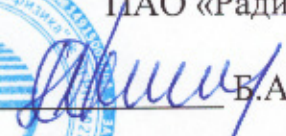


УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ПАО «Радиофизика»




Б.А. Левитан
«15» сентября 2023г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Публичного акционерного общества "Радиофизика"
на диссертацию Чан Тиен Тханга
«Многолучевые антенны на базе градиентных и геодезических линз
с осевой симметрией», представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Актуальность темы. Диссертационная работа Чан Тиен Тханга посвящена решению задачи синтеза осесимметричных градиентных диэлектрических и геодезических линз в общей постановке в рамках геометрической оптики и разработке многолучевых антенн на основе указанных линз, включая антенны с полным азимутальным круговым обзором. Общая постановка означает возможность учитывать оболочку в градиентной линзе или переходную область в геодезической линзе, произвольное положение фокуса вне линзы и произвольный фронт волны на выходе линзы. Анализ характеристик проведен с использованием метода конечных элементов, реализованного в известном пакете Ansys HFSS.

Тема работы является актуальной, так как в связи с развитием 3D печати появилась возможность уменьшения затрат на изготовление градиентных линз с использованием искусственного диэлектрика, а антенны с полным круговым обзором востребованы в системах связи новых поколений и в радиолокационных системах.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении обоснована актуальность темы, а также сформулированы цели и задачи исследования.

В первой главе описано решение задачи геометрикооптического синтеза градиентной диэлектрической линзы с центральной симметрией в общей постановке, в котором, в дополнение к известному решению, добавлена

возможность учитывать произвольный выходной фронт. Полученное общее решение затем применено к разработке планарной многолучевой антенны со столообразной формой каждого луча. Линза, расположенная между двумя металлическими дисками, дополненная биконическим рупором, выполнена в виде концентрических цилиндрических слоев, разделенных воздушными зазорами. Моделирование антенны проведено с использованием метода конечных элементов, реализованного в программной среде Ansys HFSS. Приводятся результаты, полученные для профиля диэлектрической проницаемости и коэффициента заполнения пространства между дисками диэлектрическими слоями, а также для диаграмм направленности столообразной формы, соответствующих семи волноводных облучателей, на частотах 27, 30 и 33 ГГц.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию многолучевой антенны на основе осесимметричной цилиндрической многослойной градиентной металлодиэлектрической линзы. Используя снова приближение геометрической оптики, проведено определение профиля показателя преломления в каждом слое, расположенном между тонкими металлическими дисками, с целью преобразования сферической волны, исходящей от облучателя, в локально плоскую волну, выходящую из линзы. Результаты, приведенные во второй главе, включают рассчитанные профили коэффициента преломления, диаграммы направленности облучающих рупоров двух типов, диаграммы направленности линзы в азимутальной и угломестной плоскостях, коэффициент усиления (КУ) и КИП антенны в полосе частот 27-33 ГГц.

В третьей главе приведено геометрооптическое решение задачи синтеза осесимметричной металлодиэлектрической геодезической линзы с плавным переходом к планарному волноводу в общей постановке, учитывающей обеспечение произвольно заданного фронта волны на выходе. Полученное решение для профиля металлической поверхности затем используется для разработки трех вариантов линзовой антенны, включая антенну с плоским выходным фронтом и антенну со столообразной формой луча. Полученные результаты моделирования с использованием пакета Ansys HFSS включают КИП и КУ антенны с плоским фронтом в полосе 26-36 ГГц, а также диаграмму направленности. Для другой антенны приведены пересекающиеся столообразные диаграммы направленности, соответствующие семи облучателям.

Четвертая глава содержит описание методики синтеза многослойной осесимметричной геодезической линзы, преобразующей сферическую волну облучателя вертикальной поляризации в локально плоскую волну на выходе. Полученные результаты включают примеры зависимости коэффициента замедления в слоях линзы, КИП и КУ антенны в полосе частот 27-33 ГГц, а также многолучевые диаграммы направленности антенны для двух видов облучателей.

В заключении приведены основные результаты диссертации и сделаны выводы на их основе.

В целом все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, представляются обоснованными.

Новизна и достоверность полученных результатов. Новые результаты, полученные соискателем в диссертационной работе, включают:

- Решение задачи синтеза осесимметричной градиентной диэлектрической линзы с оболочкой, с фокусом, расположенным вне линзы или на поверхности линзы, и, что и составляет новизну, с произвольно заданным фронтом волны на выходе.

- Решение задачи геометрического синтеза многослойной осесимметричной цилиндрической металлодиэлектрической линзы.

- Решение задачи синтеза осесимметричных металлических и металлодиэлектрических геодезических линз с плавным переходом, оболочкой, произвольным положением фокуса и произвольным выходным фронтом.

- Решение задачи геометрического синтеза многослойной осесимметричной металлодиэлектрической геодезической линзы.

- Результаты разработки и исследования многолучевых антенн на основе осесимметричных градиентных диэлектрических и геодезических линз, включая антенны с возможностью полного обзора пространства в азимутальной плоскости.

Научная новизна результатов подтверждается приоритетными публикациями в открытой печати, включая рецензируемые журналы, входящие в Перечень ВАК и базы данных Scopus и WoS, а также труды международной научной конференции.

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением хорошо известных принципов геометрической оптики при определении профиля показателя преломления в случае градиентных диэлектрических линз и профиля поверхности в случае геодезических линз, а также использованием апробированного пакета электродинамического моделирования Ansys HFSS на основе метода конечных элементов при расчете характеристик линзовых антенн, разработанных в диссертации.

