

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технологический институт Российской академии наук
(ФТИАН РАН)**

Отчет по основной референтной группе 23 Компьютерные науки, включая информационные и телекоммуникационные технологии, робототехнику

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

В соответствии с научными направлениями, изложенными в Уставе ФТИАН РАН выполняет работы по следующим направлениям:

- квантовые методы обработки информации и архитектура высокопроизводительных вычислительных систем, физика элементной базы квантовых компьютеров;
- физика и технология элементной базы микро- и нанoeлектроники, микро и наносистемной техники;
- рентгеновские методы анализа структуры многослойных наносистем;
- математическое моделирование приборов и технологических процессов микро- и нанoeлектроники;
- разработка источников низкотемпературной плазмы, ионных пучков и ионноплазменных технологий;
- разработка методов мониторинга технологических процессов и диагностики микро- и наноструктур, физика наномангнетиков.

Научные структурные подразделения ФТИАН РАН:



1. Лаборатория физики квантовых компьютеров. Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области физико-технологических проблем создания элементной базы твердотельных квантовых компьютеров.

2. Лаборатория микроструктурирования и субмикронных приборов.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области физики и технологии нанотранзисторов, наноструктур и элементной базы микро- и наносистемной техники.

3. Лаборатория математического моделирования физико-технологических процессов. Математическое моделирование приборов и технологических процессов микроэлектроники, твердотельных квантовых компьютеров.

4. Лаборатория физики поверхности микроэлектронных структур.

Изучение физических свойств многокомпонентной базы тонких пленок с помощью рентгеновской и мессбауэровской спектроскопии.

5. Лаборатория ионно-лучевых технологий. Разработка источников низкотемпературной плазмы, ионных пучков и ионноплазменных технологий.

6. Лаборатория архитектуры высокопроизводительных вычислительных систем. Развитие проекта мультархитектурной вычислительной суперсистемы на основе исследования новых технологических возможностей и особенностей алгоритмов больших задач.

7. Лаборатория технологии микро-и наносистем. Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области разработки топологии, маршрутов и технологий изготовления микро-и наносистемной техники.

8. Базовая кафедра МФТИ «Нанoeлектроника и квантовые компьютеры» в соответствии с дополнительным соглашением к договору № 509/510 от «30» мая 2011 г. между федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физико-технологическим институтом Российской академии наук от «15» мая 2015 г.

9. Ярославский филиал ФТИАН РАН.

Разработка теоретических основ, проведение экспериментальных исследований для создания новых типов ИС памяти на основе нанотехнологий.

Развитие теоретических и экспериментальных исследований в области использования ионно-плазменных технологий при формировании микро-и наноструктур.

Научные структурные подразделения ЯФ ФТИАН РАН:

1 Лаборатория диагностики микро- и наноструктур.

Разработка методик исследования наноструктур с использованием вторичной ионной масс-спектропии, время-пролетной масс-спектропии, растровой и просвечивающей микроскопии и др.

2 Лаборатория нанoeлектроники и спинтроники.



Разработка технологии изготовления элементов памяти на основе на магнитных наноструктур.

3 Лаборатория технологии микро- и наносистемной техники.

Разработка технологии создания элементов микросистемной техники, исследование и разработка плазменных процессов травления микро-и наноструктур.

4 Лаборатория исследования формирования многослойных структур.

Разработка процессов осаждения пленок металлов и диэлектриков и исследование их свойств для целей нанoeлектроники.

5 Лаборатория физики и технологии наноструктур.

Разработка технологии создания структур металл-диэлектрик- металл для создания на их основе элементов памяти.

6 Центр коллективного пользования «Диагностика микро- и наноструктур». Совместное структурное подразделение Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова и ЯФ ФТИАН РАН.

Проведение электрофизических исследований на современном измерительном и технологическом оборудовании в различных областях знаний.

7. Временный трудовой коллектив (8 человек) для выполнения гранта РФФИ №15-19-2003. по теме «Сильный и быстрый микродвигатель на основе спонтанной реакции между водородом и кислородом в нанопузырьках» выполняется под руководством ведущего ученого В.Б. Светового (Нидерланды). 2015-2017.

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Научно-исследовательскую инфраструктуру ФТИАН РАН образуют лаборатории, направление деятельности которых соответствует организационной структуре ФТИАН РАН.

В составе лабораторий имеется технологическое и измерительное оборудование, необходимое для выполнения технологических операций по изготовлению экспериментальных образцов полупроводниковых наноприборов, устройств микро-и наносистемной техники. Перечень оборудования приведен на сайте ФТИАН РАН <http://ftian.ru/>

Научно-исследовательскую инфраструктуру ЯФ ФТИАН РАН образуют лаборатории, направление деятельности которых соответствует организационной структуре Филиала. В составе лабораторий имеется технологическое оборудование, необходимое для выполнения технологических операций по изготовлению экспериментальных образцов полупроводниковых приборов, устройств микросистемной техники и тонкопленочных химических источников тока.

Филиал располагает аналитическим оборудованием для диагностики используемых материалов и разрабатываемых микро- и наноструктур и полупроводниковых приборов на их основе. Аналитическое оборудование и часть технологического оборудования входят в состав Центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро-и наноструктур». Перечень оборудования приведен на сайте ЦКП <http://nano.yar.ru/>



4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

Информация не предоставлена

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

№ 92/12 от 01.06. 2012 г. и доп. Соглашения №1 от 1 ноября 2012 г. "Исследование процесса формирования канавочных структур для создания медных проводников шириной 50-30 нм" шифр "Металлизация-2-ФТИАН", заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2012-2015 г.г.

№ 05/12 от 03.12.2012 г. Исследование процесса ЭЛЛ для формирования затвора с минимальными проектными нормами 32 нм. Исследование процесса ALD для формирования металлического затвора и high-k диэлектрика. Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2012-2013 г.г.

№ 02/12 от 21.05. 2012 г. «Создание программного комплекса для численного решения больших задач современной электроники и лазерных нанотехнологий с использованием гибридных ЭВМ сверхвысокой производительности». Заказчик ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, период выполнения работы 2012-2013 г.г.

№ 01/13 от 01.02.2013 г. «Разработка и исследование наноразмерных изолирующих покрытий для GaN интегральных схем СВЧ диапазона». Заказчик «НПП «Пульсар», период выполнения работы 2013 г.

№ 6/1445 от 15.11.2013 г. «Разработка процесса нанесения защитных покрытий HfO₂ для гетероструктур на основе нитрида галлия». Заказчик «НПП «Пульсар», период выполнения работы 2013-2016 г.

№ ЗЦ-ФТИ-08/08-14-1

“Исследование и оптимизация процесса осаждения алмазоподобных пленок на экспериментальные образцы деталей осевого насоса крови”, Заказчик «Зеленоградский инновационно-технологический центр», период выполнения работы 2014г.

№ 02-М/14 от 09.01.2014 г.



«Исследование технологии электронно-лучевой литографии для технологического уровня 45 нм»

Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2014-2015 г.г.

№ 17-Н/14 от 24.04.2014 г.

«Исследование и разработка технологических процессов ALD и РИТ для формирования металлических затворов КМОП СБИС уровня 32 нм» Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2014-2015 г.г.

№ ЗЦ-ФТИ-0204-2015/2

«Разработка метода оценки степени адгезии пленки алмазоподобного углерода к материалам, используемым для изготовления имплантируемых насосов крови». Заказчик «Зеленоградский инновационно-технологический центр», период выполнения работы 2015г.

Договоры ЯФ ФТИАН РАН на НИОКР и оказание услуг, выполняемые в интересах научных и образовательных учреждений и предприятий ЦФО, в том числе на базе ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур»:

1. ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор»», договор № 35-03/12, Исследование и разработка технологии изготовления анода для литий-ионных аккумуляторов на основе кремнийсодержащих нанокompозитных материалов, 2012 - 2013 г.г.

2. ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор»», договор № 62-11/13, Исследование возможности повышение удельной емкости и циклируемости литий-ионного аккумулятора с тонкопленочным анодом на основе кремния, 2013 - 2014 г.г.

3. ООО ТД «РЕАЛ СОРБ», договор № 925 по теме Энергодисперсионный анализ элементного состава цеолитов, до 31.12.2014 г.

4. ООО «Полет-Хронос», договор № 63-11/13, Разработка и изготовление экспериментальных образцов кремниевых деталей спускового хода часового механизма изделия «Часы Палубные - ЧП» производства ООО «Полет-Хронос»: колесо анкерное, вилка анкерная, волосок, на основе метода микроэлектронных механических систем, 2013 - 2015 г.г.

5. ЗАО «Востек», договор № 52-02/13, Формирование волнообразной наномаски на поверхности слоев аморфного кремния, 2013 г.

6. ООО «Квантовый кремний», договор № 58-07/13, Разработка процессов формирования наноструктур на основе волнообразной наномаски на поверхности монокристаллического кремния, кремниевых микроструктур и в слоях аморфного кремния, 2013 г.

7. ООО «Квантовый кремний», договор № 64-01/14, Разработка процессов формирования наноструктур на основе волнообразной наномаски в слоях аморфного кремния на кварце и на поверхности кремниевых аспектных микроструктур, 2014 г.

8. ООО «Квантовый кремний», договор № 77-07/14, Исследование процессов переноса волнообразной топографии из слоя аморфного кремния на поверхность различных материалов при помощи ионного распыления, 2014 г.



9. ООО Фирма "КРОСС-М", договор № 65-01/14 по теме Элементный анализ состава сплавов из стали, окончание 31.12.2014 г.

10. ООО "НИИКАМ" договор № 66-02/14 по теме Элементный анализ образцов заказчика, окончание 31.12.2014 г.

11. ФГБУН ИГГД РАН договор № 67-03/14 по теме Исследование редких земель в минералах методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

12. ООО «Системы поддержания стерильности» договор № 68-03/14 по теме Разработка контроллера рециркулятора. Отработка режимов полимеризации порошковых покрытий, применяемых для производства медицинского стерилизованного оборудования, окончание 30.06.2014 г.

13. ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова" договор № 69-03/14 по теме Исследование конструктивно-технологических вариантов построения привода с использованием технологии МЭМС, окончание 25.10.2014 г.

14. ФГБОУ ВПО "КГУ им. Н.А. Некрасова" договор №70-03/14 по теме НИР Структура и состав металлов и сплавов, модифицированных электролитно-плазменной обработкой, окончание 31.12.2014 г.

15. ФГБУН "ИГХ СО РАН", договор № 71-03/14 по теме Исследование редких элементов (REE, HFSE, LILE) в минералах мантийных перидотитов и пироксенитов методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

16. ОАО "Ярославский радиозавод", договор № 72-03/14 по теме Анализ структур микрополосковых плат и материалов, используемых при их изготовлении, окончание 31.12.2014 г.

17. ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова", договор № 73-04/14 по теме Исследование конструктивно-технологических вариантов построения привода с использованием технологии МЭМС, окончание 31.12.2014 г.

18. ФГБУН ИГЕМ РАН, договор № 75-06/14 по теме Исследование геохимии гранатов и клинопероксенов из кимберлитов Севера ВЕП методом ионного зонда, окончание 30.10.2014 г.

19. ФГБУН ИГ КарНЦ РАН, договор № 78-07/14 по теме Исследование редких земель в минералах методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

20. ООО «Квантовый кремний», договор № 87-01/15, Исследование процессов наноструктурирования поверхности сплава на основе Ni и пленок Ni посредством WOS-наномаски в слое аморфного кремния, 2015 г.

21. ООО «Квантовый кремний», договор № 93-07/15, Исследование процессов формирования сплошных пленок Pd на массиве аспектных нанохребтов в слое SiO₂, созданных на основе WOS-наномаски, 2015 г.

22. РФФИ (грант 13-02-00381-а) по теме Исследования фундаментальных основ новых подходов к наноструктурированию полупроводниковых соединений халькогенидов свинца, окончание 31.12.2015.



23. ФГУП "ЦЭНКИ", договор № 56-06/13 по теме Испытание Кремниевых подвесов МВГ-2, окончание 31.03.2015 г.

24. ОАО «Завод Метеор», договор № 03-32/15 по теме Пролифилерование многослойной тонкопленочной структуры по заданному шаблону, окончание 31.12.2015 г.

25. ФГБОУ ВПО «КГУ им. Некрасова», договор № 96-07/15 по теме «Структура и состав сталей, модифицированных электролитно-плазменной обработкой», окончание 31.12.2015 г.

26. ООО «Такеда Фармасьютикалс», договор № 2093 по теме Исследование морфологии и элементного состава загрязнений на готовом продукте на этапе запуска производственной линии, окончание 31.12.2015 г.

27. РФФ (грант 14-23-00018) по теме Исследование механизма химических и биохимических реакций с участием парамагнитных частиц, до 31.12.2016 г.

28. АК «АЛРОСА» (ОАО), договор № 981 по теме Исследование примесных элементов в минералах из ксенолитов, включениях в алмазах и индикаторных минералах с помощью вторично-ионного масс-спектрометра Cameca IMS-4F, окончание 31.03.2016 г.

29. НИГП ОАО «АЛРОСА», договор № 981 по теме Исследование примесных элементов в минералах из ксенолитов, включениях в алмазах и индикаторных минералах с помощью вторично-ионного масс-спектрометра Cameca IMS-4F, окончание 31.07.2016 г.

30. ГЕОХИ РАН, договор № 2073 по теме Изучение закономерностей концентрирования стратегических металлов в процессах эволюции щелочных расплавов с использованием современных методов, окончание 31.12.2015 г.

8. Стратегическое развитие научной организации

В рамках созданного в 2015 консорциума «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем» ФТИАН РАН взял на себя обязательства выполнять научно-исследовательские разработки в следующих направлениях для развития связей академической науки и промышленности:

1. В области электронной литографии. Исследование разрешающей способности электронорезистов для литографии транзисторных наноструктур, исследование проблем шероховатости линий критического размера, создаваемых в резисте, и ее края (проблемы LWR и LER). Разработка методик аттестации шероховатости линий наноструктур методами атомно-силовой микроскопии. Поиск технологий снижения шероховатости линий в электронорезистах.

2. Исследование перспективных диэлектриков для интегральных МДП-нанотранзисторов и развитие технологий их атомно-слоевого осаждения (ALD). Создание перспективных диэлектрических стеков, металлических стеков в затворных структурах транзисторов НКMG-типа. Развитие этих технологий для новых типов нанотранзисторов.



3. Исследование технологий прецизионного анизотропного плазмохимического травления сложных затворных стеков транзисторов, элементов с критическими размерами 22 нм и менее. Развитие технологий для 3D-геометрии нанотранзисторов.

4. Исследования в области ультрамелкой плазменно-иммерсионной ионной имплантации (РШ, РІЗ) для формирования легированных областей нанотранзисторов, особенно перспективные для 3D-структур.

5. Исследования в области ультрамелких силицидных контактных систем для электродов нанотранзисторов с проектными нормами менее 22 нм.

Повышение квалификации сотрудников Института, которые 2013-2015 защитили кандидатские диссертации (?)

Привлечение студентов для подготовки на базовую кафедру «Наноэлектроника и квантовые компьютеры» МФТИ, которая функционирует во ФТИАН РАН.

