

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Стручкова Сергея Михайловича

«Методика конформных отображений для моделирования полосковых линий передачи и проектирование устройств на их основе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Актуальность работы

Возрастающие информационные потребности современного общества вызывают стремительное развитие средств связи, теле- и радиовещания, систем радиолокации, радионавигации и управления. Последние в свою очередь стимулируют создание новых СВЧ устройств с улучшенными характеристиками, которые требуют адекватного проектирования в целом и построения достаточно точных моделей компонентов. Базовыми компонентами практически любого СВЧ устройства являются одиночные и связанные линии передачи, и их моделирование представляют наибольший интерес. Российские разработчики при проектировании зачастую используют импортные коммерчески доступные САПР, например ADS, Microwave Office и т.п. Однако эти программные продукты не всегда позволяют быстро построить адекватную модель устройства новой конструкции с неоднородным диэлектрическим заполнением сложного поперечного сечения. Всё это требует создания новых альтернативных подходов и методик моделирования, имеющих компьютерную реализацию.

Выбор метода конформных отображений, широко используемого при квазистатическом анализе структур с односвязными областями, в случае применимости его к многосвязным областям с неоднородным диэлектриком позволит построить вычислительно эффективные модели довольно сложных СВЧ компонентов новых конструкций, что определяет актуальность темы диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 148 листах и состоит из введения четырёх глав, заключения, списка литературы и четырёх приложений.

Во введении даётся общая характеристика работы, обосновывается актуальность, формулируется цель и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматриваются разнообразные типы волноведущих структур, такие как микрополосковые и проводные, одиночные и многопроводные. Даются классификации как самих структур, так и методов их расчёта. Из последних выбирается

метод конформных отображений в силу его привлекательности по совокупности вычислительных возможностей.

Во второй главе описывается предлагаемый комбинированный метод анализа многопроводных структур с неоднородным диэлектриком. Основной особенностью метода является предварительное преобразование исходной многосвязной области поперечного сечения в односвязную, после чего становится возможным применение известного отображения Кристоффеля–Шварца, приводящего к серии канонических областей плоского конденсатора. Последние позволяют определить погонные ёмкости и другие параметры анализируемых многопроводных структур.

В третьей главе рассматривается применение предложенной методики к анализу двух конструкций связанных линий: а) с круглыми проводниками со смещением в круглом экране; б) на вертикальной вставке, приподнятой в воздухе над заземлённым основанием. Эти конструкции связанных линий явились основой запатентованных в России технических решений: импульсного расщепителя и трансправленного ответвителя, соответственно.

В четвёртой главе выполняется верификация предложенной методики моделирования связанных линий и представляется сопоставление результатов моделирования тестовой микрополосковой структуры с экспериментальными измерениями, выполненными различными методами.

Научная новизна результатов

Основные достижения, отражающие новизну данной диссертационной работы следующие:

1. Впервые предложен подход к моделированию микрополосковых и других проводных структур со сложной многосвязной областью поперечного сечения, заключающийся в выполнении редуцирующих разрезов, адекватно сводящих многосвязную область к односвязной. Такой подход открывает возможность применения на последующих этапах моделирования относительно легко осуществляемого конформного отображения Кристоффеля–Шварца (п. 9 области исследования паспорта специальности 05.12.07).
2. Получили дальнейшее развитие две методики учёта неоднородности диэлектрического заполнения полосковых структур – эффективной диэлектрической проницаемости и частичных емкостей, которые впервые удалось обобщить и расширить на многосвязные структуры сложного поперечного сечения –

многопроводные микрополосковые линии, связанные линии с вертикальной вставкой и др. (п. 3, 9 области исследования паспорта специальности 05.12.07) .

