



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К. Маркса пр., 20, г. Новосибирск, 630073
Телетайп: 133432KADR RU
Телефон: (383) 346-50-01, факс: (383) 346-02-09,
E-mail: rector@nstu.ru,
http://www.nstu.ru
ОКПО 02068953, ОГРН 1025401485010
ИНН/КПП 5404105174/540401001

от 15 НОЯ 2021 № 2863/РГУ

Председателю
Диссертационного Совета
24.2.327.01
Ю.В. Кузнецову
ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, дом 4.

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляется отзыв официального оппонента профессора кафедры «Радиоприёмные и радиопередающие устройства» НГТУ Горбачева Анатолия Петровича на диссертационную работу Ястребцовой Ольги Игоревны на тему «Микрополосковые антенные решетки с двухслойной диэлектрической подложкой», представленную к защите по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Приложение: отзыв на 6 л. в 2 экз.

Проректор
по научной работе



С.В. Брованов

Исп. Горбачев А.П., 346-15-46.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«22» 11 2021 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента Горбачева Анатолия Петровича
на диссертационную работу Ястребцовой Ольги Игоревны
*«Микрополосковые антенные решетки с двухслойной диэлектрической
подложкой»*, представленную к защите на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.2.14 - «Антенны, СВЧ-
устройства и их технологии»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертация Ястребцовой О.И. посвящена актуальной проблеме улучшения широкоугольных свойств плоских микрополосковых фазированных антенных решеток (ФАР), которые получают все большее распространение как в наземных, так и в спутниковых системах связи как сканирующие антенные решетки. Однако сектор углов сканирования в них может быть ограничен эффектом «ослепления», который возникает при увеличении толщины подложки или использовании материала с большим значением относительной диэлектрической проницаемости. При этом, в свою очередь, использование тонких подложек ограничивает широкополосность элементов. В связи с этим решаемая в диссертации научная задача расширения широкоугольных свойств микрополосковых ФАР за счет увеличения углового сдвига направления «ослепления» от нормали к плоскости решётки при сохранении толщины её подложки актуальна и практически востребована в системах связи.

При этом целесообразно отметить, что ослабление степени взаимодействия между собой излучателей ФАР, приводящее к её «ослеплению», проработано в имеющейся научно-технической литературе в «понятийном» плане, то есть, ясно, что нужно сделать в принципе. Но одновременно это же означает, что соответствующие подходы, методы и процедуры преодоления/смягчения эффекта «ослепления» существенно зависят от иерархии ФАР, конструкторско-компоновочных и технологических решений этапов разработки/модернизации решётки, выбора её элементной базы, диапазона рабочих частот, носителя/объекта установки

ФАР, механизма сканирования и ряда других обстоятельств, превращая проблему смягчения эффекта «ослепления» в многофакторную. Успешное преодоление такой проблемы, пусть даже частичное, представляет собой комплекс трудоёмких и насыщенных новизной научных и технических задач, решение которых во многих случаях опирается на неформализуемые процедуры, носящие зачастую эвристический характер и в значительной мере зависящие от накопленного опыта работы. Неудачный выбор того или иного подхода вряд ли может быть компенсирован на последующих этапах создания/модернизации ФАР. В то же время системный, научно обоснованный выбор направления на очередном этапе в сочетании с развитыми методами аппроксимации, оптимизации, полномасштабного трёхмерного электродинамического моделирования и технологической реализации заключает в себе большие потенциальные возможности. Выявление и использование этих возможностей на основе опережающего поиска структур, закономерностей и принципов является достойной приложения усилий новой научной и технической задачей. Представляется, что многое из перечисленного выше, нашло своё место в данной диссертационной работе, квалифицируя её как актуальную и заслуживающую поддержки.

Структура и содержание работы

Диссертация изложена на 158 страницах и включает введение, четыре главы, заключение и приложения.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, указан объект исследования, дано обоснование научной новизны и практической значимости, представлены сведения об апробации результатов исследования, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится описание существующих методов борьбы с эффектом «ослепления» в плоских ФАР, основанных, в основном, на ограничении распространения поверхностных волн в подложке. В отношении рассматриваемого в диссертации метода, основанного на переходе к двухслойной подложке, показано, что при этом не происходит сужения рабочей полосы частот одиночного излучателя.

Во второй главе рассмотрен эффект «ослепления» в бесконечных микрополосковых ФАР с обычной подложкой в виде одного слоя диэлектрика с целью последующего сравнения с результатами для решетки с двухслойной диэлектрической подложкой. Представленные во второй главе

результаты указывают на необходимость применения методов, позволяющих отдалить углы «ослепления» дальше от направления, перпендикулярного плоскости антенной решетки.

В третьей главе проведен анализ эффекта «ослепления» в бесконечных микрополосковых ФАР с двухслойной диэлектрической подложкой. Приводятся результаты измерений, подтверждающие применимость метода определения углов «ослепления» при однослойной подложке для решетки с двухслойной подложкой. Показано, что применение двухслойной подложки позволяет увеличить угол «ослепления» по сравнению с аналогичной микрополосковой решеткой с однослойной подложкой, т.е. становится возможным улучшение ее широкоугольных свойств.

