

Отзыв

официального оппонента кандидата технических наук Шишлова А.В.
на диссертацию Нгием Хыу Дык «Синтез и анализ полифокальных линз»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Актуальность избранной темы. Многолучевые антенны (МЛА) широко применяются в современных радиосистемах. В системах связи они позволяют увеличить число обслуживаемых абонентов и снизить стоимость передачи единицы информации. В радиолокаторах МЛА дают возможность быстро обнаруживать и сопровождать большое количество объектов. Развитие МЛА идет как благодаря применению прогрессивных технологий и материалов, улучшающих эксплуатационные характеристики, так и за счет совершенствования структуры и соответствующего улучшения функциональных характеристик: расширения сектора обзора и полосы рабочих частот, увеличения количества лучей и уменьшения потерь. Требуемые во многих радиосистемах значения сектора обслуживания МЛА – до 100 градусов и более, при ширине луча в единицы и доли градуса. Диссертационная работа соискателя Нгием Хыу Дык посвящена синтезу и анализу полифокальных линз, которые могут использоваться как МЛА или как диаграммоформирователи МЛА в виде антенных решеток. Известно, что такие МЛА являются широкополосными при условии использования в них линий передачи без дисперсии. В диссертации рассмотрены полифокальные линзы как с одномерным, так и с двумерным секторами обзора. Актуальность работы обусловлена важностью расширения сектора обзора МЛА при их высокой направленности и эффективности использования их апертур для применения в перспективных системах связи, радиолокации и в других радиосистемах.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Автором изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения, опубликованные в литературе по полифокальным линзам. Список использованной литературы содержит 41 наименование.

Синтез полифокальных линз с принудительным преломлением выполнен автором с помощью геометрической оптики (ГО). Уравнения для определения геометрии линз составлены на основе известного принципа равенства оптических длин лучей, соединяющих соответствующие фокусы линз. Оптимизация параметров линз выполнена при условии минимума среднеквадратичной aberrации эйконала (СКА) в заданном секторе углов при расположении источника и точки наблюдения на фокальных кривых, проходящих через фокусы линзы.

Такая постановка задачи синтеза фокусирующих систем известна и её обоснованность не вызывает сомнений. Существенным отличием работы автора от ранее выполненных является решение задачи синтеза при произвольном положении фокусов, а не только на бесконечности.

На основе разработанной математической модели в работе рассмотрены задачи синтеза трехмерных и двумерных линз с принудительным преломлением с количеством фокусов от двух до пяти, в том числе с количеством плоскостей симметрии до трех.

В работе строго решена задача синтеза двумерной бифокальной линзы из однородного диэлектрика. Синтез поверхностей бифокальной линзы выполнен на основе метода, предложенного ранее Б.Е. Кинбером и соавторами. С помощью методики, развитой в рассматриваемой диссертации, построены поверхности бифокальной линзы, обеспечивающие точную фокусировку лучей от двух источников в двух фокусах.

С использованием ГО решена задача синтеза трехфокусной линзы из неоднородного диэлектрика с идеальной фокусировкой в двух точках и хорошей, но неидеальной фокусировкой вблизи третьей точки.

Характеристики сканирования синтезированных линз в широком секторе углов изучены путем анализа aberrации эйконала вдоль линий сканирования.

Показано, что значения СКА в рассмотренных линзах на 3 – 5 порядков меньше размера линзы. Это означает, что в зависимости от выбранного электрического размера линзы, МЛА на её основе позволяет формировать системы лучей с шириной сектора обзора в десятки и сотни ширин главного лепестка.

Для трех примеров характеристики сканирования линз проверены путем прямых электродинамических расчетов диаграмм направленности (или коэффициентов передачи) строгими методами. Эти расчеты напрямую подтверждают работоспособность синтезированных линз в широком секторе углов и в широком диапазоне частот.

Таким образом, все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными.

