

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе и инновациям

д.т.н., профессор

В.Н. Шевченко

« 27 » 08 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский институт «Градиент» на диссертацию Ле Доан Тринь «Планарные многолучевые антенные решетки с частотным сканированием» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Ле Доан Тринь посвящена проблемам создания широкополосных планарных многолучевых антенных систем на основе волноводно-щелевых решеток с квазиоптическими диаграммообразующими устройствами. Интерес к таким антенным системам обусловлен растущей интенсивностью исследований в области ближней радиолокации и радиовидения, а также в связи с развитием новых поколений систем связи и широкополосного доступа. С другой стороны, возрастание интереса к исследованиям связано с зарождением и развитием так называемых SIW-технологий, позволяющих создавать волноводно-щелевые решетки широкоугольного сканирования в печатном исполнении. В связи с этим исследования, направленные на разработку методов расширения пространственных пределов частотного сканирования волноводно-щелевых антенн и решеток на их основе, являются в настоящее время актуальными.

Однако применение волноводно-щелевых решеток наиболее целесообразно для осуществления одномерного частотного сканирования в продольной плоскости. Для управления положением веера сканирующих лучей в ортогональной плоскости представляет практический интерес формирование многолучевого режима с помощью квазиоптических

диаграммо-образующих устройств на основе планарного волновода, что позволяет создавать компактные плоские антенные системы широкоугольного двумерного сканирования на основе печатных технологий. В этой связи, еще одно направление исследований, выполненных в ходе диссертационной работы автора, – исследование методов снижения aberrаций и расширения пределов неискаженного сканирования многолучевых планарных решеток с квазиоптическими диаграммо-образующими устройствами не менее важно, как с научной, так и с практической точки зрения, а совершенствование научно-методического аппарата синтеза бифокальных и трехфокальных планарных диаграммо-образующих устройств представляет собой важную научную задачу. Таким образом, тема диссертационной работы Ле Доан Тринь, посвященная исследованиям планарных многолучевых антенных решеток с частотным сканированием, *является актуальной.*

Автором сформулирована *цель работы*, заключающаяся в разработке и исследовании планарных многолучевых волноводно-щелевых антенных решеток с широкими секторами частотного сканирования и многолучевой диаграммы направленности. Достижению поставленной цели способствовали постановка и решение частных *задач исследования*, среди которых необходимо отметить следующие:

- разработка линейных волноводно-щелевых антенн с широким сектором частотного сканирования;
- построение электродинамических моделей и проведение исследований линейных волноводно-щелевых антенн с широким сектором частотного сканирования;
- изготовление экспериментального образца и проведение измерений параметров линейной волноводно-щелевой антенны с широким сектором частотного сканирования;
- синтез бифокальных и трехфокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток на основе зеркальных и зеркально-линзовых систем;
- анализ aberrаций бифокальных и трехфокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток;

- построение электродинамических моделей и проведение исследований многолучевых планарных волноводно-щелевых антенных решеток.

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Автором подробно исследовано влияние числа щелей на периоде и их взаимного расположения на характеристики излучения и согласования волноводно-щелевых решеток со щелями на широкой стенке металло-диэлектрического волновода и показано, что применение четырех продольных щелей на периоде и формирование спадающего синусоидального амплитудного распределения вдоль линейной апертуры решетки ведет к расширению сектора сканирования и полосы рабочих частот. Увеличение числа поперечных щелей на периоде до трех приводит к подавлению частотных резонансов коэффициента отражения с одновременным снижением частотной дисперсии постоянной затухания и возрастанием коэффициента усиления решетки, при этом реализация режима излучения нулевой и минус первой пространственных гармоник позволяет расширить сектор сканирования практически до 180° .

Также Ле Д.Т. обосновано применение эллиптической отражающей поверхности вместо параболической в диаграммо-образующих устройствах, что в совокупности с криволинейным расположением центров щелей в планарных решетках позволяет расширить сектор обзора многолучевой волноводной щелевой антенной решетки при ограниченном частотном сканировании. Кроме этого, автором обоснованно показано, что двухзеркальные и зеркально-линзовые бифокальные диаграммо-образующие устройства обеспечивают более широкий сектор многолучевой диаграммы направленности по сравнению с однозеркальными.

Высокая степень *обоснованности* научных положений, сформулированных Ле Д.Т., определяется тем, что они сформулированы на основе моделирования методом конечных элементов и использования классических подходов решения задач геометрооптического синтеза с корректным использованием приближений, а *достоверность* определяется совпадением результатов аналитического расчета с результатами численного моделирования и физического эксперимента, а также положительными

отзывами специалистов в ходе апробации результатов исследований на научно-технических конференциях.