В четвертой главе рассмотрены закономерности поведения провала в диаграмме направленности центрального элемента конечных микрополосковых ФАР за счет эффекта «ослепления» как с однослойной, так и с двухслойной диэлектрическими подложками, а также проанализировано снижение коэффициента усиления решетки в секторе сканирования за счет угла «ослепления», расположенного вне этого сектора. Результаты анализа снижения коэффициента усиления в зависимости от угла «ослепления» позволили определить сокращение сектора сканирования при учете эффекта «ослепления» как функцию угла «ослепления». Разработан алгоритм определения параметров диэлектрической подложки двухслойной микрополосковой ФАР, состоящей из прямоугольных патч-излучателей, с размерами, при которых на диаграмму направленности центрального элемента решетки перестают оказывать влияние краевые эффекты, по заданному значению неравномерности коэффициента усиления в секторе углов сканирования.

Выводы по главам и в целом по диссертационной работе четко сформулированы, теоретические положения доказаны и подтверждены результатами моделирования.

Оформление материалов диссертационной работы соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным работам. Автореферат полностью отражает структуру и содержание диссертационной работы.

Новизна результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их значимость

Рассматривая диссертационную работу О. И. Ястребцовой в целом, можно констатировать, что она выполнена на высоком уровне, как в научном, так и в практическом плане. В результате проведенных

исследований показано, что применение двухслойной диэлектрической подложки позволяет увеличить угол «ослепления» микрополосковой ФАР по сравнению со случаем однослойной подложки той же толщины. При этом проведена оценка и сравнение влияния угла «ослепления» решетки на снижение коэффициента усиления в секторе углов сканирования и на глубину провала в диаграмме направленности центрального элемента решетки с однослойной и двухслойной диэлектрическими подложками. Предложен также новый алгоритм определения параметров двухслойной диэлектрической подложки по заданному уровню снижения коэффициента усиления микрополосковой ФАР в секторе углов сканирования.

Практическая значимость работы заключается в демонстрации возможности использования в микрополосковых антенных решетках сравнительно толстых подложек с большими значениями относительной диэлектрической проницаемости без эффекта «ослепления», что, в свою очередь, позволит проектировать плоские микрополосковые решетки, способные осуществлять сканирование в широком секторе углов. Кроме того, применение таких подложек позволит использовать более широкополосные элементы в составе решеток, а также элементы, работающие в нескольких полосах частот.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечена выбором непротиворечивого и адекватного рассматриваемым задачам математического аппарата, а применяемые численные и аналитические методы основаны на проверенных временем методиках. Результаты работы вполне воспроизводимы и повторяемы, а количественное и качественное совпадение результатов моделирования и экспериментальных данных убедительно. В частности, предложенные теоретические выкладки подтверждаются моделированием и результатами экспериментальных исследований макета микрополосковой антенной решетки с двухслойной диэлектрической подложкой.

Общая оценка диссертационной работы

Вышеупомянутую работу можно квалифицировать как имеющую чёткую иерархию и структурную целостность, характеризующуюся полнотой представления теоретических и экспериментальных результатов,

отвечающую тем самым критериям завершённости в научном и техническом плане.

Вместе с тем по диссертационной работе имеется ряд замечаний.

Так, в главах 3 и 4 рассматриваются микрополосковые антенные решетки из прямоугольных патч-излучателей на двухслойных подложках, однако при этом автором не получены аналитические выражения для определения геометрических параметров излучателей.

Далее, в работе теоретически и экспериментально исследовались антенные решетки с прямоугольной сеткой расположения излучателей, но на практике, однако, находят применение антенные решетки и с другим расположением элементов. Представлялось бы целесообразным оценить возможность применимости предлагаемого метода и для других типов расположения элементов.

На странице 53 на рисунке 2.2 приведены геометрические построения, иллюстрирующие вывод условий исключения «ослепления» из сектора сканирования. Однако, на нём не совсем понятны геометрические обозначения ряда величин.

Кроме того, было бы неплохо и в автореферате изобразить (хотя бы эскизно) топологию патч-излучателей, используемых в анализируемых ФАР.

Отмеченные замечания не снижают научную значимость и не оказывают существенного влияния на основные научные результаты и практическую направленность работы, а также не умаляют мою убеждённость в её поддержке.

Выводы

Представленная диссертационная работа Ольги Игоревны Ястребцовой *«Микрополосковые антенные решетки с двухслойной диэлектрической подложкой»* является законченным самостоятельно выполненным научным исследованием, представляющим значимый научный и прикладной интерес, содержит ряд обоснованных научных положений, выводов и рекомендаций, изложена технически грамотным языком, логически структурирована по главам. Публикации и автореферат достаточно полно отражают содержание и основные результаты работы. Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 с учётом дополнений Постановлений Правительства от 21.04.2016 года № 355, от 02.08.2016 года № 748, от 29.05.2017 года № 650 и от 28.08.2017 года № 1024.