Подготовка специалистов высшей квалификации в аспирантуре РАН и МФТИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технологический институт Российской академии наук (ФТИАН РАН) и Ярославский Филиал ФТИАН РАН (ЯФ ФТИАН РАН) являются долгосрочными стратегическими партнерами Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова (ЯрГУ).

Свою совместную деятельность ЯрГУ и ЯФ ФТИАН РАН осуществляют на основании «Соглашения о создании научно-образовательного консорциума «ЯрГУ – ЯФ ФТИАН РАН» от 01.09.2014 г. В рамках Соглашения ЯрГУ и ЯФ ФТИАН РАН проводят подготовку специалистов по направлениям 11.03.04 и 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника». Основная образовательная программа по данному направлению подготовки реализуется базовой кафедрой нанотехнологий в электронике, являющейся структурным подразделением ЯрГУ в ЯФ ФТИАН РАН. Образовательная деятельность кафедры обеспечивается сотрудниками ЯФ ФТИАН РАН и осуществляется на площадях ЯФ ФТИАН РАН, находящихся в ссуде у ЯрГУ.

С 2009 г. ЯрГУ и ЯФ ФТИАН ведут совместную научно-исследовательскую деятельность в рамках федеральных целевых программ, а также в рамках выполнения НИОКР и оказания услуг промышленным предприятиям и научно-образовательным учреждениям региона. Для ведения научной деятельности ЯрГУ и ЯФ ФТИАН РАН создана совместная научная инфраструктура, основу которой составляет Центр коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур». Центр является структурным подразделением ЯрГУ, а совместная деятельность по управлению Центром регулируется договором от 09.02.2009 г. о создании на базе ЯрГУ и ЯФ ФТИАН РАН ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур».

Интеграция в мировое научное сообщество



9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Важнейшие результаты полученные в 2013 г.

1. Разработка и применение методов моделирования квантовых информационных систем.

Разработаны новые методы, алгоритмы и программы для моделирования элементной базы квантовых компьютеров с учетом влияния квантовых шумов. Проведена оценка влияния квантовых шумов на точность реализации квантовых алгоритмов в системах высокой размерности. Выполнен подробный численный анализ в приложении к двум важным алгоритмам квантовой информатики (квантовое преобразование Фурье и алгоритм Гровера). Акцент был сделан на квантовых системах высокой размерности, которые доступны для моделирования на персональных компьютерах, а также на суперкомпьютерах (МВС-100 РАН и "Ломоносов").

Публикации:

1. Ю.И. Богданов, Н.А. Богданова, В.Ф. Лукичѳв, А.А. Орликовский, И.А. Семенихин, А.С. Холево, А.Ю. Чернявский. Математическое моделирование влияния квантовых шумов на точность реализации квантовых алгоритмов // International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems" PDCS 2013 (Ukraine, Kharkiv, March 13-14, 2013). P. 50-57

2. Ю.И. Богданов, Н.А. Богданова, В.Ф. Лукичѳв, А.А. Орликовский, И.А. Семенихин, А.С. Холево, А.Ю. Чернявский. Вычислительные задачи моделирования элементной базы квантовых компьютеров // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. №3 с.3-14.



3. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2013617720 от 22.08.2013. Моделирование многокубитового квантового преобразования Фурье и алгоритма Гровера, подверженных воздействию шумов. Авторы: Семенихин И.А., Богданов Ю.И. Правообладатель: Физико-технологический институт РАН.

2. Развитие методов моделирования приборных структур на основе графена и сверхтонких слоев кремния.

Предложена новая конструкция латерального туннельного полевого транзистора на основе графена: в графеновый канал включен короткий полупроводниковый (диэлектрический) промежуток (3-10нм). Туннелирование носителей через этот промежуток управляется напряжением на затворе. Моделирование показало, что предложенный транзистор совмещает высокий ток открытого состояния, присущий графеновым каналам, с низким током закрытого состояния, присущим полупроводниковым каналам. Кроме того, продемонстрировано насыщение тока транзистора в открытом состоянии. Совокупность этих качеств открывает перспективы использования графена в быстродействующих цифровых (логических) схемах.

Научные руководители: директор ФТИАН РАН, академик Орликовский А.А., зам. директора по научной работе ФТИАН РАН ч.-кор. РАН Лукичев В.Ф.

Публикации:

1. D. Svintsov, V. Vyurkov, A. Orlikovsky, V. Ryzhii, and T. Otsuji. All-Graphene field-effect transistor based on lateral tunneling. *Journal of Physics D: Applied Physics*, V. 47, 2013.

2. V. Ryzhii, I. Semenikhin, M. Ryzhii, D. Svintsov, V. Vyurkov, A. Satou, and T. Otsuji. Double injection in graphene p-i-n structures. *J. Appl. Phys.* 113, 244505 (2013)

3. D. Svintsov, V. Vyurkov, V. Ryzhii, T. Otsuji "Voltage-controlled surface plasmon-polaritons in double graphene layer structures". *Journal of Applied Physics*, Vol. 113, Iss. 5, p. 053701 (2013);

4. D. Svintsov, V. Vyurkov, A. Burenkov, R. Oechsner, V. Lukichev, and A. Orlikovsky. Tunnel FET with graphene channels. *Semiconductors*, 47, 2, p. 279–284, 2013.

Важнейшие результаты полученные в 2014 г.

1. «Элементная база кремниевой наноэлектроники и твердотельных квантовых компьютеров».

Предложены новые конструкции многозатворных туннельных транзисторов с электрически индуцированными p-n-переходами. Моделирование доказало возможность существенного повышения подпороговой крутизны транзисторов по сравнению с транзисторами с легированными p-n-переходами. Кроме того, предложенная конструкция может быть использована в технологии с минимальным размером 5 нм. Рассмотрены туннельные транзисторы на основе кремния, германия и арсенида индия в качестве материалов канала. Проведено сравнение их характеристик. Показано, что туннельные транзисторы на основе германия демонстрируют высокий ток открытого состояния до 5 мкА/мкм и среднюю крутизну до (26 мВ/дек)-1, соответствующую переключению тока от 1 мкА/мкм



до 10-4 мкА/мкм. Ранее столь высокие значения подпороговой крутизны в литературе не сообщались. Показано, что использование прямозонных материалов с небольшой шириной запрещенной зоны (например, InAs) позволяет получить плотности туннельного тока до 10 мкА/мкм при меньших напряжениях на затворах.

Публикации:

1. Д. Свинцов, Е. Чаплыгин, В. Вьюрков, А. Орликовский. Многозатворные туннельные транзисторы с электрически индуцированными р-п-переходами. Труды ФТИАН, т. 24, сс. 204-210, 2014.

2. А. А. Орликовский, В.В. Вьюрков, К.В. Руденко, И.А. Семенихин, Д.А. Свинцов, А.В. Мяконьких, С.Н. Филиппов, А.Е. Рогожин. Эволюция МДП-нанотранзистора. Электронная техника. Серия 2: Полупроводниковые приборы, в. 1 (232), сс. 3-25, 2014.

3. V. Litovchenko, B. Romanyuk, O. Oberemok, V. Popov, V. Melnik, K. Rudenko, and V. Vyurkov. Peculiarities of the Impurity Redistribution Under Ultra-Shallow Junction Formation in Silicon. //Advanced Materials Research, Vol. 854 (2014), pp. 141-145.

4. Фадеев А.В., Руденко К.В. Исследование латерального распределения частиц ВF3 плазмы с помощью двухракурсной эмиссионной томографии // Микроэлектроника, т.43, № 6, с. 435-440 (2014).

2. «Комплексная диагностика магнитных наноматериалов методами гамма-резонансной спектроскопии, рентгеновской дифракции и рефлектометрии».

