

## ОТЗЫВ

на АВТОРЕФЕРАТ диссертации  
«ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПОЛЕВЫХ  
ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ УСИЛИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ СВЧ  
МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ»

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

Диссертационная работа Попова А.А. посвящена вопросам создания моделей СВЧ наногетероструктурных полевых транзисторов (далее – СВЧ ПТ), предназначенных для построения усилительных и управляющих функциональных блоков. Актуальность темы исследования подтверждена необходимостью создания отечественных СВЧ монолитных интегральных схем (далее – СВЧ МИС), предназначенных для использования в составе приемопередающих трактов радиоэлектронной аппаратуры. Разработка в адекватные сроки подобных СВЧ МИС невозможна без верифицированных моделей СВЧ ПТ.

Автором определены основные задачи, требующие решения, для чего были разработаны методики экстракции параметров малосигнальной модели СВЧ ПТ, шумовой модели СВЧ ПТ, методики экстракции внешних емкостей эквивалентной схемы, исследование, анализ и модификация уравнений модели ASM-HEMT, верификация полученных в работе моделей СВЧ ПТ.

Новизна работы определяется в первую очередь предложенными автором новыми методиками экстракции внешних емкостей СВЧ ПТ на основе результатов электромагнитного моделирования топологии, учитывающей распределенный характер внешних элементов, и внешних сопротивлений.

Наиболее важным практическим результатом диссертационной работы являются полученные автором нелинейные модели СВЧ ПТ для технологических процессов GaAs pHEMT с проектными нормами 0,15 и 0,25 мкм, верифицированные в результате экспериментальных исследований.

В качестве недостатков работы следует отметить следующее:

- не приведены данные о размере выборки исследованных образцов СВЧ ПТ;
- в явном виде отсутствуют сведения о преимуществах выбора модели ASM-HEMT для расчета характеристик GaAs pHEMT транзисторов по сравнению с типовыми моделями Agilent EEHEMT, Angelov. В части не ясно обеспечивает ли

применение модели ASM-HEMT количественный выигрыш в точности вычислений, быстродействию?

- не определены (экспериментальным или расчетным образом) частотные зависимости минимального коэффициента шума СВЧ ПТ.

Указанные недостатки не являются критическими, и, ни в коей мере, не снижают ценности полученных в данной работе результатов, которая, несомненно, заслуживает положительной оценки.

Диссертационная работа является законченным научным исследованием, имеющим практическое значение и выполненным на высоком научно-техническом уровне. Актуальность решаемых задач, научная и практическая значимость полученных результатов позволяют заключить, что диссертация, судя по автореферату, отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Попов Артем Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 1.3.5-«Физическая электроника», 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», за построение моделей наногетероструктурных полевых транзисторов для усилительных и управляющих функциональных блоков СВЧ монолитных интегральных схем.

Руководитель дизайн-центра  
АО «ЭНПО СПЭЛС», к.т.н.  
г.Москва, Каширское ш., д.31  
Тел + (495) 984-67-44, доб. 350  
nausach@spels.ru

Николай Александрович Усачев  
17.04.2023 г.

Подпись Усачева Николая Александровича удостоверяю

Начальник отдела кадров  
АО «ЭНПО СПЭЛС»



Ольга Сергеевна Кузнецова