3. Предложенная методика построения моделей полосковых и проводных структур сложного сечения с неоднородным диэлектриком реализована в виде оригинального пакета компьютерных программ, позволяющем выполнять проектирование (п. 9 области исследования паспорта специальности 05.12.07) .
4. Впервые исследованы и разработаны новые пассивные устройства на связанных линиях с существенно улучшенными параметрами – импульсный расщепитель и транснаправленный ответвитель (п. 3 области исследования паспорта специальности 05.12.07).

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что они получены на сертифицированном оборудовании и с использованием отлаженного программного обеспечения. Теория построена на физически обоснованных и проверяемых фактах и данных. Моделирование, выполненное по предложенной методике, завершается численными результатами, которые хорошо согласуются с результатами натурального эксперимента. Кроме того, они в сопоставимых тестовых условиях согласуются с опубликованными данными других исследователей. Результаты защищены патентами на изобретения, полезную модель и свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ, а также внедрены на предприятии и в вузовский учебный процесс, что подтверждено актами внедрения.

Теоретическая и практическая значимость

- Разработана методика на основе метода конформных отображений для моделирования не только полосковых структур с одним сигнальным проводником, но и для структур с произвольным сечением большого количества проводников.

- Введение редуцирующих разрезов с магнитными стенками вдоль силовых линий электрического поля позволяет использовать конформные преобразования, базирующиеся на интеграле Кристоффеля–Шварца

- Разработанная методика позволяет охватить широкий спектр моделируемых конструкций СВЧ устройств на связанных линиях и решить проблему наращивания их сложности.

- Предложенная методика имеет ясную физическую интерпретацию, позволяющую корректно выполнять редуцирующие разрезы. Она также даёт возможность быстро оценить характеристики разрабатываемого устройства на начальном этапе

проектирования и интенсивно использовать оптимизационные процедуры для получения первичного облика конструкции.

- Методика реализована в виде пакета компьютерных программ, позволяющих рассчитывать как несимметричные многопроводные микрополосковые линии, так и асимметричные структуры с проводниками круглого поперечного сечения.

- Разработаны новые устройства – транснаправленный ответвитель и импульсный расщепитель, новизна которых подтверждается наличием патентов на изобретения и полезную модель. Транснаправленный ответвитель способен заменить в новых системах квадратурный двушлейфный мост при меньшей занимаемой площади.

Апробация результатов исследования

Материалы диссертационной работы в достаточной степени опубликованы, имеются 22 публикации, из них: 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 14 материалов докладов на региональных, всероссийских и международных научно-технических конференциях, в том числе трёх European Microwave Week (2013, 2014, 2015 гг.), 2 патента на изобретение, 1 патент на полезную модель, 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Из этих публикаций 7 индексируются в базе SCOPUS, одна – в Web of Science. По версии SCOPUS индекс Хирша составляет 1.

Замечания и недостатки

1. В работе не прослеживается четкой связи между научными положениями и содержанием глав.

2. В автореферате избыточное описание первой обзорной главы, следовало бы подробнее изложить саму методику моделирования, как это сделано в тексте диссертационной работы.

3. В автореферате не отображено необходимое условие реализации на связанных линиях режима транснаправленности ответвителей, а также влияние на их электрические параметры технологического разброса параметров вертикальной вставки.

Тем не менее, указанные выше замечания, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Общее заключение по работе

Диссертацию Стручкова Сергея Михайловича можно охарактеризовать как законченную научно-квалификационную работу, обладающую научной новизной и практической ценностью, в которой решена научная задача квазистатического

моделирования и изложены новые научно обоснованные технические решения устройств на связанных линиях.

Итак, диссертация отвечает требованиям п.9 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Стручков Сергей Михайлович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент,

Доктор технических наук,
профессор,
заведующий кафедрой
«Электроники»



02.12.2016г.

Г. М. Аристархов

Ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и
информатики» (МТУСИ),
111024, г. Москва, пл. Авиамоторная, 8а,
тел. 8(495)957-77-31,
e-mail: kanc@mtuci.ru

Подпись Аристархова Григория Марковича удостоверяю

Ученый секретарь
Ученого совета МТУСИ



Т.В. Зотова