Разработаны модели магнитной динамики наночастиц и методика их диагностики были успешно использована для характеристики применяемых в медицине феррожидкостей и исследования продуктов их трансформации в живом организме. Результатом этой работы стало количественное описание процессов биодegradации ряда коммерчески доступных феррожидкостей с выявлением основных железо-запасующих органов лабораторных мышей, определением временной зависимости концентрации железа как в форме исходных частиц, так и в составе буферных белков организма, а в наиболее прецизионных экспериментах – с восстановлением распределения частиц по размерам с течением времени. Проведено исследование наночастиц, предназначенных для гипертермии злокачественных образований, а также обогащённых по резонансному изотопу ^{57}Fe феррожидкостей, предполагаемых к введению в мозг лабораторным животным, с анализом экспериментальных данных в более точных моделях магнитной динамики ферромагнитных частиц. Подобное обобщение позволило провести различия между ансамблями частиц с разным типом конгломерации и получить базовое описание резонансно-обогащённых образцов. Проведённые исследования могут найти применения в ЯМР-томографии, гипертермии раковых опухолей и целевой доставке лекарств.

Публикации:

1. R.R. Gabbasov, V.M. Cherepanov, M.A. Chuev, M.A. Polikarpov, V.Y. Panchenko. Size effect of magnetic nanoparticles on the shape of the Mössbauer spectrum. Hyperfine Interact., 2014, v.226, pp.383-387.



2. D. Polikarpov, V. Cherepanov, M. Chuev, R. Gabbasov, I. Mischenko, M. Nikitin, Y. Vereshagin, A. Yurenya, V.Panchenko. Mössbauer evidence of $57\text{Fe}_3\text{O}_4$ based ferrofluid biodegradation in the brain. *Hyperfine Interact.*, 2014, v.226, pp.421-430.

3. R.R. Gabbasov, M.A. Polikarpov, V.M. Cherepanov, M.A. Chuev, A.A. Lomov, A.Y. Wang, V.Y. Panchenko. Characterization of Iron Oxide SPP-type Nanoparticles from Ocean NanoTech by Mossbauer, Magnetization and X-ray Diffraction Methods. 10-th Int. Conf. on the “Scientific and clinical applications of magnetic carriers”. Dresden, Germany, 2014. Book of Abstracts, p. 77.

3. Физика и моделирование магнитных наночастиц.

Разработаны реалистичные модели магнитной динамики ансамблей наночастиц разной магнитной природы и соответствующая теория мессбауэровских спектров поглощения на основе обобщения многоуровневой релаксационной модели для ферромагнитных частиц. Результирующие модели самосогласованно описывают качественные особенности нетривиальной трансформации экспериментальных спектров в зависимости от температуры, направления и напряженности внешнего поля. В частности, для описания магнитной динамики ансамбля антиферромагнитных наночастиц предложена и реализована континуальная модель релаксации в двухподрешеточном приближении, основанная на решении уравнений движения для намагниченностей подрешеток в условиях непрерывного релаксационного процесса. Нетривиальная форма спектра возбуждения таких частиц позволяет качественно описать характерные формы гамма-резонансных спектров в зависимости от температуры, а также их различие в режимах медленной и быстрой магнитной релаксации, многократно наблюдавшиеся в экспериментах.

Публикации:

1. М.А. Чуев. Спектр возбуждений и магнитная динамика антиферромагнитных наночастиц в мессбауэровской спектроскопии. *Письма в ЖЭТФ*, 2014, т.99, №5, с. 319-324. [M.A. Chuev. Excitation Spectrum and Magnetic Dynamics of Antiferromagnetic Nanoparticles in Mössbauer Spectroscopy. *JETP Lett.*, 2014, v.99, No. 5, pp. 278-282.]

2. М.А. Чуев. Macroscopic quantum effects observed in Mössbauer spectra of antiferromagnetic nanoparticles. *Hyperfine Interact.*, 2014, v.226, pp.111-122.

4. Диагностика микроэлектронных наноструктур.

Методом высокоразрешающей рентгеновской рефлектометрии и резерфордовского обратного рассеяния проведены исследования приповерхностных слоев кремния Si(001), подвергнутых плазменно–иммерсионной ионной имплантации гелия с энергией 2-5 кэВ и дозой $5 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Определено распределение электронной плотности по глубине слоя, являющейся функцией нанопористости кремния, его элементный и фазовый состав. Установлено, что модифицированный ионами гелия приповерхностный слой Si состоит из верхнего плотного аморфизованного слоя 5-15 нм, под которым находится слой толщиной 20-50 нм с пористостью 30-35%.

Публикации:



1. A.A. Lomov, V.I. Punegov, D. Nohavica, M.A. Chuev, A.L. Vasiliev, D.V. Novikov. High resolution synchrotron diffraction study of porous buffer InP(001) layers. *J. Appl. Cryst.*, 2014, v.47, 1614-1625.

2. A. V. SIVKOV, A. LOMOV, A. VASILIEV, S. NEKIPELOV, O. PETROVA. X-ray diffraction and spectroscopy studies of porous silicon. Book of abstract of 12th Biennial Conference on High Resolution X-Ray Diffraction and Imaging (XTOP 2014). ESRF Grenoble and Villard de Lans (France) 15-20 September 2014. P. 173-174.

Важнейшие результаты полученные в 2015 г.

1. Физика и моделирование наночастиц.

На основе обобщения континуальной модели магнитной динамики ансамбля идеальных АФМ наночастиц разработан и реализован формализм для описания термо- и магнитной динамики неелевского ансамбля АФМ частиц, а также мессбауэровских спектров поглощения таких материалов.

Соответствующие решения будут описывать нутации на фоне однородной прецессии намагниченностей по аналогии с классическими задачами о сферическом маятнике и тяжелом волчке.

Публикации:

1. R. Gabbasov, M. Polikarpov, V. Cherepanov, M. Chuev, I. Mischenko, A. Lomov, A. Wang, V. Panchenko. Mössbauer, magnetization and X-ray diffraction characterization methods for iron oxide nanoparticles. *J. Magn. Magn. Mater.*, 2015, v. 380, pp. 111-116.

2. M. Polikarpov, V. Cherepanov, M. Chuev, R. Gabbasov, I. Mischenko, J. Nirmesh, S. Jones, B. Hawke, V. Panchenko. Mössbauer evaluation of the interparticle magnetic Interactions within the magnetic hyperthermia beads. *J. Magn. Magn. Mater.*, 2015, v. 380, pp. 347-352.

3. М.А. Чуев. Термо- и магнитная динамика неферромагнитных наночастиц в зеркале мессбауэровской спектроскопии. *Известия РАН, сер. физическая*, 2015, т.79, №8, 1074-1079.

2. «Элементная база кремниевой наноэлектроники и твердотельных квантовых компьютеров».

Разработана технология формирования FIN структуры нанотранзистора методами анизотропного плазмохимического травления в плазме смеси SF₆ и C₄F₈ низкого давления на объемных кремниевых подложках и структурах SOI. Для этого усовершенствована методика электронной литографии требуемого разрешения на резисте XR-1541 и разработано прецизионное анизотропное травление кремния в непрерывном процессе. Уход топологического размера составил < 1 нм (значение разрешающей способности РЭМ), благодаря чему удалось получить FIN-структуры с критическим размером до 10 нм и аспектным отношением до 1:12. Получена селективность к электронному резисту до 14:1, скорости травления кремния до 300 нм/мин. Отклонения стенок от вертикальности профиля не превышают 2 нм, на глубине травления до 0,1 мкм.

