

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

**Попова Артёма Александровича**

«Построение моделей нано-гетеро - структурных полевых транзисторов для усилительных и управляющих функциональных блоков СВЧ монолитных интегральных схем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3. 5- Физическая электроника и 2.2. 14 - Антенны СВЧ – устройства и их технологии

В данной диссертационной работе представлено решение актуальной научной задачи построения эффективных малосигнальных и нелинейных моделей СВЧ – транзисторов для разработки усилительных и управляющих СВЧ устройств.

**Целью диссертационной работы** является разработка методик построения линейных и нелинейных моделей НЕМТ - транзисторов для проектирования схем, выполняющих функции усиления и коммутации СВЧ сигналов.

Работа изложена логически последовательно, грамотным техническим языком, обладает научной новизной и практической ценностью.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан новый алгоритм экстракции, позволяющий получить физически обоснованные значения внешних сопротивлений в мало-сигнальной модели коммутационного НЕМТ – транзистора, включенного по схеме с общим затвором.
2. Предложена новая аналитическая методика экстракции внешних ёмкостей НЕМТ – транзистора, включенного по схеме с общим истоком, на основе результатов электромагнитного моделирования топологии прибора.
3. Автором впервые проведены: построение, верификация и валидация модифицированной физической компактной модели ASM- НЕМТ СВЧ – транзистора на основе Ga As.

**Практическая значимость работы**

1. Предложенный алгоритм экстракции мало-сигнальной модели коммутационного НЕМТ – транзистора обладает новизной и высокой практической значимостью.
2. Разработанная автором методика позволяет произвести экстракцию всех внешних ёмкостей эквивалентной схемы НЕМТ – транзистора, включенного по схеме с общим истоком при наличии верифицированной структуры ЭМ-анализа.

3. Разработанная методика позволяет учесть распределённый характер всех внешних ёмкостей эквивалентной схемы НЕМТ – транзистора, включенного по схеме с общим истоком, без использования итерационного сканирования параметров моделей.

4. Реализована модифицированная физическая компактная модель ASM-НЕМТ для СВЧ – транзистора на GaAs, основные параметры которой имеют связь с параметрами техпроцессов.

На основе построенных малосигнальных и нелинейных моделей НЕМТ – транзисторов разработаны и изготовлены тестовые СВЧ МИС малошумящих усилителей, ступенчатых аттенюаторов и фазовращателей.

По результатам исследования модели ASM-НЕМТ для СВЧ – транзистора на GaAs в третьем разделе автореферата была предложена методика её построения.

В **четвертом** разделе автореферата приведено много оригинальных и практических решений, обладающих высокой теоретической и практической значимостью.

Основное содержание диссертации опубликовано в 33 работах, из них три статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Работа прошла апробацию на ряде крупных международных и всероссийских конференций. Четыре доклада опубликованы в сборниках конференций, индексированных в международной базе Scopus.

Получены свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ и три 3 свидетельства о государственной регистрации топологий разработанных микросхем.

Результаты исследования внедрены заявителем: Обществом с ограниченной ответственностью ‘50ом Технолоджиз’ - EDN.

#### **Вопросы и замечания по автореферату:**

1. Из текста автореферата не ясно, была ли при проведении экспериментальных исследований проанализирована устойчивость разрабатываемых системы ?

2. В автореферате на стр. 23, 24, не очень убедительно звучит утверждение автора о том, что расхождения измеренных и рассчитанных характеристик в частотном диапазоне 9—11 ГГц имеют значение менее -20 дБ, [что с *практической точки зрения* является показателем *хорошего* уровня согласования как по входу, так и по выходу], является неубедительным.

3. На рис.18.а и 19, а изображения фотографий слабо различимы.

Однако это не снижает высокий уровень диссертационной работы

Считаю, что, не смотря на сделанные замечания, диссертационная работа обладает высокой научной и практической значимостью и удовлетворяет требованиям

п. 9-14 «Положения о присвоении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

По своей актуальности, степени научной новизны и практической ценности, а также уровню публикаций результатов исследований, работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, а ее автор - Попов Артём Александрович - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям: **1.3. 5- Физическая электроника** и **2.2. 14 - Антенны СВЧ – устройства и их технологии.**

Профессор кафедры  
«Средства связи и  
информационная безопасность»  
ФГАОУ ВО ОмГТУ  
Д. т.н., профессор

644050, РФ, г. Омск,  
просп. Мира, д. 11  
кафедра ССиИБ

Тел.: +7-(3812)-65-85-60  
e-mail: mva@omgtu.ru

Майстренко  
Василий Андреевич

Подпись профессора Майстренко В.А.  
заверяю

Учёный секретарь  
Учёного совета ОмГТУ  
Немцова А. Ф.

16.04.2023

