размещение антенных элементов и фидерной системы на отдельных слоях позволяет уменьшить электромагнитную взаимосвязь между ними [4].

С целью получения заданной центральной частоты элемента антенной решетки проведено моделирование элемента в форме квадрата с усеченными углами размером 28×28 мм и элемента в форме диска радиусом 18 мм с прямоугольными вырезами, в качестве материала элементов выбрана медь толщиной 18 мкм. При моделировании использовались следующие параметры: материал диэлектрика-1 — керамика с $\epsilon = 9.8$, толщина диэлектрика-1 3.2 мм, толщина меди 18 мкм. КСВН элемента в форме квадрата и его коэффициент эллиптичности представлены на рис. 1, а и 1, б соответственно, КСВН элемента в форме диска и его коэффициент эллиптичности представлены на рис. 1, в и 1, г соответственно.

Моделирование показало, что оба элемента обеспечивают центральную частоту 1.616 ГГц, при этом коэффициенты эллиптичности элементов при изменении угла отклонения от нормали антенной плоскости θ от 0 до 90° были не хуже -5 дБ, таким образом, на цен-