Публикации:



1. А. А. Орликовский, В.В. Вьюрков, К.В. Руденко, И.А. Семенихин, Д.А. Свинцов, А.В. Мяконьких, С.Н. Филиппов, А.Е. Рогожин. Эволюция МДП-нанотранзистора. Электронная техника. Серия 2: Полупроводниковые приборы, в. 1 (232), сс. 3-25, 2014.

2. A.V. Miakonkikh, A.E. Rogozhin, V.I. Rudakov, K.V. Rudenko, V.F. Lukichev. Carbon and fluorine co-implantation for boron diffusion suppression in extremely ultra shallow junctions. //Proc. SPIE v.9440, International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2014, p. 94400L (18 December 2014); doi:10.1117/12.2181006.

3. Свидетельство о Государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615304. Фадеев А. В., Руденко К.В. Реконструкция 2D-распределения плотности частиц плазмы методом двухракурсной веерной эмиссионной томографии. Дата публикации 20.06.2015.

3. Технологии атомно-слоевого осаждения для нитрид-галлиевых приборов СВЧ-техники. Исследованы возможности атомно слоевого осаждения оксидов гафния и алюминия для применения в надррид-галлиевой полупроводниковой технологии. Сформированы микроструктуры и изучены характеристики СВЧ переключателей на AlGaIn/GaN гетероструктурах конструкции СЗ (Capacitively Coupled Contact) MOSHFET, использующей ёмкостные связи между электродами и двумерным электронным газом (2DEG), где была применена ALD-технология осаждения диэлектрического слоя HfO₂. Была применена разработанная в ФТИАН РАН методика измерения параметров тонких диэлектрических слоев high-k диэлектриков на AlGaIn гетероструктурах. Совместно с НПП «Пульсар» были изучены переключающие свойства прибора в СВЧ диапазоне - потери во включенном состоянии составляют до -1 дБ (20 ГГц), в выключенном более -25 дБ, в диапазоне переключаемой мощности до 25 Вт.

Публикации:

1. Rudenko K.V., Lukichev V.F., Orlikovsky A.A. TECHNOLOGY PROSPECTS OF ATOMIC LAYER DEPOSITION (ALD) FOR MANUFACTURING OF NANOELECTRONIC DEVICES AND MONOLITIC MICROVAWE DEVICES. (Keynote talk) 25th International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology, CriMiCo-2015. Sept. 6-12, 2015, Sevastopol, Russia).

2. А.С. Адонин, А.Ю. Евграфов, В.М. Миннебаев, А.В. Перевезенцев, А.В. Черных, А.В. Мяконьких, А.Е. Рогожин, К.В. Руденко. СВЧ ключ с контактами с ёмкостной связью на AlGaIn/GaN гетероструктурах // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. Выпуск 4 (238) 2015, с. 6-14.

3. Miakonkikh A.V. , Klemente I.E., Rudenko K.V. THICKNESS MEASUREMENT OF THIN DIELECTRIC LAYERS ON AlGaIn/GaN/SAPPHIRE STRUCTURES BY SPECTRAL ELLIPSOMETRY. 25th International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology, CriMiCo-2015. Sept. 6-12, 2015, Sevastopol, Russia.

4.

5. Моделирование технологических процессов нанoeлектроники.



Впервые разработан общий термодинамический подход к описанию зависимостей прочностных свойств межслойных границ тонкопленочных структур, актуальных и перспективных для использования в нанoeлектронике и для исследования квантово-компьютерных структурных элементов, от содержания в них точечных дефектов разной природы.

Аналитическим путем и с помощью численного моделирования изучены основные прочностные характеристики границ соединенных слоёв: коэффициенты поверхностного натяжения и работа их разделения в зависимости от концентраций дефектов в граничащих материалах. Выявлены основные параметры и области их значений, определяющие особенности этих зависимостей в тех случаях, когда дефектами являются вакансии или атомарные примеси.

Публикации:

1. Гольдштейн Р.В., Махвиладзе Т.М., Сарычев М.Е. Особенности кинетики процесса химико механическое полирование (CMP) периодических структур при нелинейной зависимости скорости полирования от давления // Микроэлектроника. 2015 №25, С.69-80. РИНЦ, Scopus,

2. Гольдштейн Р.В., Махвиладзе Т.М., Сарычев М.Е. Влияние электрического тока на устойчивость поверхности проводящей пленки // Поверхность. 2015. № 1. С.74-81. РИНЦ, Scopus,

3. Махвиладзе Т.М., Сарычев М.Е. Теоретическое исследование кинетики процесса химико механическое полирование (CMP) пластин с периодическими микро- и нанoeлектронными структурами // Труды ФТИАН. 2015. Т. 25

Исследование динамики колебаний медных наностержней в зависимости от их аспектного отношения и температуры.

Методом молекулярного динамического моделирования проведено исследование динамики колебаний медных наностержней в зависимости от их аспектного отношения и температуры. Обнаружено уменьшение частоты продольных колебаний наностержней с увеличением их аспектного отношения. Разработан программный комплекс моделирования морфологии поверхности материалов в процессах низкоэнергетического ионного распыления с учетом основных процессов взаимодействия ионов с поверхностью и переосаждения распыляемого материала. Проведено моделирование изменения профиля микроканалов в кремнии при распылении их ионами аргона низкой энергии в плотной плазме ВЧ индукционного разряда низкого давления.

Исследования механизмов зарождения дефектов в системе Ge/Si(001) методом молекулярной статистики.

Проведены исследования механизмов зарождения дефектов в системе Ge/Si(001) методом молекулярной статистики. Межатомные взаимодействия описывали с помощью полуэмпирический потенциалов Стиллинджера-Вебера. Путем комбинации методов сферического потенциала отталкивания (Repulsive Bias Potential) и релаксации упругой цепочки (Nudget Elastic Band) получен путь минимальной энергии для перехода от когерентного



эпитаксиального состояния (псевдоморфного) до состояния с изолированной (90-градусной) дислокацией несоответствия.

Публикации:

1. Куприянов А.Н., Трушин О.С., Амиров И.И. Моделирование колебаний медного наностержня методом молекулярной динамики. Письма в ЖТФ, 2014, том 40, выпуск 21, с. 1-8. РИНЦ, Scopus, WoS

2. Шумилов А.С., Амиров И.И. Моделирование морфологии поверхности при низкоэнергетическом ионном распылении. ЖТФ, 2015, том 85, выпуск 7, с. 112. РИНЦ, Scopus, WoS.

3. Трушин О.С., Куприянов А.Н., Инг С.-Ч., Гранато Э., Ала-Ниссила Т. Атомные механизмы релаксации упругих напряжений в гетероэпитаксиальной структуре Cu/Ni(001). Микроэлектроника. 2015. Т. 44. № 6. с. 459-463. РИНЦ, Scopus

6. Перспективная элементная база квантовых компьютеров.

Проведен анализ возможности применения комбинированных средств оптического управления (резонатор и лазер) динамикой кубитов на основе КТ и NV-центров в алмазе. Рассматриваются вопросы, связанные с изучением спектральных характеристик оптической твердотельной фотонной структуры, состоящей из двойной квантовой точки и микрорезонатора и представляющей основу для реализации полупроводникового зарядового кубита. Проведена классификация электрон-фотонного спектра в зависимости от параметров системы, а также выявлен ряд интересных особенностей поведения ее собственных частот. Зависимости заселенностей от времени в режиме рабиевских осцилляций подтверждают возможность реализации квантового вентиля NOT (переноса электрона между локализованными состояниями ДКТ) как в резонансном, так и в нерезонансном случаях.

Публикации:

1. А.В. Цуканов, В.Г. Чекмачев. Моделирование спектроскопического отклика кубита на двойной квантовой точке с учетом диссипативных процессов. Труды ФТИАН. 2015, №25, с. 58-77, РИНЦ, Scopus.

