

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Билевич Дмитрия Вячеславовича «Проектирование и синтез драйверов управления для многофункциональных интегральных схем СВЧ диапазона на основе GaAs pHEMT технологии» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Актуальность темы

Постоянный прогресс в области беспроводной передачи данных требует усовершенствования создаваемых многофункциональных интегральных схем СВЧ диапазона (СВЧ МФИС). Современная ситуация на рынке такова, что доступное время на проектирование уменьшается что требует от разработчиков выдавать рабочие решения в короткие сроки. Дополнительные сложности возникают из-за постоянного совершенствования технологических процессов. Всё это необходимо учитывать при процессе проектирования, во время которого разработчик не всегда может обратиться к ранее разработанным решениям, и приходится искать принципиально новые решения. Сам процесс поиска новых решений для разработчика является длительным творческим процессом, во время которого он проверяет большое количество различных вариантов. Для ускорения разработки новых схем используются автоматизированные подходы к проектированию. Такие подходы позволяют перебирать большое количество возможных решений без вмешательства разработчика в процесс проектирования. Довольно глубоко данные работы проведены для цифровых схем на основе кремния. На данный момент существуют алгоритмы синтеза не только схемных решений, но и топологии конечных устройств таких устройств. Что касается GaAs технологии, то за последнее десятилетие было написано большое количество работ, направленных на автоматизацию проектирования аналоговых схем. Однако работ по синтезу цифровых схем на GaAs технологии на данный момент не встречается. И хотя такие устройства сильно уступают по характеристикам аналогам, изготовленным на кремниевой технологии, их популярность постоянно растёт на протяжении последних десятилетий. Всё чаще в литературе встречаются упоминания об интегрированных цифровых драйверах в СВЧ МФИС на основе GaAs технологии. Поэтому разработка методики синтеза цифровых схем на основе GaAs технологии является актуальной задачей как с научной, так и с практической точки зрения.

Общая характеристика работы

Работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка сокращений, списка использованных источников, включающего 115 наименований и приложений с актом

внедрения результатов работы соискателя и свидетельствами о государственной регистрации трёх топологий интегральных микросхем. Объем диссертации с приложениями – 136 страниц, 75 рисунков и 7 таблиц.

Автореферат диссертации подготовлен и оформлен в соответствии с ГОСТ Р 7.0.112011 и требованиями ВАК при Минобрнауки России и отражает основное содержание диссертационной работы.

Во введении проводится обзор основных тенденций в области проектирования многофункциональных схем СВЧ-диапазона. Показана актуальность темы диссертационного исследования, определены цель и задачи на диссертационную работы, описана практическая значимость и личный вклад автора в выполненную работу, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первом разделе представлено сравнение различных многофункциональных схем СВЧ диапазона, а также технологии, на основе которых могут быть изготовлены такие схемы. Был проведён глубокий анализ различных схем управления на основе GaAs технологии, а также рассмотрен ряд различных типов базовых логических ячеек. Была рассмотрена проблема синтеза логических схем на основе GaAs-технологии. Проведён обзор существующих моделей транзисторов, которые используются для моделирования логических схем. В конце раздела сформулированы цель и задачи работы.

Во втором разделе приводятся результаты проектирования последовательно-параллельного драйвера управления на основе GaAs-технологии. Описана спроектированная структура логической схемы на полевых транзисторах с буферным каскадом, которая позволяет значительно уменьшить размеры и потребление инвертора, за счет использования резисторов, выполненных из материала с высоким удельным сопротивлением. Также приводится описание методики измерения изготовленного устройства, представлена схема измерительной установки, проведено сравнение результатов измерения и моделирования разработанного драйвера управления.

Третий раздел посвящён описанию методики синтеза последовательно-параллельного драйвера управления, суть которого заключается в синтезе трёх уникальных схем, из которых далее драйвер управления собирается по детерминированному алгоритму. В качестве основы для методики синтеза был использован генетический алгоритм, разработанный непосредственно автором диссертации. Представленная методика синтеза позволяет получить схему последовательно-параллельного драйвера управления за 12 часов. Получаемая в результате синтеза схема базовой логической ячейки по структуре не отличается от схемы,

представленной во втором разделе.

В четвёртом разделе приводятся результаты выбора репрезентативного прибора для проведения процесса построения моделей транзистора. Результаты верификации показали, что все построенные модели обладают высокой точностью. По результатам валидации моделей было установлено, что одна из моделей не позволяет точно смоделировать переходные процессы во временной области. Только одна из трех построенных моделей позволила провести моделирование логической схемы без критических ошибок. Использование построенной модели позволило сократить время синтеза драйвера управления почти в 2 раза по сравнению с использованием модели из библиотеки элементов.

