

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Степушкина Михаила Владимировича на тему «**Технология создания квазиодномерных наноструктур с регулируемым продольным потенциальным рельефом**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 — «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 23.12.2019 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 14.10.2019, протокол № 12.

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии материалов электроники» НИТУ «МИСиС».

Научный руководитель: Курочка Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры Технологии Материалов Электроники НИТУ «МИСиС»;

Костишин Владимир Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой Технологии Материалов Электроники НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 12 от 14.10.2019 г.) в составе:

1. Кожитов Лев Васильевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;
2. Мурашев Виктор Николаевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС»;
3. Тодуа Павел Андреевич, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФУГП «ВНИИОФИ»);
4. Якимов Евгений Борисович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией локальной диагностики полупроводниковых материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук»;
5. Каргин Николай Иванович, д.т.н., профессор, директор института нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- на основе GaAs/AlGaAs созданы работоспособные транзистороподобные структуры с возможностью модификации геометрических параметров, определяющих электрические свойства структуры;
- установлено, что изменение потенциалов боковых затворов позволяет менять продольный профиль канала, влияющий на транспорт электронов;

- разработана технология и созданы омические контакты на основе Ni/Ge/Au толщиной порядка 1 мкм к гетероструктурам GaAs/AlGaAs, сохраняющие работоспособность вплоть до гелиевых температур;
- при температурах ниже 100 К обнаружено уменьшение сопротивления проводящего канала при увеличении расстояния между контактами, что, скорее всего, связано с особенностями проявления пьезоэффекта в GaAs/AlGaAs;
- разработана технология импульсной силовой нанолитографии и подтверждено отсутствие значительного количества вносимых дефектов;
- построена физическая модель, объясняющая наблюдавшееся в эксперименте уменьшение сопротивления образца при увеличении расстояния между контактами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. Предложена физическая модель, объясняющая влияние удаленных источников механических напряжений (в данном случае контактов) и кристаллографической ориентации образца на проводимость слоя двумерного электронного газа при помощи пьезоэлектрического эффекта.
2. Разработана универсальная топология заготовок наноструктур, допускающая одновременную обработку большого количества образцов и их последующую модификацию с целью изменения топологии в широких пределах при помощи атомно-силового микроскопа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана технология формирования микро- и наноструктур, обеспечивающая индивидуальную обработку каждого образца, что отвечает требованиям лабораторной практики;
- для большинства технологических операций приведены факторы, которые следует учитывать для минимизации брака;
- разработан метод импульсной силовой нанолитографии, позволяющий проводить обработку структур с расстоянием от поверхности до проводящего слоя более 100 нм.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- выводы исследования построены на известных и признанных научных теориях, подтвержденных экспериментальных и теоретических результатах, с использованием подходов как из классических, так и современных работ из соответствующей области научного знания;
- идеи, легшие в основу диссертации, базируются на анализе экспериментальных материалов отечественных и зарубежных исследователей и передового опыта расчетного моделирования;
- выводы исследования согласуются с основными физическими закономерностями;

- установлено как качественное, так и количественное согласие авторских результатов работы с экспериментальными данными и расчетами, представленными в независимых зарубежных и отечественных источниках;

- получение экспериментальных образцов и их исследование проведено на современном технологическом и исследовательском сертифицированном оборудовании, имеющемся в НИТУ «МИСиС», ФИРЭ РАН и других научных организациях.

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его определяющем участии. Автором для проведения экспериментов созданы две технологические установки, две установки модифицированы, разработан ряд программ. Автор лично проводил эксперименты, обработку результатов экспериментов. Постановка задач исследования и их интерпретация проведена совместно с научным руководителем и соавторами опубликованных работ.

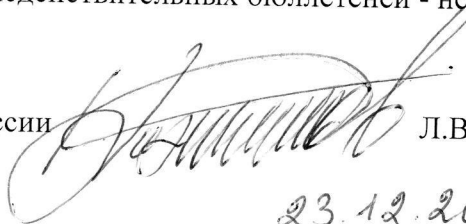
Материалы диссертации опубликованы в 9 печатных работах, из них 3 в изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК РФ, 2 - в базы Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен. Диссертация Степушкина М.В. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи разработки технологии формирования наноструктуры в полупроводниках с глубоким залеганием двумерного электронного газа, обеспечивающей возможность индивидуальной обработки образцов, что имеет существенное значение для физики полупроводников. Полученные в работе результаты по изготовлению омических контактов, сохраняющих работоспособность вплоть до субгелиевых температур, разработка топологии полупроводниковых приборов с учетом пьезоэлектрического эффекта, обусловленного различием коэффициента теплового расширения, имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач современной полупроводниковой микро- и нанoeлектроники.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Степушкину Михаилу Владимировичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 — «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 (пяти) человек, входящих в состав комиссии, проголосовали: за - 4, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель Экспертной комиссии



Л.В. Кожитов

23.12.2019