

линзы, а именно неоднородного диэлектрика с заданным законом изменения эффективной диэлектрической проницаемости вдоль радиуса, является преградой для широкого использования линзовых антенн Люнебурга.

Поэтому актуальность темы диссертационного исследования Рязанцева Р.О., посвященной преодолению этого ограничения, не вызывает сомнений.

Автором проведены исследования лично разработанных неоднородных квазисферических линзовых антенн. Результаты, полученные при разработке и моделировании, экспериментально подтверждены.

Содержание диссертации. Во *введении* обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, отмечены теоретическая и практическая значимости работы (сведения о внедрении результатов), научная новизна исследований, описаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы, о структуре диссертации.

В *первой главе* приводится обзор известных неоднородных линзовых антенн различного типа, описание их структур и способов реализации. Приводится информация о системах облучения, формирования амплитудного распределения в линзовой антенне Люнебурга, рассмотрены диэлектрические материалы для изготовления неоднородных линзовых антенн, сделаны выводы о наиболее предпочтительном и перспективном способе реализации неоднородной линзовой антенны из однородных диэлектрических материалов.

Вторая глава посвящена исследованию методов анализа и моделирования параметров слоистых материалов, которые в данной диссертационной работе используются для создания искусственных сред с неоднородной эффективной диэлектрической проницаемостью. В частности, рассмотрена дискретно-слоистая среда, получены такие параметры среды как эффективная диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь для различных поляризаций электромагнитной волны. В результате, продемонстрирована возможность варьирования эффективной диэлектрической проницаемостью в периодической слоистой структуре с использованием одного диэлектрического материала.

Третья глава посвящена моделированию разработанных неоднородных квазисферических линзовых антенн Люнебурга. Моделирование позволило количественным образом оценить различные вопросы проектирования линзовых антенн предлагаемого типа, такие как влияние параметров пространственной дискретизации (периода расположения слоёв, количества дискретов толщины в слое), влияние возникающей анизотропии. В результате моделирования была получена зависимость необходимого дополнительного фазового сдвига для

получения максимальных значений коэффициента эллиптичности для различных углов сканирования при работе с круговой поляризацией.

В этой же главе предлагается применить специальный облучатель для повышения коэффициента использования поверхности антенны в широкой полосе частот, приведены результаты моделирования параметров такого облучателя.

В результате разработана конструкция неоднородной квазисферической линзовой антенны, установлены критерии и рекомендации по выбору параметров антенны предлагаемого типа.

Четвертая глава представляет результаты экспериментальных исследований макетов квазисферических линзовых антенн. Приведены результаты измерения характеристик двух макетов линзовых антенн исследуемого типа, различающихся размерами и конструктивными особенностями. Результаты исследований макетов хорошо согласуются с результатами моделирования.

Научная новизна полученных автором результатов, выводов и рекомендаций. Научная новизна результатов, полученных автором, состоит в следующем:

– разработана последовательная методика синтеза квазисферической линзовой антенны из однородного слоистого диэлектрического материала, подтвержденная моделированием линзовых антенн на основе квазисферической неоднородной линзы;

– предложено применение облучателя с изломом образующей для повышения эффективности неоднородной квазисферической линзовой антенны в широкой полосе частот;

– установлены критерии выбора параметров пространственной дискретизации квазисферической линзы из слоёв дискретно-переменной толщины и получены зависимости антенных характеристик квазисферической линзовой антенны от указанных параметров;

– предложен способ компенсации анизотропных свойств слоистой диэлектрической структуры квазисферической линзовой антенны с целью получения поля с круговой поляризацией в широком диапазоне углов сканирования.

Значимость и достоверность результатов работы. Диссертационная работа имеет высокую практическую значимость. Основные результаты выполнения диссертационной работы, получены при выполнении опытно-конструкторских работ в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (г. Санкт Петербург) и в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск), что подтверждается актами внедрения и патентами на изобретения.

Диссертационная работа основывается на корректном использовании современных САПР, апробированных экспериментальных методик и высокоточного

оборудования. Результаты работы являются воспроизводимыми, результаты моделирования и экспериментальные количественно совпадают. Результаты работы также докладывались на 8 российских и международных конференциях.

По материалам диссертации получены патенты РФ и Евразийского патентного ведомства, опубликовано 10 научных работ, включая 5 статей в рекомендованных ВАК РФ изданиях, 4 в сборниках публикаций, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

Замечания по работе

В ходе обсуждения работы выявились следующие недостатки:

- не рассмотрено использование материалов с относительной диэлектрической проницаемостью больше 2 для создания линзы;
- результаты расчётов работы предлагаемой автором конструкции линзовой антенны при работе с круговой поляризацией поля не подкреплены экспериментальными данными;
- для одной из линейных поляризаций электромагнитной волны зависимость диэлектрической проницаемости от толщины слоя имеет нелинейный характер. Из материалов диссертации не ясно, оказывает ли такой характер зависимости какое-либо влияние на характеристики антенной системы;
- в диссертационной работе не приведены данные о зависимости характеристик линзовых антенн от погрешностей изготовления;
- не рассмотрены варианты конструкции линзы с использованием сферически симметричных слоев разной толщины и диэлектрической проницаемости, которые легко технологически реализуются при использовании 3D аддитивных технологий и позволяют получать лучшие характеристики.

Заключение

Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения» о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №842 (ред. от 28.08.2017, №1024), является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей варианты решения актуальной задачи разработки квазисферической неоднородной линзовой антенны из однородных диэлектрических материалов.

Учитывая вышеизложенное, считаем, что Рязанцев Роман Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Диссертационная работа заслушана и одобрена на заседании Центра перспективных научных исследований и подготовки высококвалифицированных

специалистов в области радиоэлектроники АО «НИИ «Вектор» (протокол № 16 от «10» сентября 2019г.)

Начальник Центра перспективных научных исследований и подготовки высококвалифицированных специалистов в области радиоэлектроники

А. Ю. Тараканов_

Отзыв подготовили:

Начальник научно-исследовательской лаборатории научно-технического центра-6,
кандидат технических наук

Игорь Александрович Сухов

Научный сотрудник
Центра перспективных научных исследований и подготовки высококвалифицированных специалистов в области радиоэлектроники,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Александр Иванович Румянцев

Подписи И. А. Сухова, А. И. Румянцева, А. Ю. Тараканова заверяю,

Начальник отдела кадров



Е. А. Валькова

Наименование организации	Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Вектор»
Почтовый адрес	Российская Федерация, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, дом 14-а
E-mail	nii@nii-vektor.ru
Телефон	+7 (812) 295-10-97