

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 17.05.2016 № 104

О присуждении **Ячменеву Александру Эдуардовичу**, гражданство России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Физико-технологические основы формирования систем проводящих нанонитей из атомов олова» по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах» принята к защите «01» марта 2016г. протокол № 103 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 Ячменев Александр Эдуардович, 1981 года рождения.

В 2004г. соискатель окончил факультет экспериментальной и теоретической физики Московского государственного инженерно-физического института (технический университет), в 2008г. окончил очную аспирантуру Института сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН), работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН) в лаборатории исследования и разработки МЛЭ технологии наногетероструктурных квантовых ям и мощных СВЧ-транзисторов на их основе в должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН) в лаборатории исследования и разработки МЛЭ технологии наногетероструктурных квантовых ям и мощных СВЧ-транзисторов на их основе.

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. Кульбачинский Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики низких температур физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;
 2. Васильевский Иван Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент ВАК, доцент кафедры №67 «Физика конденсированных сред» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)
- дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА), Москва, в своем положительном заключении, подписанном Мишиной Еленой Дмитриевной, доктором физико-математических наук, заведующей лабораторией «Фемтосекундная оптика для нанотехнологий», 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 Ячменев А.Э. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 14 работ, опубликованы в рецензируемых научных изданиях 8 статей общим объёмом 29 печатных листов. 6 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Соискателю выдан 1 патент на изобретение.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. R A Khabibullin, A E Yachmenev, D V Lavrukhin, D S Ponomarev, A S Bugayev and P P Maltsev. Pseudomorphic HEMT with Sn nanowires on a vicinal GaAs substrate // Semiconductor Science and Technology, 2015, 30, 085009
2. Р.А. Хабибуллин, А.Э. Ячменев, Д. В. Лаврухин, Д.С. Пономарев, А.С. Бугаев, П.П. Мальцев Электронный транспорт и оптические свойства структур с нанонитями из атомов олова на вицинальных подложках GaAs // Физика и техника полупроводников, 2016, том 50, вып.2, стр. 185-190
3. Р. Р. Галиев, А. Э. Ячменев, А. С. Бугаев, Г. Б. Галиев, Ю. В. Федоров, Е. А. Климов, Р. А. Хабибуллин, Д. С. Пономарев, П. П. Мальцев Перспективные материалы электронно-компонентной базы для создания детекторов и генераторов ТГц диапазона частот (0.5–10 ТГц) // Известия РАН. Серия физическая, 2016, том 80, № 4, с. 523–525

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) от директора НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, доктора технических наук, профессора, Карасика Валерия Ефимовича. Отзыв положительный, в отзыве содержится замечание: из автореферата не ясно, проводились ли экспериментальные исследования возможности создания болометра на горячих электронах (Hot Electron Bolometer, НЕВ) на основе гомоэпитаксиальных структур с наноразмерными нитями атомов Sn или авторы ограничились теоретическим рассмотрением данной проблемы.

2) от ВРИО директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, доктора физико-математических наук Рошупкина Дмитрия Валентиновича. Отзыв положительный, содержит замечания: из содержания автореферата следует, что автор не проводил Холловские измерения гомоэпитаксиальных структур. Методически было бы правильным включить такие измерения в работу. Также к замечаниям по автореферату следует отнести и лингвистику изложения. Например, на стр. 3 второе предложение сверху “Основными объектами исследования все в большей степени становятся не массивные кристаллы...” следовало бы записать в более простом и красивом виде “Основными объектами исследования становятся не массивные кристаллы...”.

3) от ведущего научного сотрудника Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», доктора физико-математических наук Дроздова Юрия Николаевича. Отзыв положительный, содержит замечания: на рис. 2 представлена фотография дифракционной картины от поверхности GaAs после осаждения олова, которая служит одним из ключевых подтверждений расположения атомов олова вдоль нитей, а не на террасах подложки. К сожалению, интерпретация картины сильно затруднена. Автор мог бы схематично показать, между какими рефлексами угол равен углу разориентации среза.