В приложениях присутствуют: акт внедрения результатов диссертационной работы, свидетельства о регистрации топологий интегральных микросхем.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- Предложена новая схема инвертора на основе НО транзисторов, которая обладает низкой потребляемой мощностью и приемлемыми габаритами в сравнении с известными решениями.
- Впервые предложена методика синтеза последовательно-параллельного драйвера управления на основе НО GaAs рНЕМТ транзисторов с применением генетических алгоритмов.
- Доказано, что из наиболее используемых моделей GaAs рНЕМТ-транзисторов модель ТОМЗ позволяет достичь наибольшей скорости моделирования характеристик во временной области без ухудшения его точности.

Научная значимость

Работа Дмитрия Вячеславовича Билевича имеет логически выстроенную структуру, выполнена на высоком научном и техническом уровне, обладает большим объёмом экспериментальных результатов, подтверждающих работоспособность предложенных автором методик и алгоритмов. Методика синтеза последовательно-параллельного драйвера управления основана на генетическом алгоритме, который позволяет провести поиск по структуре и параметрам, находя при этом решение, которое обладает лучшими характеристиками по сравнению с разработанным решением. Использование модели транзистора, построенной по методике ТОМЗ, позволило ускорить процесс синтеза почти в 2

раза. Представленные в диссертационной работе результаты не оставляют сомнений в научной значимости, поскольку задают перспективное направление для дальнейших исследований в области автоматизированного проектирования логических схем на основе GaAs-технологии.

Достоверность результатов

Достоверность научных положений и выводов диссертации подтверждается согласованностью рассчитанных и экспериментально измеренных характеристик изготовленных логических схем. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается применением современного измерительного оборудования и стандартными методиками проведения исследований.

По результатам проведённых исследований опубликовано 12 научных работ, в том числе 3 – в журналах, рекомендованных ВАК, 5 – в изданиях индексируемых в WoS/Scopus, 3 свидетельства о регистрации топологии интегральных микросхем.

Практическая значимость

С практической точки зрения разработанные в диссертационном исследовании методики синтеза последовательно-параллельного драйвера управления могут использоваться как дизайн-центрами для проектирования схем по заданным требованиям, так и инженерами проектировщиками. В первом случае применение предложенных методик позволит сократить время проектирования многофункциональных схем СВЧ диапазона. Во втором случае предложенные подходы могут использоваться для поиска новых структурных решений для базовой логической ячейки на основе различных технологий.

Практическая значимость работы подтверждена актом о внедрении её результатов на предприятии ООО «50ом Технолоджиз».

Замечания по диссертационной работе

Следует отметить некоторые недостатки диссертационной работы:

- В диссертации акцентируются преимущества схем с нормально открытыми транзисторами. Вместе с тем хотелось бы видеть компактно сведенное сравнение их по комплексу характеристик.

- В разделах 2, 3, 4 эксперименты осложнены влиянием емкости кабелей. Нельзя ли было бы предусмотреть средства нейтрализации, например, резистивные делители?

- Из представленных в диссертации примеров складывается впечатление, что

разнообразие структуры в методике синтеза невелико. Если это так, почему методика называется структурно-параметрическим синтезом?

- Имеются замечания к оформлению. На некоторых графиках применен неудобный для читателя масштаб (рис. 2.15, 2.16, 2.25, 2.27, 4.3, 4.5, 4.7.). В тексте встречаются невычитанные опечатки, впрочем, к чести автора в сравнительно в минимальном количестве.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Дмитрия Вячеславовича Билевич «Проектирование и синтез драйверов управления для многофункциональных интегральных схем СВЧ диапазона на основе GaAs pHEMT технологии» является завершённым научным исследованием, обладает актуальной научной новизной и соответствует требованиям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 в редакции от 26.10.2023, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент

Кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.03

Инженер-исследователь, лаборатория медицинских сплавов и имплантатов с памятью формы

 В.Б. Антипов

«11» декабря 2023 г.

Сибирский физико-технический институт имени академика В.Д. Кузнецова Томского государственного университета

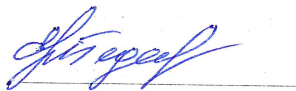
634050, Россия, г. Томск, пл. Новособорная, д.1

Тел.:8 (3822) 53-35-77

E-mail: antipov50@mail.ru

Подпись Антипова Владимира Борисовича удостоверяю

Инспектор ОТО СФТИ



Беденкова Екатерина Михайловна

