

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию 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.**

Тенденция развития связанных систем для массового потребителя требует применения недорогих и простых в изготовлении антенн, позволяющих реализовывать режим многолучевого формирования диаграммы направленности с возможностью изменения ее формы в зависимости от направления принимаемого сигнала и с учетом условий распространения радиоволн, сложного рельефа местности и т.п. Наиболее подходящим под выше перечисленные критерии типом антенн являются микрополосковые антенные решетки (МΠΑР), для которых освоено массовое производство с применением технологий изготовления печатных плат, является фактором, существенно снижающим себестоимость их изготовления. Однако для МΠΑР при формировании диаграммы направленности в некоторых угловых направлениях характерно возникновение эффекта «ослепления», что накладывает ограничения как на частотные характеристики АР, так и на возможность работы таких антенн в широком секторе углов ДН.

### **Общая оценка работы.**

В диссертации Ястребцовой О.И. ставится задача уменьшения эффекта «ослепления» за счет применения двухслойных диэлектрических подложек в отличие от традиционно используемых однослойных подложек, выполняемых из материала с малыми значениями величины относительной диэлектрической проницаемости. Как показано в диссертации, при определенных соотношениях параметров подложки, возможно увеличение угловых положений зон «ослепления», тем самым появляется возможность реализации широкоугольного сканирования, либо расширения полосы частот за счет увеличения толщины подложки при сохранении фиксированного сектора углов сканирования в МΠΑР.

Другим направлением исследования в работе Ястребцовой О.И. является анализ глубины и формы провала в секторе углов «ослепления». В результате проведенных исследований показано, что в случае возникновения эффекта «ослепления» искажается ДН центрального элемента антенной решетки, что в свою очередь приводит к необходимости смещения углового направления «ослепления» от края сектора сканирования. Для анализа влияния эффекта «ослепления» разработан алгоритм расчета и оптимизации параметров двухслойной диэлектрической подложки по критерию обеспечения требуемого сектора углов сканирования ФАР при определенном

уровне неравномерности коэффициента усиления в нем. При этом для излучателя в АР при заданных параметрах подложки с учетом взаимного влияния на каждом шаге рассчитывается сектор углов сканирования луча антенной решетки в целом, и полученная ДН сравнивается с диаграммой направленности одиночного излучателя без учета взаимного влияния. Таким образом, достаточно расчета только диаграммы направленности элемента вне решетки и определения в приближении бесконечной решетки положения углов «ослепления».

Диссертация Ястребцовой О.И. 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 фазированных антенных решетках, основанных и показано, что при переходе от однослойной подложки к двухслойной не происходит сужения рабочей полосы частот одиночного излучателя.

Во второй главе проанализировано возникновение эффекта «ослепления» в бесконечных микрополосковых фазированных антенных решетках с однослойной подложкой и обоснована необходимость применения методик, позволяющих реализовать перенос зон «ослепления» за пределы сектора сканирования луча.

В третьей главе проведены аналитические расчеты углов «ослепления» в бесконечных микрополосковых фазированных антенных решетках с двухслойной диэлектрической подложкой. Найдены условия отсечки высших типов поверхностных волн в двухслойной подложке для различных значений относительной диэлектрической проницаемости материала. Экспериментально подтверждено, что применение двухслойной диэлектрической подложки позволяет реализовать перенос углов «ослепления» антенной решетки вне сектора сканирования луча по сравнению с аналогичной МПАР с однослойной подложкой.

В четвертой главе проанализированы искажения в диаграмме направленности излучателя в антенной решетке при возникновении эффекта «ослепления», в случае МПАР конечных размеров, как с однослойной, так и с двухслойной диэлектрическими подложками, а также снижение коэффициента усиления АР в случае, когда зона ослепления формируется вне сектора сканирования луча. Определена зависимость ширины сектора сканирования луча от угловых положений зоны «ослепления» АР, разработан алгоритм определения параметров двухслойной диэлектрической подложки МПАР из прямоугольных патч-излучателей.

В заключении сформулированы основные результаты работы и сделаны основные выводы по работе.

В целом диссертация Ястребцовой О.И. выполнена на достаточно высоком уровне. Результатами, полученными в процессе исследования, подтверждено, что применение двухслойной диэлектрической подложки позволяет перенести зону «ослепления» микрополосковой антенной решетки за пределы сектора сканирования, проанализировано зависимость неравномерности коэффициента усиления в секторе сканирования луча и диаграммы направленности излучателя в антенной решетке с однослойной и двухслойной диэлектрическими подложками от угла «ослепления» АР.

**Научная новизна.** Предложен новый алгоритм определения параметров двухслойной диэлектрической подложки по заданному уровню снижения коэффициента усиления микрополосковой антенной решетки в секторе сканирования луча.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке алгоритма переноса зоны «ослепления» за пределы сектора сканирования луча и его практической реализации на примере МПАР прямоугольных патч-излучателей.

**Достоверность результатов,** полученных в диссертации, подтверждена достаточно высокой степенью совпадения результатов математического моделирования с применением известных вычислительных методов электродинамики и экспериментальных исследований микрополосковой антенной решетки прямоугольных патч-излучателей.

#### **Замечания.**

Диссертация обладает рядом недостатков, наиболее весомыми из которых являются следующие:

- в качестве результатов исследования отмечено, что разработан метод расчета положения углов «ослепления» микрополосковой антенной решетки, однако в третьей главе используются известные решения краевых задач о распространении радиоволн в бесконечном диэлектрическом слое;

- значительное внимание в первой главе диссертации уделено описанию условий работы связных антенн, конструкций их крепления, особенностям работы антенн в условиях ветровых нагрузок, однако в дальнейшем все эти факторы являются только обоснованием выбора микрополосковой антенны в качестве объекта исследования, а их влияние никак не учитывается в расчетах;

- работа имеет разные стили оформления для заголовков, подрисуночных надписей, в графиках отсутствуют единицы измерения, имеют место висячие строки, существенно увеличивающие объем представленной работы, нарушен порядок следования разделов (список литературы и приложения должны идти в обратном порядке);

- в четвертой главе не приведены данные о том, каким образом при анализе микрополосковой антенной решетки учитываются краевые эффекты в антенных решетках конечных размеров.

#### **Заключение.**

В заключении следует отметить, что приведенные выше замечания не оказывают существенного влияния на общую оценку диссертационной

работы. Представляемая к защите диссертация «Микрополосковые антенные решетки с двухслойной диэлектрической подложкой» является законченным научным исследованием, результаты которого имеют научный и практический интерес. Она содержит ряд обоснованных научных положений, выводов и рекомендаций.

**Автореферат диссертации** отражает содержание и основные результаты работы. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 - «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Автор работы Ястребцова О.И. показала способность самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические задачи, и заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 - «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Зам. декана факультета  
«Радиоэлектроники и лазерной техники»,  
доцент кафедры «Радиоэлектронные  
системы и устройства», к.т.н

Е.В. Комиссарова

26.11.2021

Подпись Комиссаровой Е.В. заверяю  
Декан факультета  
«Радиоэлектроники и лазерной техники»



С.В. Альков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Адрес: Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Телефон: +7 (499) 263-63-91. E-mail: bauman@bmstu.ru