

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертацию Попова Артема Александровича
«Построение моделей наногетероструктурных полевых транзисторов для
усилительных и управляющих функциональных блоков СВЧ монолитных
интегральных схем»,

Представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальностям 1.3.5 – «Физическая электроника» и 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-
устройства и их технологии»

Работа А.А. Попова выполнялась в 2019-2022 гг. на кафедре физической
электроники в Томском государственном университете систем управления и
радиоэлектроники.

Современная радиоэлектронная аппаратура на основе полупроводниковой
электронной компонентной базы обладает значительными преимуществами по
массогабаритным параметрам, энергоэффективности и стоимости в массовом
производстве. При проектировании интегральных схем важную роль играют как
стабильность технологического процесса, так и верифицированные библиотеки
элементов, включающие точные модели. Наличие таких библиотек позволяет
получить требуемые характеристики схемы с первой итерации. Наиболее сложным
элементом для моделирования является транзистор. Использование мощных
транзисторов с большой периферией, развитие новых материалов, таких как GaN,
ужесточение требований по мощностным параметрам и линейности, разнообразие
усилительных и ключевых схем ставит новые проблемы в области моделирования
СВЧ-транзисторов. Общей тенденцией в области моделирования СВЧ-транзистора
является отказ от поведенческих моделей в пользу физически обоснованных. Данная
тенденция прослеживается и в исследовании Артема Александровича Попова.
Успешное выполнение исследования требует знаний в области физической
электроники, твердотельных электронных приборов, моделирования и
проектирования СВЧ монолитных интегральных схем, систем автоматизированного
проектирования. В настоящее время значимые научные результаты зачастую
получают именно в такого рода междисциплинарных исследованиях.

Целью представленной работы является разработка методик построения
линейных и нелинейных моделей НЕМТ-транзисторов для проектирования схем,
выполняющих функции усиления и коммутации СВЧ-сигнала. Отмечу, что
моделирование транзисторов является технической основой разработки и
совершенствования твердотельных приборов СВЧ-диапазона.

Диссертант успешно справился с поставленными задачами. Представленное
диссертационное исследование посвящено широкому спектру задач в области
моделирования полевых СВЧ-транзисторов на основе AlGaN/GaN материалов для
усилительных и ключевых применений. Наиболее важными решенными задачами в
исследовании являются: 1) разработка алгоритма экстракции, позволяющего
получить физически обоснованные значения внешних сопротивлений в
малосигнальной модели коммутационного транзистора; 2) разработка новой
аналитической методики экстракции внешних ёмкостей НЕМТ-транзистора,
учитающей распределенный характер внешних (паразитных) элементов
эквивалентной схемы; 3) комплекс теоретических и экспериментальных
исследований, направленных на разработку новой физической компактной модели
GaAs полевого СВЧ-транзистора.

Все представленные в диссертации исследования выполнены соискателем самостоятельно, на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. В процессе работы Артем Александрович проявил способности к самостоятельному обзору литературы и постановке актуальных научных задач, выбору эффективных путей решения, систематизации полученных результатов. Также соискатель хорошо понимает особенности внедрения разработанных алгоритмов в промышленность. Исследование отличает высокая практическая значимость, наряду с глубиной проработки теоретического материала. Результаты подтверждаются большим количеством экспериментальных данных. Высокая практическая значимость подтверждается тем, что с помощью построенных в работе моделей были спроектированы 6 микросхем, 4 из которых изготовлены; результаты измерений и моделирования совпадают.

Исследование считаю полноценной законченной работой. Тем не менее, в будущих исследования могут быть развиты следующие направления: вопросы масштабируемости разработанных моделей, более подробное исследование большесигнальных параметров, эксперименты по использованию GaAs ASM-НЕМТ модели для ключевых применений.

Результаты исследований аспиранта опубликованы в 33 научных работах, в том числе в 8 изданиях, рекомендованных ВАК, 11 публикаций проиндексированы в Web of Science и Scopus. Результаты проведенных исследований использованы при выполнении гранта РНФ и хоздоговорных работ.

Считаю, что диссертация Попова А.А. является самостоятельным исследованием и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям положением «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор безусловно заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор

П.Е. Троян

Подпись Трояна П.Е. заверяю
Ученый секретарь совета ТУСУР

Е.В. Прокопчук

