



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке
ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный
университет (СФУ)

Михаил Иванович Гладышев

«17» 05 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Диссертация «Неоднородная квазисферическая линзовая антенна из
однородных слоистых материалов» выполнена на кафедре «Радиотехника».

В период подготовки диссертации соискатель Рязанцев Роман Олегович
обучался в очной аспирантуре Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный
университет», кафедра «Радиотехника».

В 2009 г. окончил Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный
университет» с присуждением степени магистра по направлению «Радиотехника».
В настоящее время обучается в очной аспирантуре при Федеральном
государственном автономном образовательном учреждении высшего образования
«Сибирский федеральный университет».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. Федеральным
государственным автономным образовательным учреждением высшего
образования «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель — Саломатов Юрий Петрович, профессор, кандидат
технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Радиотехника», заведующий кафедрой.

На расширенном заседании научного семинара кафедры «Радиотехника» присутствовали: Беляев Б.А., д-р техн. наук, профессор; Кашкин В.Б., д-р техн. наук, профессор; Патрин Г.С., д-р физ.-мат. наук, профессор; Сержантов А.М., д-р техн. наук, доцент; Саломатов Ю.П., канд. техн. наук, профессор; Валиханов М.М., канд. техн. наук, доцент; Волошин А.С., канд. физ.-мат. наук, доцент; Изотов А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент; Копылов А.Ф., канд. техн. наук, доцент; Кузьмин Е.В., канд. техн. наук, доцент; Баскова А.А., канд. техн. наук; Казанцев М.Ю., канд. техн. наук; Лемберг К.В., канд. техн. наук; Панько В.С., канд. техн. наук; Романов А.П., канд. техн. наук; Абдулхаков А.А., Александрин А.М., Гафаров Е.Р., Ерохин А.А., Литинская Е.А., Поленга С.В., Станковский А.В.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Рязанцева Романа Олеговича является научно-квалификационной работой, в которой решаются задачи по исследованию неоднородных линзовых антенн (ЛА), возможности реализации неоднородной квазисферической ЛА, прототипом которой является линза Люнебурга, а также по исследованию квазисферической ЛА в широкой полосе частот, в том числе и с круговой поляризацией электромагнитного поля. В результате проведенных автором исследований получены результаты, заключающиеся в следующем:

- разработаны порядок конструктивного синтеза квазисферической ЛА из однородного слоистого диэлектрического материала и макросы для формирования геометрии ЛА в САПР;
- установлено, что параметры ДН квазисферической линзовой антенны из однородных слоистых материалов соответствуют аналогичным параметрам ЛА со сферической линзой Люнебурга;
- показано, что квазисферическая ЛА работает в широкой полосе частот с высокой эффективностью, а использование рупорного облучателя с изломом образующей повышает коэффициент использования поверхности квазисферической ЛА;

— установлено, что за счет фазового сдвига между ортогональными компонентами поля облучателя могут быть получены высокие значения коэффициента эллиптичности (КЭ) квазисферической ЛА в диапазоне углов облучения – все это имеет значение для технических наук.

Актуальность темы

Антенны квазиоптического типа занимают особое место среди антенн СВЧ диапазона. К ним относятся зеркальные антенны и линзовые ЛА. Применение ЛА, с увеличением рабочих частот приёмно-передающих систем, становится все более актуальным вследствие необходимости использования антенн с высоким коэффициентом усиления с менее жесткими допусками на изготовление.

ЛА из неоднородного диэлектрика обладают уникальными характеристиками, в том числе возможностью простой реализации многолучевой диаграммы направленности и работой в широкой полосе частот. В 40х годах XX века Р.К. Luneburg впервые предложил оптическую неоднородную линзу со сферической симметрией, представляющую собой диэлектрическую сферу с изменяющимся вдоль радиуса коэффициентом преломления. При использовании массива облучателей такая ЛА может обеспечить возможность получения многолучевой диаграммы направленности.

К недостаткам аналогов для решения таких задач - многолучевых антенных решеток можно отметить сложность конструкции и потери в элементах диаграммо-образующей схемы. Не лишены недостатков и цифровые АР, в настоящее время всё еще имеющие высокую стоимость. В ряде случаев ЛА Люнебурга может заменять сложные и дорогостоящие фазированные антенные решетки.