Научная новизна результатов диссертационной работы

Научная новизна работы Ле Д.Т. подтверждается следующими результатами:

- разработкой и исследованием волноводно-щелевой антенны с четырьмя продольными щелями на периоде и широким сектором частотного сканирования;

- разработкой и исследованием волноводно-щелевой антенны с тремя поперечными щелями на периоде, излучением двух пространственных гармоник и сектором частотного сканирования вплоть до 180° ;

- развитием методики и разработкой алгоритма точного решения задачи геометрооптического синтеза двухзеркальных бифокальных диаграммо-образующих устройств планарных волноводно-щелевых антенных решеток;

- развитием методики и разработкой алгоритма решения задачи геометрооптического синтеза однозеркальных бифокальных, двухзеркальных и зеркально-линзовых трехфокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток;

- решением задачи синтеза бифокальных и трехфокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток;

- проведением с использованием приближенной теории и численного эксперимента исследований бифокальных и трехфокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток на основе однозеркальных, двухзеркальных и зеркально-линзовых систем.

Ценность результатов диссертационной работы для практики заключается:

- в разработке конструкции и изготовлении экспериментального образца металло-диэлектрической волноводно-щелевой антенны с четырьмя продольными щелями на периоде и сектором частотного сканирования 58° ;

- в разработке конструкции волноводно-щелевой антенны с тремя поперечными щелями и сектором частотного сканирования 180° ;

- в разработке конструкции бифокальных планарных волноводно-щелевых антенных решеток с угловым сектором многолучевой диаграммы более 70° .

Реализация результатов исследования Ле Д. Т. на практике позволит улучшить характеристики антенных систем и повысить эффективность средств ближней радиолокации и радиовидения, а результаты исследования широкополосных квазиоптических диаграммо-образующих устройств на основе планарных зеркальных и зеркально-линзовых полифокальных систем, как альтернатива устройствам на основе линзы Ротмана, представляет практический интерес для специалистов нашего предприятия и мы рассматриваем возможность использования результатов исследований автора в перспективных разработках.

Результаты диссертационной работы в достаточном объеме опубликованы, а теоретические положения прошли апробацию при обсуждении специалистами на семинарах и конференциях различного уровня. Автор имеет шесть научных публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Автореферат диссертации полностью отражает суть выполненной работы, ее результаты и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание глав диссертации и основные результаты работы, сформулированные в автореферате, свидетельствуют о том, что в диссертации действительно достигнуты поставленные цели и решены задачи исследований.

Замечания и недостатки диссертационной работы

К числу замечаний и недостатков работы можно отнести следующие:

1. Во введении к диссертации не раскрыта предусматриваемая ГОСТ Р 7.0.11 степень разработанности темы, а также не определены обычно приводимые авторами объект и предмет исследования.

2. Исследование характеристик излучения антенных решеток с планарными диаграммо-образующими устройствами проведено для одиночного облучателя, перемещаемого по фокальной дуге, в то время, как практический интерес представляют характеристики, реализуемые при многолучевом режиме с применением группы облучателей, расположенных в фокальной области.

3. Некоторые иллюстрации, приведенные в тексте диссертации, не соответствуют требованиям ГОСТ Р 2.105. На рисунках 2.2, 2.3 и 2.7 не приведены обозначения координатных осей, что затрудняет восприятие изложения. В тексте диссертации отсутствует ссылка на рисунок 3.7. Под одним и тем же номером 1.22 приведены два различных рисунка. Некоторые рисунки, например, 2.6 и 2.8 приведены раньше, чем о них упомянуто в тексте,

4. Объем автореферата превышает рекомендованные ГОСТ Р 7.0.11 нормы.

Указанные замечания не являются существенными и не снижают научную ценность полученных в работе результатов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены результаты, являющиеся значимыми для дальнейшего развития теории и техники построения широкоугольных сканирующих и многолучевых планарных антенных решеток сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн.

Диссертация выполнена на высоком уровне, имеет достаточный объем и полноту изложения, защищаемые автором положения в необходимой степени обоснованы, а основные результаты полностью опубликованы в научных рецензируемых изданиях.

Диссертация содержит новые научные результаты, соответствующие областям исследования, перечисленным в п. 1 («Решение внешних и внутренних дифракционных задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн и СВЧ-устройств, определения их предельно-достижимых характеристик, возможных путей построения и т. д.») и п. 3 («Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных устройств СВЧ, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно улучшенными параметрами») паспорта специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Диссертационная работа «Планарные многолучевые антенные решетки с частотным сканированием» удовлетворяет требованиям «Положения о

присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ле Доан Тринь заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Отзыв составлен и одобрен отделом разработки приемных, передающих и антенно-фидерных устройств АО «Всероссийский научно-исследовательский институт «Градиент» (АО «ВНИИ «Градиент»).

Отзыв составил:

Бобков Николай Иванович

кандидат технических наук, начальник
научно-технического сектора разработки
и испытаний антенно-фидерных устройств
АО «ВНИИ «Градиент».

344010, г. Ростов-на-Дону,

просп. Соколова, д. 96.

Телефон: +7(960)4611934;

e-mail: uablac@mail.ru



Бобков Н. И.

«26» _____ 2020 г.