4) от младшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного научного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН), кандидата физ.-мат. наук Гуляева Дмитрия Владимировича. Отзыв положительный, содержит замечания: в работе не обсуждается изменение вероятности рассеяния электронов на ионизированных центрах примеси при переходе от обычных дельта-слоев примеси к ориентированным нанонитям олова. В тоже время, рассеяние на хаотически расположенных ионах примеси является одним из наиболее значимых после фононов механизмов рассеяния электронов при высоких температурах, ограничивая подвижность 2DEG и протекающий в структурах ток. Так же к недостаткам работы следует отнести некоторую несистемность представленных в автореферате результатов. Так, например, ВАХ и анизотропия проводимости в рНЕМТ структурах представлены на примере образца 260 с одной концентрацией 2DEG, а тестовые полевые транзисторы изготовлены на основе образца 278 с трехкратно большей концентрацией 2DEG. При этом в автореферате нет информации о том, какое влияние может оказать изменение уровня легирования нанонитей на наблюдаемые эффекты. Так же следует отметить небрежное оформление рисунков в автореферате. Для примера, на рисунке 5 непонятно какой ВАХ соответствует та или иная кривая из-за перекрывающихся мелких символов. На рисунке 7 из 6 представленных кривых подписаны только 4. На рисунке 8 нет нумерации по оси ординат, не указаны температуры измерений.

5) от заведующего лабораторией Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН), доктора физ.-мат. наук, профессора, Гергеля Виктора Александровича. Отзыв положительный, содержит замечания: Из автореферата не ясно, какую температуру зарастивания для гомоэпитаксиальных структур использовал автор, эти данные не приводятся. Также не вполне четко обоснован выбор угла разориентации подложки. Использование подложек с меньшей шириной террасы, разориентированных на $0,4^\circ$, могло бы дать большую плотность квазиодномерных каналов.

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 этапы и совокупность оптимальных условий для декорирования краев террас вицинальной поверхности GaAs GaAs с разориентацией $0,3^\circ$ атомами олова, позволяющая также сохранить расположение атомов олова при зарастивании;

Изготовлены как гомоэпитаксиальные, так и РНЕМТ структуры, содержащие нанонити из атомов олова. Исследованы их свойства и обнаружена анизотропия тока насыщения в обоих типах структур с коэффициентом 1,2 для гомоэпитаксиальных и 2,5 для РНЕМТ;

Впервые изготовлены полевые транзисторы на основе РНЕМТ структуры с профилем дельта-легирования в виде нанонитей и измерены их СВЧ характеристики: при протекании тока параллельно нанонитям $F_{\max}=150$ ГГц и $MSG = 17,7$ дБ; перпендикулярно нанонитям $F_{\max}=117$ дБ и $MSG = 15,5$ дБ;

Впервые обнаружена токовая нестабильность в гомоэпитаксиальных структурах на при протекании тока перпендикулярно нанонитям, возникающая при напряженности тянущего поля > 10 кВ/см. Исследование токовых колебаний в реальном масштабе

времени показало зависимость их частоты и амплитуды как от величины тянущего поля, так и от светового воздействия.

Проведено расчетное моделирование профиля потенциальной энергии гомоэпитаксиальных образцов, показавшее принципиальную возможность изготовления нового оптоэлектронного прибора – болометра на горячих электронах при условии уменьшения темнового тока и получения требуемой анизотропии тока насыщения;

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 теоретической оценки возможности декорирования краев вицинальных террас атомами олова, выполнении работ, связанных с определением оптимальных условий для декорирования, разработке конструкции РНЕМТ структур с профилем легирования в виде нанонитей из атомов олова и изготовление образцов эпитаксиальных структур обоих типов, содержащих нанонити, проведение Холловских измерений и измерения ВАХ изготовленных образцов, исследование токовой нестабильности, возникающей в гомоэпитаксиальных структурах, а также участие в изготовлении и измерении параметров полевого транзистора.

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 от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475), и принял решение присудить Ячменеву Александру Эдуардовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 9 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

16.06.2016