Актуальность выбранной темы исследования определяется уникальными свойствами ЛА Люнебурга (широкая полоса частот и возможность реализации многолучевой диаграммы направленности), при наличии технологической сложности реализации неоднородной диэлектрической среды.

Личное участие автора в получении результатов

Основные исследования, результаты которых представлены в диссертационной работе, были выполнены автором лично. Совместно с научным

руководителем предложена структура квазисферической линзовой антенны, обсуждались цели и задачи исследований, а также результаты работы. Личный вклад автора включает: создание программных макросов для автоматизированного конструктивного синтеза геометрии ЛА, разработку моделей для электродинамического расчета в САПР как параметров слоистой среды, так и ЛА, выполнение исследований зависимости характеристик ЛА от параметров пространственной дискретизации квазисферической ЛА, проведение исследований зависимости коэффициента эллиптичности поля в апертуре квазисферической ЛА из однородных слоистых материалов от параметров ЛА и параметров поляризации поля в облучателе, выполнение экспериментальных исследований и обработку экспериментальных данных.

Степень достоверности результатов

Результаты диссертационной работы подтверждаются:

- корректным применением численных и аналитических методов;
- корректным применением САПР;
- использованием апробированных экспериментальных методик и высокоточного оборудования;
- воспроизводимостью и проверяемостью полученных данных, количественным и качественным совпадением результатов моделирования, экспериментальных исследований и данных, известных из литературы.

Новизна результатов

1. Разработан метод конструктивного синтеза квазисферической ЛА из однородного слоистого диэлектрического материала и проведено моделирование линзовых антенн на основе квазисферической неоднородной линзы.
2. Показано, что использование облучателя с изломом образующей, повышает эффективность неоднородной квазисферической ЛА в широкой полосе частот.
3. Получены зависимости антенных характеристик квазисферической ЛА из однородных слоистых материалов от параметров пространственной дискретизации линзы и установлены критерии выбора параметров дискретизации.

4. Предложен способ получения поля с круговой поляризацией с учётом анизотропных свойств слоистой диэлектрической структуры квазисферической ЛА.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Разработаны конструкции антенн с неоднородной квазисферической линзой из однородного диэлектрического материала;

Созданы макросы формирования геометрии ЛА для САПР, позволяющие создавать модели квазисферических линз из однородных слоистых материалов различных размеров в автоматизированном режиме;

Разработана конструкция облучателя для повышения коэффициента использования поверхности ЛА на 20% в широкой полосе частот по сравнению с использованием простых рупорных облучателей с аналогичным уровнем облучения края апертуры;

Использование слоистой структуры в квазисферической линзе позволяет уменьшить габариты ЛА при транспортировке в $\approx 1,5$ раза по объёму;

Изготовлена и исследована ЛА с квазисферической линзой из однородных слоистых материалов диаметром $20\lambda_0$, работающая в диапазоне частот с коэффициентом перекрытия 1,5 с возможностью электромеханического или амплитудного сканирования.

Ценность научных работ соискателя

Ценность исследований Рязанцева Р.О. подтверждается получением патентов на изобретения – патента Российской Федерации и Евразийского патента. Результаты исследований использованы в НИОКР, выполненных в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и НИИ радиотехники и телекоммуникаций СПбГЭТУ (ЛЭТИ), о чём свидетельствуют соответствующие акты внедрения. Результаты работы докладывались и обсуждались на восьми российских и международных конференциях.

Соответствие требованиям пункта 14 Положения ВАК

Требования, установленные пунктом 14 Положения ВАК, выполнены: в диссертации автор ссылается на источники заимствования материалов, во Введении автор отметил, что часть результатов получена совместно с соавторами научных публикаций и в каждом оригинальном разделе диссертации привёл ссылки на работы.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация Рязанцева Романа Олеговича соответствует специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии в области исследования «Исследование характеристик антенн и СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т. д.» по п. 2 паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По результатам исследований получены 2 патента и опубликовано 10 научных работ, включая 5 статей в рекомендованных ВАК РФ изданиях, 4 в сборниках публикаций, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

Статьи в журналах из перечня ВАК:

