

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Березняка Анатолия Федоровича **«Синтез и реализация интегральных схем твердотельных СВЧ переключателей с контролируемым уровнем нелинейных искажений дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Вопросы, связанные с синтезом и реализацией бескорпусных микросхем и сборок на их основе всё активнее обсуждаются, как крупнейшими мировыми разработчиками электроники, так и лидерами в области изготовления кристаллов. Особое внимание данным вопросам уделяют компании, занимающиеся изделиями специального назначения. Это связано, в частности, с применением современных полупроводниковых технологий, которые позволяют не только уменьшить габариты изделий, но также увеличить их надёжность и улучшить параметры целостности сигналов, что важно с учётом широкого внедрения ВЧ и СВЧ приборов (например, в БПЛА, системах навигации и мониторинга). В России имеются наработки в области твердотельных СВЧ технологий на базе полупроводников группы АЗВ5, однако, в настоящее время исследований, посвящённых данной тематике не так много. В связи с этим диссертационная работа А.Ф. Березняка, направленная на разработку и исследование вопросов синтеза и реализации МИС СВЧ переключателей на основе полупроводников группы АЗВ5, актуальна и отвечает, как закономерностям развития электроники на мировом уровне, так и потребностям российских компаний.

Практическая значимость работы А.Ф. Березняка подтверждена идентификацией параметров обобщенной компактной модели полевого транзистора на основе PDK фирм изготовителей АО «Светлана-Рост» и WIN Semiconductors, а также приведенными результатами реализации предложенных подходов при создании МИС SPDT СВЧ переключателей С и Х диапазонов частот. Практические результаты работы согласуются с результатами приводимых теоретических расчётов и моделирования, что говорит о достоверности данных полученных в рамках работы.

Апробация результатов работы представлена в 11 статьях журналов, из них 3 статьи опубликованы в журналах, входящих в Перечень ВАК, 2 статьи опубликованы в журнале, входящем в базу Scopus, 6 статей опубликованы в журналах, входящих в базу РИНЦ, получен 1 патент и 1 государственная регистрация топологии интегральной микросхемы.

Среди результатов работы следует отметить, те, которые имеют наибольшую научную значимость, а именно:

- Предложено рассматривать СВЧ переключатель как эквивалентную схему параметрического (переключаемого) частотного фильтра, что позволяет использовать методы синтеза частотных фильтров для синтеза СВЧ переключателей.

- Предложено проводить синтез СВЧ переключателя с использованием теории синтеза частотно-избирательных устройств по общему ФНЧ-прототипу для двух режимов функционирования «включено»/«выключено» СВЧ переключателя.

- Предложено использовать для синтеза прототипа СВЧ переключателя аппроксимирующую функцию Баттерворта, нормированную не по частоте среза, а по максимальной рабочей частоте СВЧ переключателя при допустимой неравномерности АЧХ в полосе пропускания прототипа, равной минимальной развязке СВЧ переключателя.

- Предложено ввести новые удельные нелинейные параметры полевых транзисторов, не зависящие от ширины затвора транзистора, которые используются для оценки точки пересечения интермодуляционных составляющих 3-го порядка синтезируемого СВЧ переключателя.

Несмотря на то, что представленная работа является законченным трудом, включающим теоретические расчёты МИС СВЧ переключателей, оценки интермодуляционных искажений синтезированных МИС СВЧ переключателей, а также значительный объём экспериментальных исследований и результатов измерения изготовленных кристаллов, следует выделить и ряд замечаний. Среди них:

- на странице 10 автореферата представлен расчет СВЧ переключателя по требуемой величине развязки, тогда как более частым требованием при проектировании СВЧ переключателя является обеспечение заданных вносимых потерь. Впрочем, в работе приводится обоснование выбранного подхода к синтезу МИС СВЧ переключателей технологическими трудностями реализации переключателей с малыми потерями;

- также в качестве замечания можно указать отсутствие экспериментальных данных по применению разработанных МИС СВЧ переключателей. Хотя в работе явно данные задачи не ставились. Подобные результаты интересны многим предприятиям в России, в частности АО «НПП «Радар ммс»;

- кроме того, не приведена информация по шумовым свойствам разработанных схем.

Данные замечания могут быть охарактеризованы как носящие рекомендательный характер относительно будущих исследовательских работ и научных трудов. В связи с этим можно утверждать, что работа А.Ф.

Березняка «Синтез и реализация интегральных схем твердотельных СВЧ переключателей с контролируемым уровнем нелинейных искажений дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн» **достойна положительной оценки.**

Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием современных подходов и средств экспериментального исследования. Судя по автореферату, по объёму, актуальности, обоснованности полученных результатов, научной новизне и практической значимости диссертация соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", а ее автор Березняк Анатолий Федорович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

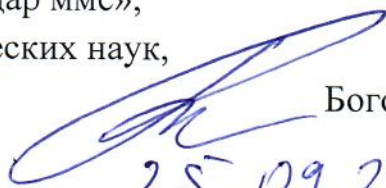
Заместитель директора НПК ММСН

АО «НПП «Радар ммс»,

доктор технических наук,

профессор

Богословский Сергей Владимирович



25.09.2020

АО «НПП «Радар ммс», г. Санкт-Петербург, 197375, Новосельковская ул., дом 37, литера А.

Сайт www.radar-mms.com, e-mail: bogoslovsky_sv@radar-mms.com

Вр ИД директора службы управления персоналом Е.В. (Трунова О.В.)