Новизна и достоверность полученных результатов. Автором получены следующие новые результаты:

- решена задача синтеза и анализа линз с принудительным преломлением при произвольном расположении 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;
- для полифокальных линз с тремя плоскостями симметрии получено решение задачи синтеза в явном виде;
- для двумерной линзы с линиями одинаковой длины и с тремя фокусами на бесконечности получено решение задачи синтеза в явном виде;
- для трехмерной линзы с пятью фокусами на бесконечности получено решение задачи синтеза в явном виде;
- для двумерных бифокальных и трехфокальных линз показано, что минимальные aberrации имеют линзы из линий одинаковой длины;
- решена задача синтеза четырехфокальной апланатической линзы;
- развита методика и разработан алгоритм точного решения задачи ГО синтеза бифокальных цилиндрических диэлектрических линз;

- разработаны методика и алгоритм приближенного решения задачи геометрооптического синтеза трехфокальных цилиндрических градиентных диэлектрических линз;

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

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением широко известных классических методов ГО и строгих методов электродинамики, а также тщательным анализом полученных результатов, сравнением их с результатами работ других авторов.

Все эти результаты опубликованы в открытой печати, в том числе, в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК. Результаты работы обсуждались на двух весьма авторитетных отечественных конференциях.

Результаты работы практически значимы, поскольку они позволяют заметно улучшить характеристики многолучевых антенн, разрабатываемых для перспективных радиосистем с широким сектором обзора, в частности многолучевых РЛС, многолучевых спутниковых ретрансляторов систем связи, станций сотовой связи следующих поколений и так далее.

Недостатки:

1. В работе решены важные, но частные задачи синтеза линз с двумя, тремя, четырьмя и пятью фокусами. Не обсуждается возможность постановки задачи полифокальных линз с произвольным количеством фокусов.

2. Не рассмотрены зависимости максимальных aberrаций от угла зрения рассмотренных систем. Представлены отдельные примеры. Это затрудняет оценку предельных возможностей сканирования антенн на основе полифокальных линз.

3. Нечетко сформулированы цели работы. Фактически точность синтеза линз с принудительным преломлением не задается, а определяется при анализе

аббераций синтезированной линзы. Что касается задания телесного угла зрения линзы, то задаются не его границы, а положения нескольких фокусов (до пяти).

4. На странице 18 указано, что анализ аббераций выполнен для линзы с диаметром апертуры 25 длин волн, а длина волны выбрана равной 1. Это некорректное высказывание. Поскольку эйконал - геометрооптическая величина, он никак не связан с длиной волны, а его абберации нормированы относительно диаметра апертуры линзы, что и сделано в диссертации.

5. Нет разъяснений, при каком расположении фокусов решение задачи синтеза пятифокусной линзы с принудительным преломлением существует, а при каких – нет.

6. В работе нет тщательного сопоставления характеристик сканирования предложенных линз между собой, а также с известными широкоугольными полифокальными системами, описанными, например, в работах [10, 12].

7. В работе имеются стилистические ошибки и опечатки, например, на стр. 30 (строки 4-я сверху и 2-я снизу), на стр. 4 (5-я строка снизу), стр. 36 (5-я строка снизу), стр. 40 (2-я строка снизу), стр. 43 (7-я строка снизу).

Отмеченные недостатки, хотя и несколько снижают впечатление от диссертационной работы, тем не менее, не влияют на общую положительную оценку результатов диссертации, поскольку большинство замечаний можно рассматривать как пожелания для последующих работ.

Заключение. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне, в которой решен ряд важных задач синтеза и анализа полифокальных линз. Эти решения вносят значительный вклад в развитие теории и техники многолучевых антенн. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы корректным использованием геометрической оптики, численных методов электродинамики и сопоставлением результатов с известными. Диссертация полностью соответствует заявленной специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Диссертация хорошо оформлена, материал изложен ясно.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Нгием Хыу Дык заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент

Начальник антенного отдела

ПАО «Радиофизика»,

кандидат технических наук



_____**Шишлов А. В.**

Адрес: 125363, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 10.

Электронная почта shishlov54@mail.ru

телефон 8-916-592-69-32

Подпись официального оппонента кандидата технических наук,

Шишлова Александра Васильевича удостоверяю.

Ученый секретарь

ПАО «Радиофизика»



_____**Смольникова О.Н.**

«06» декабря 2018 г.