1. Рязанцев Р.О. Исследование квазиоптических структур из искусственного диэлектрика в СВЧ-диапазоне / А.М. Александрин, Р.О. Рязанцев, Ю.П. Саломатов // Вестник Сибирского гос. аэрокосмического унив. им. ак. М.Ф. Решетнева, выпуск 6 (32), 2010. С. 15–18.
2. Рязанцев Р.О. Влияние параметров облучателей на характеристики линзовых антенн из неоднородного диэлектрика / А.М. Александрин, Р.О. Рязанцев, Ю.П. Саломатов // Изв. вузов. Физика. Издание Томского Государственного Университета – 2012. № 9/2. С.93–94.
3. Рязанцев Р.О. Многолучевая широкополосная антенная система на основе линзы Люнеберга. / Н.А. Павлов, Р.О. Рязанцев, Ю.П. Саломатов, М.Е.

Синицин, М.И. Сугак // Нелинейный мир. Изд. Радиотехника – 2014. Т. 12, № 5. С. 37–44.

4. Рязанцев Р.О. Антенна на основе долей неоднородной сферической линзы с экраном / Р.О. Рязанцев, Ю.П. Саломатов, М.И. Сугак // Известия вузов. Физика. Издание Томского Государственного Университета – 2015. №8/3. С.75–77.
5. Рязанцев Р.О. Диагностика линзовых антенн с использованием сканера ближнего поля / А.С. Иванов, А.М. Александрин, К.В. Лемберг, Р.О. Рязанцев, Ю.П. Саломатов. // Доклады ТУСУР. Изд. ТУСУРа – 2015. № 1 (35). С. 33–36.

Патенты:

6. Пат. 2485646, Российская Федерация, МПК H01Q 15/02. Устройство для фокусировки типа "Линза Лüneберга" / Рязанцев Р. О., Саломатов Ю.П.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»; заявл. 12.03.2012; опубл. 20.06.2013, Бюл № 17.
7. Пат. 019779, Евразийское патентное ведомство, МПК H01Q 15/02. Устройство типа "линза Лüneберга" для фокусировки радиоволн / Рязанцев Р. О., Саломатов Ю. П.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»; заявл. 2012.06.04, опубл. 2014.06.30, Бюл № 6.

Доклады в трудах конференций:

8. Concave Spherical Feed Array for Luneberg Lens. / Ryazantsev R.O., Salomatov Y.P., Sugak M.I. // 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) Proceedings, Russia, Krasnoyarsk, September 12–13, 2013 / IEEE, 2013. Pp 1–4.*
9. Антенная система с круговой поляризацией на основе плоскостой сферической линзы Лüneберга / Рязанцев Р. О., Саломатов Ю. П., Александрин А. М., Дранишников А. С. // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2014): тез. докл. 24-я Межд. Крымская конф. Севастополь: материалы конф. в 2 т. – С. 465–466. *
10. Flat-layered spherical lens antenna system in conditions of slant polarized feeder radiation / Ryazantsev R.O., Salomatov Y.P., Panko V.S., Sugak M.I. // The

proceedings of Control and Communications (SIBCON), 2016 International Siberian Conference on, 12–14 May 2016, pp. 1–3. *

11. Huygens Source for Application in Modern Electromagnetic Simulation Software / Ryazantsev R. O., Salomatov Y. P. // The International Scientific Conference 2017 RADIATION AND SCATTERING OF ELECTROMAGNETIC WAVES RSEMW. 26–30 June 2017, Gelendzhik, Russia. / IEEE, 2017. Pp. 303–305.*
12. Параметры дискретизации квазисферической плоскостройной линзовой антенны / Рязанцев Р.О., Саломатов Ю.П. // Антенны и распространение радиоволн: сб. науч. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. Санкт-Петербург, 2018. С. 92-96.

Диссертация «Неоднородная квазисферическая линзовая антенна из однородных слоистых материалов» Рязанцева Романа Олеговича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 — «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Заключение принято на расширенном заседании научного семинара кафедры «Радиотехника».

Присутствовало на заседании – 22 чел. С правом решающего голоса – 15 чел. Результаты голосования «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 4 от 16.05.2019 г.

Патрин Геннадий Семёнович
Доктор физ.-мат. наук, профессор,
директор института инженерной физики
и радиоэлектроники.