2. И.Ю. Катеев, А.В. Цуканов. Расчет спектральных характеристик одномерных фотонных кристаллов методом конечных временных областей. Труды ФТИАН. 2015, 2015, №25, с. 38-57, РИНЦ, Scopus.

7. Микро- и наносистемная техника

Разработан метод измерения напряжений, возникающие при создании электрически изолированных блоков в объеме кремниевой пластины с использованием процессов глубокого анизотропного травления и окисления кремния. Проведен теоретический расчет возникающих напряжений. Полученные результаты важны для создания элементов микроэлектромеханических систем на основе концепции электрически изолированных блоков. Разработаны двухстадийные циклические плазмохимические процессы травления высокоаспектных кремниевых микроструктур.

Публикации:



Postnikov A., Morozov O.V., Amirov I.I. Oxidized bridges technology for suspended MEMS fabrication using standard silicon wafer. *Microsystem Technologies*. 2015, V 21, Issue 3, pp. 669-674. Scopus, WoS

Amirov I.I. Plasma chemical etching of high-aspect-ratio silicon micro- and nanostructures. *Russian Journal of General Chemistry*. 2015, Volume 85, Issue 5, pp 1252-1259. Scopus, WoS

Morozov O, Postnikov A. Mechanical strength study of SiO₂ isolation blocks merged in silicon substrate. *J. Micromech. Microeng.*, 2015, 25, 1, 015014. Scopus, WoS

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

Монографии:

1. Труды ФТИАН №23, «Квантовые компьютеры, микро-и наноэлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование» под общ. ред. А.А. Орликовского, изд-во «Наука», 2013,214с., ISBN 978-5-02 -038039-4.

2. Труды ФТИАН №24, «Квантовые компьютеры, микро-и наноэлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование» под общ.ред. А.А. Орликовского, изд-во «Наука», 2014,263с., ISBN 978-5-02 -039068-3.

3. Труды ФТИАН №25, «Квантовые компьютеры, микро-и наноэлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование» под общ.ред. А.А. Орликовского, изд-во «Наука», 2015,185с., ISBN 978-5-02 -039068-3.

4. «Кремниевые наноструктуры. Физика. Технология. Моделирование»: монография / Под общ. ред. В.И. Рудакова. – Ярославль. Изд-во «Индиго», 2014. – 568 с. ISBN 978-5-91722-225-7.

Статьи:

1. Vyurkov, V. Quantum Computer in MOSFET Channel: Coulomb Blockade for Measurement / V. Vyurkov, A. Orlikovsky, D. Svintsov, and M. Rudenko // 44th IEEE Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC'2013). - 5-7 Dec. 2013, Washington, USA. - Book of Abstracts. DOI: 10.1109/TED.2013.2263744 . WoS.

2. Чуев, М.А. О форме гамма-резонансных спектров ферромагнитных наночастиц в условиях метамагнетизма / М.А.Чуев // Письма в ЖЭТФ. - 2013. - Т.98. - №7-8. - С. 523-528. -- <https://elibrary.ru/item.asp?id=20901909> -- Импакт-фактор журнала в РИНЦ: 1,335

3. Bogdanov, Yu. I. Quantum polarization transformations in anisotropic dispersive medium / Yu. I. Bogdanov, A. A. Kalinkin, S. P. Kulik, E. V. Moreva, V. A. Shershulin // *New Journal of Physics*. 2013. V.15. 035012. 24 p. doi:10.1088/1367-2630/15/3/035012. и/ф 3,570 (2015).



4. Yu.I. Bogdanov, A.Yu. Chernyavskiy, A.S. Holevo, V.F. Luckichev, A.A. Orlikovsky
Mathematical models of quantum noise // Proceedings of SPIE. 2013. V. 8700. Art. 870019
5. Гольдштейн, Р.В. Неустойчивость поверхности проводящей пленки под действием механической и электрической нагрузок / Гольдштейн Р.В., Махвиладзе Т.М., Сарычев М.Е. // Письма о материалах. 2014. Т.4. № 3. С.171-174. DOI: 10.22226/2410-3535-2014-3-171-174 . и/ф 0,79 . Scopus.
6. Gatto Monticone, D. . Beating the Abbe Diffraction Limit in Confocal Microscopy via Nonclassical Photon Statistics / D. Gatto Monticone, K. Katamadze, P. Traina, E. Moreva, J. Forneris, I. Ruo-Berchera, P. Olivero, I. P. Degiovanni, G. Brida, and M. Genovese // Phys. Rev. Lett. 113, 143602 – Published 30 September 2014. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.143602>. и/ф 7,728. WoS.
7. Sedighi, M. Casimir forces from conductive silicon carbide surfaces. / Sedighi M., Svetovoy V. B, Broer W. H., Palasantzas G. // PHYSICAL REVIEW B 89, 195440 (2014). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.195440>. Impact Factor 2015 3.718. WoS.
8. Svetovoy, V. B. Graphene-on-Silicon Near-Field Thermophotovoltaic Cell. / Svetovoy V. B., Palasantzas G. // PHYSICAL REVIEW APPLIED 2, 034006 (2014). <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.2.034006>. Impact Factor 2015 4.061. WoS.
9. Svintsov, D. All-graphene field-effect transistor based on lateral tunnelling / Svintsov D., Vyrkov V., Orlikovsky A., Ryzhii V., Otsuji T. // Journal of Physics D: Applied Physics. 2014. T. 47. № 9. C. 094002. DOI: 10.1088/0022-3727/47/9/094002. и/ф 2,521 (2013). WoS.
10. Morozov O, Postnikov A. Mechanical strength study of SiO₂ isolation blocks merged in silicon substrate. J. Micromech. Microeng., 2015, 25, 1, 015014.
<https://doi.org/10.1088/0960-1317/25/1/015014>
Impact Factor 2015 1.768
11. M. Sedighi, V. B. Svetovoy, W. H. Broer, and G. Palasantzas. Casimir forces from conductive silicon carbide surfaces. PHYSICAL REVIEW B 89, 195440 (2014).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.195440>
Impact Factor 2015 3.718
12. Prigara V.P., Ovcharov V.V., Rudakov V.I. Temperature bistability in a silicon wafer with a doped layer on lamp-based heating. Materials Science in Semiconductor Processing. Volume 34, June 2015, Pages 312-325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mssp.2015.01.042>
Impact Factor 2015 2.264
13. Postnikov A., Morozov O.V., Amirov I.I. Oxidized bridges technology for suspended MEMS fabrication using standard silicon wafer. Microsystem Technologies. 2015, V 21, Issue 3, pp. 669-674.
DOI: 10.1007/s00542-014-2080-4
Impact Factor 2015 0.974



15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

ФТИАН РАН является получателем грантов Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

1. Снижение напряжения срабатывания микропереключателя электростатического типа путем использования кантилевера со сверхвысоким отношением длины к толщине (руководитель И.В. Уваров). Проект № 14-07-31156 мол_а.

2. Атомные механизмы релаксации упругих напряжений в гетероэпитаксиальных структурах (руководитель О.С. Трушин) Проект № 14-07-00139 А

3. Исследование многофункциональной сетевой структуры мультиархитектурной вычислительной системы 01.01.2013 31.12.2015 Завершён ФКР Митропольский Ю.И.

4. 13-07-00711 А Исследование влияния квантовых шумов на качество элементной базы квантовых компьютеров 01.01.2013 31.12.2015 Завершён ФКР Богданов Ю.И.

5. 13-07-00441 А Процессы тепломассопереноса в кремниевых наноструктурах при нагреве мощным некогерентным излучением 01.01.2013 31.12.2015 Завершён ФКР Рудаков В.И.

