



Федеральное космическое агентство  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени академика А.И. БЕРГА»

Новая Басманная ул. д. 20, Москва, 105066

Тел. (499) 267-43-93 Факс (499) 267-21-43 Телеграф: ПАЛЬМА E-mail: post@cnirti.ru  
ОКПО 11487465, ОГРН 1027739035818, ИНН/КПП 7701106880/770101001

14.08.2014 № *ИР 40-35/5520*

Утверждаю  
Генеральный директор,  
доктор технических наук,  
профессор



*Б.С. Лобанов*

2014г.

Отзыв

ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга» на автореферат диссертационной работы Скобелева Сергея Петровича, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по теме «Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности»

Специальность 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Актуальность диссертационной работы Скобелева С.П. связана с формированием секторных ДН элементов ФАР в части минимизации числа ее управляемых элементов для сканирования в сравнительно узкой области. Актуальность формирования секторных ДН элемента решетки связана еще и с тем, что решетки с такими ДН могут использоваться в качестве облучателей в зеркальных и линзовых антеннах. Секторные ДН в этих случаях обеспечивают высокую эффективность облучаемого зеркала или линзы при минимальных потерях на перелив мощности за края антенны.

Кроме того, некоторые подходы к формированию секторных ДН элементов в ФАР могут быть применены и при проектировании несканирующих антенн с секторными и контурными ДН, которые находят важные применения в системах связи с контурными зонами обслуживания и в системах передачи энергии посредством СВЧ-луча.

Спецификой секторных и контурных ДН элемента является то, что они не могут быть сформированы распределением поля только по одной ячейке решетки. Соответствующее распределение, строго говоря, должно занимать весь раскрыт решетки и охватывать таким образом все ячейки. Таким образом, секторная ДН элемента, соответствующая возбуждению одного управляемого входа решетки, представляет собой ДН всей решетки

указанном парциальном возбуждении. Поэтому ДН элемента в решетке также называется парциальной ДН решетки. Так как распределения, соответствующие возбуждению отдельных управляемых входов решетки перекрываются, то решетку можно считать построенной из перекрывающихся подрешеток, каждая из которых формирует секторную или контурную ДН.

Исследование возможностей формирования секторных парциальных диаграмм направленности (ПДН) проведено с помощью разработанных в рамках диссертационной работы математических моделей, позволяющих проводить численный анализ и оптимизацию излучающих структур, способных формировать секторные и контурные ПДН, что также является актуальной задачей.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем.

1. Предложено определение идеальной контурной и секторной ДН элемента решетки, включая формулировку требований к области, занимаемой диаграммой в пространстве направляющих косинусов. Показано, что если указанная область лежит в области видимости, то ДН различных элементов являются ортогональными.

2. В рамках схемного метода предложена и исследована новая многокаскадная «шахматная» схема формирования перекрывающихся подрешеток с секторными ДН, имеющая определенные преимущества перед известными схемами. Предложены и исследованы ее квазиоптические аналоги, позволяющие формировать узкие секторные парциальные ДН в решетках крупноапертурных зеркальных или линзовых излучающих элементов.

3. Предложен новый подход к формированию секторных ДН элемента с использованием решеток двухмодовых волноводов с простыми щелевыми связями, позволяющими упростить конструкцию по сравнению с известным аналогом. Разработаны математические модели таких решеток, с использованием которых получены новые результаты по формированию секторных ДН. Получены также новые экспериментальные результаты с использованием макета, спроектированного согласно теоретической модели.

4. Предложен новый подход к формированию секторных ДН элемента на основе использования пассивных реактивно нагруженных излучателей в виде ребристых структур в раскрыте решетки, разработаны математические модели таких решеток и получены новые расчетные и экспериментальные результаты по формированию секторных ДН.