Практическая значимость работы заключается в возможности практического применения рассмотренных многолучевых антенн на основе осесимметричных градиентных диэлектрических и геодезических линз в

радиолокационных системах и системах радиомониторинга, а также в качестве базовых станций мобильной связи новых поколений

Публикации и апробация. Результаты работы достаточно полно представлены в 5 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК, четыре из которых индексируются в базах WoC и Scopus, а также в одной статье, опубликованной в сборнике трудов конференции, также индексируемом в базах WoC и Scopus. Результаты также докладывались и обсуждались на одной международной и одной всероссийской научных конференциях, а также на заседании Научного семинара по электродинамике и антеннам имени Я. Н. Фельда.

Результаты, полученные в диссертации, могут представлять интерес и быть использованы в таких организациях как ПАО «Радиофизика», АО Концерн «Вега», ИСС им. акад. М.Ф. Решетнёва, НИИ Точных Приборов, АО «НПО Лавочкина» и др.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По представленной работе имеются следующие замечания:

1) В диссертации не указано, каким образом подтверждалась достоверность полученных результатов. В автореферате указано, что достоверность, в частности, обеспечивается сопоставлением результатов моделирования. Однако никакой информации, подтверждающей упомянутое сопоставление, не обнаружено.

2) В диссертации отсутствуют исследования сходимости результатов, получаемых при моделировании той или иной антенны при увеличении количества конечных элементов в используемом методе. Также не приведено никакой информации о входных параметрах, задаваемых в пакете HFSS, касающихся собственно используемого численного метода.

3) Задача синтеза осесимметричных градиентных диэлектрических и геодезических линз, формирующих лучи столообразной формы, конечно, представляет интерес, но в работе нет никаких ссылок, где была бы информация о практических потребностях разрабатывать многолучевые антенны с указанными лучами.

4) Не указано, какой линзе – с оболочкой или без оболочки – соответствуют диаграммы направленности, приведенные на рис. 5. Кроме того, так как результаты по диаграммам получены для какого-либо одного типа линзы, то непонятно зачем тогда приведены профили показателей и коэффициенты заполнения для обоих типов. Логичнее было бы тогда привести диаграммы направленности и для другого типа и сопоставить их.

5) В главе 1 и главе 3 соискатель приводит результаты формирования столбообразных диаграмм направленности с высоким уровнем пересечения лучей относительно максимума. Так как никакого анализа качества не сделано, то остается непонятным, как сильно полученный уровень плоской вершины отличается от максимального достижимого уровня плоской вершины.

6) Характеризуя существующую ситуацию с многолучевыми линзовыми антеннами, обеспечивающими полный азимутальный обзор пространства, соискатель упоминает только антенны на основе тороидальных линз. Однако в литературе известны также следующие работы, не включенные в обзор литературы, которые описывают другие технические решения:

R. E. Clapp, "Extending the R-2R lens to 360°," IEEE Trans. Antennas Propag., 1984, vol. AP-32, no. 7, pp. 661-671.

Банков С.Е., Дупленкова М.Д. "Электродинамическое моделирование многолучевой антенны на основе двухслойной линзы Моргана", Радиотехника и электроника, 2022, т. 67, №5, сс. 419-429.

Представляло бы интерес провести сравнение технических решений соискателя с техническими решениями, описанными в указанных статьях. Можно также отметить, что линза R-2R имеет также и многослойную модификацию, которая, как и линзы, рассмотренные в главе 2 и главе 4 диссертации, позволяет формировать лучи, узкие не только в азимутальной плоскости, но и в азимутальной и угломестной одновременно.

7) Описание конструкции многослойных линзовых антенн является неполной. В частности, не указано количество слоев.

8) Касаясь способа представления полученных характеристик антенн, например КИП, соискатель в выводах приводит только нижние значения указанного параметра в полосе частот, но не приводит значения максимального уровня, что не позволяют получить более полное представление о достигнутых результатах.

9) Касаясь стиля оформления диссертации можно заметить, что не принято располагать один и тот же рисунок так, что одна половина рисунка расположена на одной странице, а вторая половина и подрисовочная подпись к нему - на следующей странице, как это имеет для рисунков 1, 5, 7, 11, 27, 28, 31 и 35. Имеет место также использование размеров шрифтов в рисунках, не согласованных с размерами шрифта основного текста, что выглядит технически неэстетичным. Имеются также и опечатки.

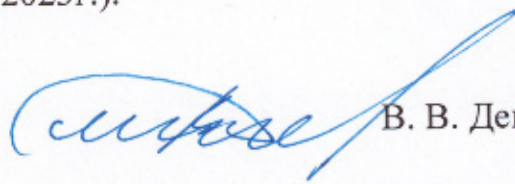
Указанные замечания, однако, не носят принципиального характера и не влияют на положительную оценку результатов диссертации в целом. Диссертация представляется завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором на достаточно высоком научном уровне, в которой изложены научно обоснованные оригинальные теоретические и технические

решения, которые вносят определенный вклад в развитие теории и техники антенн. Диссертация полностью соответствует заявленной специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Считаем, что диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чан Тиен Тханг, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №2 НТС ПАО «Радиофизика» с участием ведущих специалистов НИО-3 по антенной тематике (протокол № 2-4/23 от 06 сентября 2023г.).

Начальник НИО-3, к.ф.-м.н.



В. В. Денисенко

Отзыв составил д.ф.-м.н.



С. П. Скобелев

ФИО: Скобелев Сергей Петрович
Должность: Ведущий научный сотрудник НИО-3
Организация: ПАО «Радиофизика»
Адрес: 125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 10
Телефон: 8 905 500 4212
E-mail: s.p.skobelev@mail.ru