

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«Воронежский государственный
университет»

д.б.н. В.Н. Попов

«15» Ноября 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Нгием Хью Дык «Синтез и анализ полифокальных линз», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Актуальность темы диссертационной работы

В миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне волн в качестве фокусирующих элементов многолучевых антенн и радиообъективов широко используются диэлектрические линзы. Известные работы по синтезу линз, которые посвящены формированию на ее выходе плоских волновых фронтов. В то же время при создании радиообъективов для систем ближнего радиовидения возникает задача реализации заданного положения фокальных поверхностей. Подобная ситуация возникает при создании новых поколений мобильной связи с использованием микро и пикосот. Кроме того, при синтезе многолучевых диаграмм направленности для систем спутниковой связи и телевидения с целью обслуживания конкретной территории часто возникает задача реализации

телесного угла зрения антенны с заданной формой границы. Работы, посвященные синтезу диэлектрических линз, ограничиваются случаем бифокальных линз. При этом известные алгоритмы не обеспечивают точного решения задачи геометрооптического синтеза. Поэтому задача синтеза линз с обеспечением заданной точности, заданным положением фокальных поверхностей и формы границы телесного угла зрения, является **актуальной**.

В работе рассмотрены двумерные задачи синтеза и анализа линз с принудительным преломлением и симметричными относительно одной из координат фокальными линиями. Каждая фокальная линия при этом проходит через два, три или четыре фокуса. Проведен анализ среднеквадратической аберрации синтезированных бифокальных, трехфокальных и четырехфокальных линз для различных углов зрения и фокальных расстояний. Проведена оптимизация фокальных кривых, обеспечивающая максимальный угол зрения.

Проведено численное электродинамическое моделирование четырехфокальных линз с двумя плоскостями симметрии и максимальными углами зрения 60 и 90 градусов, в результате которого получены характеристики сканирования при перемещении рупорного облучателя по оптимизированной фокальной кривой внутри планарного волновода.

Исследована зависимость величины среднеквадратической аберрации (СКА) эйконала от фокальных расстояний и показано, что существует оптимальное соотношение фокальных расстояний, обеспечивающее ее минимум.

Решена задача синтеза трехфокальной линзы с принудительным преломлением и линиями одинаковой длины, которая преобразует цилиндрический фронт источника с центром в одной из трех фокальных точек в соответствующий плоский фронт. Показано, что такая линза обеспечивает существенно меньшую величину СКА по сравнению с трехфокальными линзами Рузе и Ротмана. На основе полученного решения задачи синтеза и минимизации

аббераций предложена и в результате проведения численного эксперимента исследована широкополосная цилиндрическая двухэтажная трехфокальная линзо - зеркальная антенна из волноводов одинакового сечения и длины.

Рассмотрены трехмерные задачи синтеза и анализа полифокальных линз с принудительным преломлением с тремя, двумя и одной плоскостями симметрии при различных вариантах расположения фокусов.

Развита методика точного решения задачи геометрооптического синтеза двумерных (цилиндрических) бифокальных диэлектрических линз, приведены примеры синтезированных линз и проведен анализ их аббераций. С использованием метода конечных элементов для случая планарной бифокальной линзовой антенны, формирующей два идеальных плоских фронта, проведен численный эксперимент, в результате которого получены характеристики сканирования при перемещении рупорного облучателя по оптимизированной фокальной кривой.

Разработаны методика и алгоритмы приближенного решения задачи синтеза трехфокальных градиентных диэлектрических линз. Разработанные алгоритмы использованы для решения задачи синтеза трехфокальной линзы с симметричными фокальными линиями и линзы с тремя бесконечно удаленными фокусами. Алгоритмы обеспечивают точную фокусировку в двух фокусах и приближенную – в третьем (центральной) фокусе. После нахождения поверхности и закона изменения коэффициента преломления внутри линзы проведен анализ среднеквадратической абберации синтезированных линз.

В процессе проведенного в диссертации исследования автором получены следующие **новые научные результаты**:

- Впервые решены задачи синтеза и анализа линз с принудительным преломлением и произвольным положением фокусов. Показано, что в случае пяти

фокусов с каждой стороны линзы задача синтеза сводится к трем трансцендентным уравнениям, а в случае четырех фокусов - к двум.

- В явном виде получены решения задач синтеза полифокальных линз с тремя плоскостями симметрии, синтеза двумерной линзы из линий одинаковой длины с тремя фокусами на бесконечности, синтеза трехмерной линзы с пятью фокусами, расположенными на бесконечности.