6. 14-07-00937 А Развитие методов моделирования низкоразмерных наноструктур 01.01.2014 31.12.2016 Завершён ФКР Вьюрков В.В.

7. 13-07-06051 Г Научный проект на проведение Международного симпозиума "Современное состояние и перспективы наноэлектроники" 01.01.2013 31.12.2013 Завершён ФКР Орликовский А.А.

8. 14-07-20350 Г Научный проект на организацию Международной конференции "Микро- и наноэлектроника - 2014" 01.01.2014 31.12.2014 Завершён ФКР Орликовский А.А.

9. 15-07-09290 А Теоретическое и экспериментальное исследование криогенного травления кремниевых микроструктур для создания элементов рентгеновской оптики 01.01.2015 31.12.2017 Поддержана ФКР Лукичев В.Ф.

10. 15-07-01228 Особенности плазменно-иммерсионной ионной имплантации при формировании скрытых наноразмерных пористых кремниевых слоев и их фундаментальные свойства 01.01.2015 31.12.2017 Поддержана ФКР Ломов А.А.

11. Грант РФФИ 15-19-2003 по теме «Сильный и быстрый микродвигатель на основе спонтанной реакции между водородом и кислородом в нанопузырьках» выполняется под руководством ведущего ученого В.Б. Светового (Нидерланды). 2015-2017.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется орга-



низациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

1 ФТИАН РАН является соисполнителем работ по проектам в рамках федеральных целевых программ

1.1 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» Министерство образования и науки РФ, госконтракт № 16.552.11.7062 "Развитие центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур» для обеспечения комплексных исследований в области разработки нанокompозитных материалов, технологий наноэлектроники и микробиологии", 2012 - 2013 г.г.

1.2 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» Министерство образования и науки РФ, соглашение № 14.574.21.0099 от 26.08.2014 г. о предоставлении субсидии для финансового обеспечения затрат, связанных с выполнением прикладных научных исследований по теме: «Разработка научно-технических решений по созданию тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов на основе нанокompозитов кремния и высших оксидов ванадия, обладающих повышенной удельной емкостью и скоростью зарядки», 2014 – 2016 г.г.

1.3. Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» от 15.12.2016 № 165-ЦС/17, подпрограмма «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов».

1.4 В период 2013-2015 годов ФТИАН РАН выполнял 6 НИР в рамках Государственных контрактов.

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

ФТИАН РАН для выполнения экспериментальных работ имеет необходимое научное и технологическое оборудование современного уровня (электронный литограф Raith -150



(Германия), кластер плазмохимического травления Dual Plasmalab-100 (Oxford Instruments, Великобритания), установка атомно-слоевого осаждения FlexAl (Oxford Instruments, Великобритания), необходимое аналитическое оборудование. Разработанные технологические процессы в дальнейшем предполагается переносить на создаваемое кластерное оборудование.

Перечень оборудования приведен на сайте <http://ftian.ru>

В составе лабораторий ЯФ ФТИАН РАН имеется технологическое оборудование, необходимое для выполнения технологических операций по изготовлению экспериментальных образцов полупроводниковых приборов, устройств микросистемной техники и тонкопленочных химических источников тока.

Филиал располагает аналитическим оборудованием, необходимым для диагностики используемых материалов и разрабатываемых структур и приоров. Аналитическое и часть технологического оборудования включены в состав Центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур». Перечень оборудования приведен на сайте ЦКП <http://nano.yar.ru/>

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Информация не предоставлена

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

№ 92/12 от 01.06. 2012 г. и доп. Соглашения №1 от 1 ноября 2012 г. "Исследование процесса формирования канавочных структур для создания медных проводников шириной



50-30 нм" шифр "Металлизация-2-ФТИАН", заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2012-2015 г.г.

№ 05/12 от 03.12.2012 г. Исследование процесса ЭЛЛ для формирования затвора с минимальными проектными нормами 32 нм. Исследование процесса ALD для формирования металлического затвора и high-k диэлектрика. Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2012-2013 г.г.

№ 02/12 от 21.05. 2012 г. «Создание программного комплекса для численного решения больших задач современной электроники и лазерных нанотехнологий с использованием гибридных ЭВМ сверхвысокой производительности». Заказчик ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, период выполнения работы 2012-2013 г.г.

№ 01/13 от 01.02.2013 г. «Разработка и исследование наноразмерных изолирующих покрытий для GaN интегральных схем СВЧ диапазона». Заказчик «НПП «Пульсар», период выполнения работы 2013 г.

№ 6/1445 от 15.11.2013 г. «Разработка процесса нанесения защитных покрытий HfO₂ для гетероструктур на основе нитрида галлия». Заказчик «НПП «Пульсар», период выполнения работы 2013-2016 г.

№ ЗЦ-ФТИ-08/08-14-1

«Исследование и оптимизация процесса осаждения алмазоподобных пленок на экспериментальные образцы деталей осевого насоса крови», Заказчик «Зеленоградский инновационно-технологический центр», период выполнения работы 2014г.

№ 02-М/14 от 09.01.2014 г.

«Исследование технологии электронно-лучевой литографии для технологического уровня 45 нм»

Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2014-2015 г.г.

№ 17-Н/14 от 24.04.2014 г.

«Исследование и разработка технологических процессов ALD и РИТ для формирования металлических затворов КМОП СБИС уровня 32 нм» Заказчик ОАО "НИИМЭ и Микрон", период выполнения работы 2014-2015 г.г.

№ ЗЦ-ФТИ-0204-2015/2

«Разработка метода оценки степени адгезии пленки алмазоподобного углерода к материалам, используемым для изготовления имплантируемых насосов крови». Заказчик «Зеленоградский инновационно-технологический центр», период выполнения работы 2015г.

За период с 2013 по 2015 г.г. ЯФ ФТИАН РАН выполнены НИР, ОКР, ОТР и оказаны услуги по следующим договорам:

1. ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор»», договор № 35-03/12, Исследование и разработка технологии изготовления анода для литий-ионных аккумуляторов на основе кремнийсодержащих нанокompозитных материалов, 2012 - 2013 г.г.



2. ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор»», договор № 62-11/13, Исследование возможности повышение удельной емкости и циклируемости литий-ионного аккумулятора с тонкопленочным анодом на основе кремния, 2013 - 2014 г.г.

3. ООО «Полет-Хронос», договор № 63-11/13, Разработка и изготовление экспериментальных образцов кремниевых деталей спускового хода часового механизма изделия «Часы Палубные - ЧП» производства ООО «Полет-Хронос»: колесо анкерное, вилка анкерная, волосок, на основе метода микроэлектронных механических систем, 2013 - 2015 г.г.

4. ЗАО «Востек», договор № 52-02/13, Формирование волнообразной наномаски на поверхности слоев аморфного кремния, 2013 г.

5. ООО «Квантовый кремний», договор № 58-07/13, Разработка процессов формирования наноструктур на основе волнообразной наномаски на поверхности монокристаллического кремния, кремниевых микроструктур и в слоях аморфного кремния, 2013 г.

6. ООО «Квантовый кремний», договор № 64-01/14, Разработка процессов формирования наноструктур на основе волнообразной наномаски в слоях аморфного кремния на кварце и на поверхности кремниевых аспектных микроструктур, 2014 г.

7. ООО «Квантовый кремний», договор № 77-07/14, Исследование процессов переноса волнообразной топографии из слоя аморфного кремния на поверхность различных материалов при помощи ионного распыления, 2014 г.

8. ООО Фирма "КРОСС-М", договор № 65-01/14 по теме Элементный анализ состава сплавов из стали, окончание 31.12.2014 г.

9. ООО "НИИКАМ" договор № 66-02/14 по теме Элементный анализ образцов заказчика, окончание 31.12.2014 г.

