

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.204.01  
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-  
технологического института Российской академии наук  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 20.12.2016 № 107

О присуждении **Михайловичу Сергею Викторовичу**, гражданство России, ученой  
степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Частотные и шумовые параметры наногетероструктурных полевых транзисторов на основе AlGaIn/GaN с разной толщиной барьерного слоя» по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах» принята к защите «12» сентября 2016 г. протокол № 105 диссертационным советом Д 002.204.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технологического института Российской академии наук (ФТИАН РАН), 117218, Москва, Нахимовский проспект 34, приказ № 1634-890 от 13.06.2007.

Соискатель Михайлович Сергей Викторович, 1986 года рождения.

В 2009 г. соискатель окончил факультет экспериментальной и теоретической физики Московского государственного инженерно-физического института (технический университет), в 2012 г. окончил очную аспирантуру Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА), работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН) в лаборатории исследования процессов электронной литографии формирования сверхкороткоканальных нм-транзисторов в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН) в лаборатории исследования процессов электронной литографии формирования сверхкороткоканальных нм-транзисторов.

Научный руководитель – Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Рыжий Виктор Иванович работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН) в должности главного научного сотрудника.

Официальные оппоненты:

1. Гергель Виктор Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией №173 «Микро- и наноэлектроники» Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН;
2. Занавескин Максим Леонидович, кандидат физико-математических наук, начальник отдела прикладных наноэлектронных структур Курчатовского комплекса НБИКС-технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН), Московская обл. г. Черноголовка, в своем положительном заключении, подписанном Зайцевым Сергеем Ивановичем, доктором физико-математических наук, заведующим теоретической лабораторией, указала, что диссертация является научно-квалификационной работой и по объему полученных результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов полностью соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ, а Михайлович С.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 12 работ, опубликованы в рецензируемых научных изданиях 5 статей общим объёмом 42 печатных страницы, 5 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и 2 работы в прочих периодических изданиях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. С.В. Михайлович, Ю.В. Фёдоров Влияние толщины барьерного слоя наногетероструктур и ёмкости затвор-сток на сверхвысокочастотные и шумовые параметры полевых транзисторов с высокой подвижностью

электронов на AlGaIn/GaN // Известия вузов. Радиофизика, 2016, том 59, №2, стр.171-179

2. Ю.В. Фёдоров, С.В. Михайлович Перспективы замены арсенидных МИС на нитридные // Нано- и микросистемная техника, 2016, №4, стр. 217-226
3. Р.Р. Галиев, Д.Л. Гнатюк, А.В. Зуев, Д.В. Крапухин, М.В. Майтама, О.С. Матвеев, С.В. Михайлович, Ю.В. Фёдоров, М.Ю. Щербакова Нитридные технологии для освоения миллиметрового диапазона длин волн // Нано- и микросистемная техника, 2015, №2, стр. 21-32

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- 1) от профессора Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», доктора физико-математических наук, Ковалёва Алексея Николаевича. Отзыв положительный, содержит замечание: автор в своей работе рассматривает влияние ёмкостной связи между затвором и стоком на коэффициент шума, однако из автореферата не ясно, учитывалась ли каким-либо образом геометрия затвора.
- 2) от профессора Национального исследовательского университета «МИЭТ» (НИУ МИЭТ), доктора физико-математических наук, Ильичёва Эдуарда Анатольевича. Отзыв положительный, содержит замечание: в качестве недостатка автореферата отмечу отсутствие в нем сравнения характеристик, разработанных диссертантом аналого-вычислительных методик с характеристиками методик представленными в периодической научной литературе (в том числе не только "малосигнальных" методик, а и методик, отражающих одновременно нелинейное поведение транзисторов и его шумовые характеристики). Это представляется важным, так как обсуждаемый базовый материал (GaN) и приборы на его основе имеют преимущества перед прототипами на основе GaAs-AlAs лишь в режимах больших сигналов и высоких температур.
- 3) от доцента кафедры № 67 «Физика конденсированных сред» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), кандидата физико-математических наук, Васильевского Ивана Сергеевича. Отзыв положительный, содержит замечания: 1) не приводится информация о ширине

затворной секции исследованных транзисторов; 2) недостаточно описан итерационный алгоритм поиска минимума целевой функции (напр.: секущих, касательных и т.п.) при экстракции значений элементов малосигнальной шумовой модели полевого транзистора.

По мнению диссертационного совета, замечания не являются существенными, и на них соискатель дал исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ведущая организация является признанным центром развития микро- и нанoeлектроники, а оппоненты хорошо известны своими работами, близкими к теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*Впервые определены* ключевые принципы совершенствования полевых транзисторов мм-диапазона на основе гетероструктур  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{AlN}/\text{GaN}$  с мольной долей Al от 22 до 32% и вставкой AlN с целью уменьшения коэффициента шума;

*Разработан* метод экстракции значений элементов малосигнальной шумовой модели полевого транзистора мм-диапазона на основе  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{AlN}/\text{GaN}$  из результатов измерений СВЧ и шумовых параметров, основанный на прямых численных методах поиска минимума целевой функции;

*Впервые обнаружена* обратная зависимость высокочастотного коэффициента шума полевых транзисторов мм-диапазона на основе  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{AlN}/\text{GaN}$  от произведения квадрата максимальной частоты усиления по току на выходное сопротивление;

*Впервые обнаружена* зависимость высокочастотного коэффициента шума в исследуемых транзисторах от толщины барьерного слоя  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{AlN}$ . Коэффициент шума монотонно уменьшается при уменьшении толщины барьера. Для барьера толщиной 11 нм достигнуто значение коэффициента шума 1 дБ на частоте 35 ГГц;

*Впервые экспериментально установлено* влияние ёмкостной связи между затвором и стоком на высокочастотный коэффициент шума в исследуемых транзисторах мм-диапазона. Через ёмкостную связь осуществляется передача части сигнала с выхода на вход транзистора, уменьшая соотношение сигнал/шум.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики, обобщении передового опыта;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и/или количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

*Личный вклад* соискателя состоит в проведении теоретических оценок и экспериментальных исследований зависимости коэффициента шума от динамических и геометрических параметров полевых транзисторов, разработке метода экстракции значений элементов шумовых моделей полевых транзисторов мм-диапазона, выполнении работ, связанных с определением технологических параметров процессов изготовления Т-образных затворов транзисторов, а также в проведении измерений сопротивления омических контактов, динамических и шумовых параметров изготовленных транзисторов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформой, основной идейной линией, концептуальностью и взаимосвязью выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации, и принял решение присудить

Михайловичу Сергею Викторовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук (указывается отдельно по каждой специальности научных работников каждой отрасли науки, защищаемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 14, против присуждения учёной степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Зам. председателя диссертационного совета

Лукичев Владимир Федорович



Ученый секретарь диссертационного совета

Вьюрков Владимир Владимирович

20.12.2016