- На основе исследования двумерных бифокальных и трехфокальных линз показано, что минимальной величиной аберрации обладают линзы из линий одинаковой длины.

- Проведен синтез и исследована четырехфокальная апланатическая линза.

- Разработан алгоритм точного решения задачи геометрического синтеза бифокальных цилиндрических диэлектрических линз.

- Разработаны методика и алгоритм приближенного решения задачи геометрического синтеза трехфокальных цилиндрических градиентных диэлектрических линз

- Показано, что градиентные трехфокальные цилиндрические градиентные диэлектрические линзы обеспечивают в 4-20 раз меньшие аберрации, чем бифокальные.

В результате работы получены следующие результаты, имеющие **практическую значимость** результаты:

- Разработана конструкция диаграммообразующей системы радиообъектива на основе планарной четырехфокальной апланатической волноводной линзы.

- Разработана конструкция широкополосной двухэтажной трехфокальной линзо - зеркальной антенны из полых прямолинейных волноводов одинаковой длины с аберрациями, меньшими, чем у известных трехфокальных линз Рузе и Ротмана.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов полученных результатов обеспечена путем проведенного анализа среднеквадратической абберации, полученных решений задач синтеза полифокальных линз, а также в результате численных экспериментов с использованием метода конечных элементов, который является апробированным методом электродинамического моделирования. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и всероссийских научных конференциях, а также Московском семинаре по электродинамике и антеннам имени Я.Н. Фельда. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на научных конференциях: III Всероссийской Микроволновой конференции, г. Москва. 2015 г.; IV Всероссийской Микроволновой конференции, г. Москва. 2016 г.; 27 Международной конференции «СВЧ-техниемка и телекоммуникационные технологии», г. Севастополь, 2017 г.; Международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфо - коммуникационных технологий». Сер. Научные конференции, посвященные Дню радио. Москва. 2018 г.

Основные результаты диссертации опубликованы в 8 работах, в том числе в 5 статьях в перечень журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 – в трудах Международных и Всероссийских конференций в течение 2015-2018 годов.

Рекомендуется использовать результаты диссертации на предприятиях, занятых разработкой многолучевых антенн (ПАО «Радиофизика», АО Концерн

«Созвездие», МНИРТИ, МНИИРС, РНИИРС) и учебном процессе таких ВУЗов, как МАИ, МЭИ, МФТИ, МИРЭА, МГТУ им.Н.Э. Баумана, ЮФУ, ВГУ).

К недостаткам работы можно отнести следующее:

1. В работе присутствуют стилистические неточности и огрехи в оформлении. Например в первой главе на рисунок 4 расположен на 19-й странице, а его подпись на 20-й, что затрудняет восприятие диссертации.

2. В работе проводится оптимизация параметров линз для обеспечения максимального угла зрения, однако не приводится вид целевой функции и методы с использованием которых проводилась данная оптимизация.

3. В главе 3 при анализе аберраций бифокальных линз автор не провел сравнение результатов своего синтеза с результатами других авторов.

Содержание автореферата и материалы опубликованных работ автора дают достаточно полное представление об основных положениях диссертации, вынесенных на защиту, а также о полученных в диссертации результатах.

Тематика проведенного исследования соответствует паспорту специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ – устройства и их технологии».

Заключение.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают научной и практической значимости. Диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы Нгием Хыу Дык заслуживает присуждения ему ученой степени кандидат физико-математических наук по специальности – 05.12.07 – «Антенны, СВЧ – устройства и их технологии».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на заседании кафедры электроники ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» 15 ноября 2018г. протокол №7.

Доктор физико-математических наук, декан физического факультета, заведующий кафедрой электроники физического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ», проф.

Бобрешов Анатолий Михайлович

394018, Россия, г. Воронеж,
Университетская пл., д.1
тел. (473) 220-82-84
e-mail: bobreshov@phys.vsu.ru

Доктор физико-математических наук, доцент кафедры электроники физического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ», доц.

Усков Григорий Константинович

394018, Россия, г. Воронеж,
Университетская пл., д.1
тел. (473) 290-02-94
e-mail: uskov@phys.vsu.ru



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)	
подпись	<i>Бобрешов А.М.</i>
	<i>Усков Г.К.</i>
заверяю	<i>без ссылок</i>
	<i>Сенская</i>
	должность
	<i>15.11.2018</i>
подпись, расшифровка подписи	