10. ФГБУН ИГГД РАН договор № 67-03/14 по теме Исследование редких земель в минералах методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

11. ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова" договор № 69-03/14 по теме Исследование конструктивно-технологических вариантов построения привода с использованием технологии МЭМС, окончание 25.10.2014 г.

12. ФГБОУ ВПО "КГУ им. Н.А. Некрасова" договор №70-03/14 по теме НИР Структура и состав металлов и сплавов, модифицированных электролитно-плазменной обработкой, окончание 31.12.2014 г.

13. ФГБУН "ИГХ СО РАН", договор № 71-03/14 по теме Исследование редких элементов (REE, HFSE, LILE) в минералах мантийных перидотитов и пироксенитов методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

14. ОАО "Ярославский радиозавод", договор № 72-03/14 по теме Анализ структур микрополосковых плат и материалов, используемых при их изготовлении, окончание 31.12.2014 г.



15. ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова", договор № 73-04/14 по теме Исследование конструктивно-технологических вариантов построения привода с использованием технологии МЭМС, окончание 31.12.2014 г.

16. ФГБУН ИГЕМ РАН, договор № 75-06/14 по теме Исследование геохимии гранатов и клинопероксенов из кимберлитов Севера ВЕП методом ионного зонда, окончание 30.10.2014 г.

17. ФГБУН ИГ КарНЦ РАН, договор № 78-07/14 по теме Исследование редких земель в минералах методом ионного зонда, окончание 31.12.2014 г.

18. ООО «Квантовый кремний», договор № 87-01/15, Исследование процессов наноструктурирования поверхности сплава на основе Ni и пленок Ni посредством WOS-наномаски в слое аморфного кремния, 2015 г.

19. ООО «Квантовый кремний», договор № 93-07/15, Исследование процессов формирования сплошных пленок Pd на массиве аспектных нанохребтов в слое SiO₂, созданных на основе WOS-наномаски, 2015 г.

20. ФГУП "ЦЭНКИ", договор № 56-06/13 по теме Испытание Кремниевых подвесов МВГ-2, окончание 31.03.2015 г.

21. ОАО «Завод Метеор», договор № 03-32/15 по теме Пролифилирование многослойной тонкопленочной структуры по заданному шаблону, окончание 31.12.2015 г.

22. ФГБОУ ВПО «КГУ им. Некрасова», договор № 96-07/15 по теме «Структура и состав сталей, модифицированных электролитно-плазменной обработкой», окончание 31.12.2015 г.

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

ФТИАН РАН является соучредителем академического регулярно издающегося научного журнала «Микроэлектроника», переводная версия которого «Russian Microelectronics» издается в США на английском языке и индексируется в базе SCOPUS. Главным редактором журнала в 2013-2015 году являлся директор ФТИАН РАН академик РАН А.А. Орликовский, ответственным секретарем – Чл.-корр РАН Зам. директора ФТИАН РАН В.Ф. Лукичев.

Подготовка специалистов высокой квалификации ведется в рамках базовой кафедры МФТИ (Зав. кафедрой в 2013-2015 гг. являлся академик АА. Орликовский – директор ФТИАН РАН, преподавание ведется силами сотрудников Института.



Подготовка специалистов высшей квалификации ведется ФТИАН РАН в аспирантуре МФТИ и аспирантуре РАН.

Связь с вузовской наукой поддерживается также подготовкой специалистов в рамках сотрудничества с вузами МИРЭА, МИФИ, МИЭТ, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Ярославским ГУ им. П.Г.Демидова. Совместно с этими учебными заведениями проводятся научно-исследовательские работы в области элементной базы квантовых компьютеров, микро- и наноэлектроники, технологии наноструктур, микросистемной техники.

Во ФТИАН работают 3 регулярных научных семинаров с привлечением широкой научной общественности:

1. «Квантовые компьютеры»
2. «Перспективные технологии и устройства микро- и наноэлектроники».
3. «Моделирование технологических процессов микро- и наноэлектроники»

ФТИАН РАН имеет аккредитованную аспирантуру РАН по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

В 2013-2015 и по настоящее время на базе ФТИАН РАН функционирует диссертационный совет Д.002.204.01, где проводятся защиты кандидатских и докторских диссертаций по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Защита диссертаций для повышения образовательного уровня :

1. к.ф.-м.н. Пригара Валерия Павловна (Ярославский филиал ФТИАН РАН)
«Температурная бистабильность в кремниевой пластине при ее нагреве некогерентным излучением»
2. к.ф.-м.н. Уваров Илья Владимирович (Ярославский филиал ФТИАН РАН)
«Резонансные свойства трехслойных металлических кантилеверов наноразмерной толщины»
3. к.ф.-м.н. Гавриченко Александр Константинович (ФТИАН РАН)
«Томографический анализ данных в задачах квантовой информатики»
4. к.ф.-м.н. Фадеев Алексей Владимирович (ФТИАН РАН)
«Исследование латеральной однородности плазмы в реакторах микроэлектроники методами двухракурсной эмиссионной томографии»

ФТИАН РАН является организатором в проведении международной конференции International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2014. / edited by Alexander A. Orlikovsky// Proc. of SPIE Vol. 9440 (2014). Publ. by SPIE, Bellingham, Washington 98227-0010 USA. ISBN: 9781628415551. doi: 10.1117/12.2184083

Организатор проведения II Международной конференции «Современные проблемы физики поверхности и наноструктур» Ярославль. 2013.



Соорганизатор совместно с РАН, МИФИ, МГУ, МАИ, С-П СПУ, проведения XXI, XXII Международных конференций «Взаимодействие ионов с поверхностью «ВИП-2013», Ярославль, и «ВИП -2015» Москва.

В 2013 году академик Орликовский А.А. получил премию Правительства РФ в области образования за научно-практическую разработку «Создание базы знаний «Электроника» на основе генерации серии тематических баз и банков данных по фундаментальным разделам физической и прикладной электроники и издание серии учебников и учебных пособий «Электроника в техническом университете»

В 2013 году ФТИАН РАН организовал и провел научную сессию ОНИТ РАН в рамках проведения Международного симпозиума «Современное состояние и перспективы наноэлектроники» посвященное 25-летию образования ФТИАН РАН.

В рамках созданного в 2015 консорциума «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем» ФТИАН РАН взял на себя обязательства выполнять научно-исследовательские разработки в следующих направлениях:

1. В области электронной литографии. Исследование разрешающей способности электронорезистов для литографии транзисторных наноструктур, исследование проблем шероховатости линий критического размера, создаваемых в резисте, и ее края (проблемы LWR и LER). Разработка методик аттестации шероховатости линий наноструктур методами атомно-силовой микроскопии. Поиск технологий снижения шероховатости линий в электронорезистах.

2. Исследование перспективных диэлектриков для интегральных МДП-нотранзисторов и развитие технологий их атомно-слоевого осаждения (ALD). Создание перспективных диэлектрических стеков, металлических стеков в затворных структурах транзисторов HkMG-типа. Развитие этих технологий для новых типов нанотранзисторов.

3. Исследование технологий прецизионного анизотропного плазмохимического травления сложных затворных стеков транзисторов, элементов с критическими размерами 22 нм и менее. Развитие технологий для 3D-геометрии нанотранзисторов.

4. Исследования в области ультрамелкой плазменно-иммерсионной ионной имплантации (PII, PI3) для формирования легированных областей нанотранзисторов, особенно перспективные для 3D-структур.

5. Исследования в области ультрамелких силицидных контактных систем для электродов нанотранзисторов с проектными нормами менее 22 нм.

ФИО руководителя _____ В.Ф.Лукичев

Подпись _____

Дата _____ 22.05.2017