5. Разработаны новые эффективные гибридные проекционные методы численного анализа решеток волноводов с выступающими диэлектрическими элементами, использующие меньшее число наборов известных коэффициентов разложения полей по сравнению с ранее разработанными версиями, и получены новые результаты по формированию секторных и контурных ДН элемента в решетках указанного типа.

6. Предложен новый подход к формированию секторных ДН элемента, основанный на использовании ребристых стержневых элементов.

Разработаны математические модели для анализа и оптимизации решеток с такими элементами и получены новые расчетные и экспериментальные результаты, подтверждающие эффективность предложенного подхода.

7. Разработана математическая модель вибраторных решеток с директорными элементами для формирования секторных ДН элемента в одной плоскости. Предложено обобщение известного метода эффективного вычисления функции Грина прямоугольного волновода для расчета функции Грина периодических структур, использованной при численном решении задачи. Получены новые расчетные результаты, характеризующие возможности директорных элементов по формированию секторных ДН в одной плоскости.

Таким образом, разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение в развитии теории и техники фазированных антенных решеток.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в следующем.

1. Новые результаты по формированию секторных и контурных ДН элемента в решетке, полученные как в рамках известных подходов, так и в рамках новых подходов позволяют проектировать ФАР с различными типами излучающих элементов при близком к минимальному числу дорогостоящих управляемых элементов для заданного коэффициента усиления (КУ) в заданной области сканирования.

2. Разработанные алгоритмы и соответствующие программы позволяют эффективно проводить численное моделирование излучающих структур ФАР связанных двухмодовых волноводов, ребристых структур, выступающих диэлектрических элементов, ребристых стержней и их двумерных аналогов, а также директорных антенных элементов и, тем самым, обеспечивать их эффективное проектирование.

Результаты диссертационной работы были получены и использованы в ряде НИР и ОКР. По результатам диссертационной работы автором получены 7 авторских свидетельств на изобретение (стр. 33 автореферата).

Кроме того, основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 10 отечественных конференциях и симпозиумах (стр. 34-36 автореферата) и 22 международных конференциях и симпозиумах (стр. 36-38 автореферата).

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы обеспечены строгой постановкой граничных задач, согласованностью с известными положениями микроскопической электродинамики и теории антенн, сходимостью численных результатов, полученных разработанными методами, с результатами, имеющимися в литературе для некоторых частных случаев, и сравнением результатов расчетов с данными измерений характеристик соответствующих макетных образцов.

Основные положения, выносимые на защиту, четко сформулированы и охватывают весь материал диссертационной работы, приведенный в разделе «Содержание» автореферата.

Вывод. Автореферат диссертационной работы Скобелева Сергея Петровича показывает, что соискателем продемонстрирован высокопрофессиональный научно-технический подход в развитии теории и техники оптимального проектирования ФАР с целью минимизации числа управляемых элементов при обеспечении заданных требований на характеристики ФАР. В настоящее время, когда ФАР, традиционно используемые в оборонной отрасли, находят все более широкое применение и в гражданских областях, актуальность минимизации числа управляемых элементов и снижения стоимости ФАР, еще более возрастает.

Несомненно, что новые теоретические положения теории и практики разработки ФАР, представленные в диссертационной работе Скобелева Сергея Петровича «Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности» будут высоко оценены и использованы специалистами в данной области радиотехники. Автореферат диссертации Скобелева Сергея Петровича, представленный на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по теме «Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности», специальность 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии», соответствует требованиям ВАК РФ, а ее автор Скобелев Сергей Петрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Отзыв составили:

Начальник отдела  
перспективных исследований,  
доктор технических  
наук, профессор



Бородин Александр  
Михайлович

Старший научный сотрудник  
отдела перспективных  
исследований,  
кандидат технических наук



Зайцев Андрей  
Германович

Подписи Бородина А.М. и Зайцева А.Г. заверяю

Ученый секретарь  
Ученого совета предприятия,  
кандидат экономических наук



Хурматуллин  
Валерий Вакильевич