

Институт физики микроструктур РАН

Межфакультетская базовая кафедра ННГУ  
«Физика наноструктур и наноэлектроника»

# **Темы курсовых работ**

2019

## **ИФМ РАН**

Институт физики микроструктур РАН (ИФМ РАН) образован 28 сентября 1993 года на базе Отделения физики твердого тела Института прикладной физики АН СССР (в настоящее время — ИПФ РАН). Директором института был назначен академик С.В. Гапонов. В 2009 году ИФМ РАН возглавил профессор чл.-корр. РАН З.Ф. Красильник. Сейчас ИФМ РАН входит в структуру Федерального исследовательского центра ИПФ РАН.

ИФМ РАН проводит научные исследования по следующим направлениям:

- физика, технология и диагностика твердотельных микро- и наноструктур;
- многослойная оптика рентгеновского и ультрафиолетового диапазонов;
- кремниевая оптоэлектроника;
- спектроскопия, спектрометрия и электроника терагерцового и субтерагерцового диапазонов;
- физика магнитных наноструктур и спинтроники;
- физика сверхпроводников и сверхпроводниковая электроника.

ИФМ РАН приглашает студентов для подготовки магистерских диссертаций и проведения научно-исследовательских работ на современном оборудовании с трудоустройством уже на этапе магистратуры и дальнейшей возможностью поступления в аспирантуру.

Официальный сайт института — <http://ipmras.ru>

## **Кафедра «Физика наноструктур и наноэлектроника»**

Институт физики микроструктур РАН является базовым научным учреждением для подготовки студентов радиофизического, физического факультетов и ВШОПФ Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) в области нанофизики и твердотельных нанотехнологий - одном и актуальнейших направлений современной физики конденсированных сред. С этой целью в 2004 году образована межфакультетская базовая кафедра «Физика наноструктур и наноэлектроника». Заведующий кафедрой — чл.-корр. РАН Захарий Фишелевич Красильник, директор ИФМ РАН.

Ежегодно проводится набор на базовую кафедру студентов 3—5 курсов радиофизического и физического факультетов и ВШОПФ ННГУ. При этом студенты, принятые на базовую кафедру, сохраняют свой статус на факультетах и кафедрах, куда они были ранее зачислены, и где они обучаются по курсам, входящим в обязательную федеральную составляющую специальностей «радиофизика» и «физика», соответственно.

Электронный вариант сборника:

<http://www.pnn.unn.ru/UserFiles/docs/topics.pdf>



## Алешкин Владимир Яковлевич

д.ф.-м.н., проф., гнс отд. 110

к. 234, т. 417-94-82 (+234), [aleshkin@ipmras.ru](mailto:aleshkin@ipmras.ru)



### **Излучательная рекомбинация в квантовых ямах гетероструктур HgTe/CdHgTe**

В работе предполагается построить теорию излучательной рекомбинации в квантовых ямах с нормальной зонной структурой для объяснения наблюдаемой динамики фотопроводимости таких структур и выяснения оптимальных параметров структур для лазеров, основанных на них.



### **Поверхностные состояния на гетерогранице HgTe/CdHgTe**

В работе предполагается построить теорию поверхностных состояний на гетерогранице HgTe/CdHgTe для структур, выращенных на плоскости (013).

## Дубинов Александр Алексеевич

к.ф.-м.н., снс отд. 110

к. 234, т. 417-94-82 (+234), [sanya@ipmras.ru](mailto:sanya@ipmras.ru)



### **Лазер на основе легированного германия с металлическим резонатором**

В работе предполагается провести теоретический анализ возможности наблюдения лазерной генерации в структуре на основе легированного германия с металлическим резонатором.

## Жукавин Роман Хусейнович

к.ф.-м.н., снс отд. 110

к. 260, т. 417-94-79 (+260), [zhur@ipmras.ru](mailto:zhur@ipmras.ru)



### **Механизмы инверсии и усиления в терагерцовом диапазоне частот в полупроводниках, легированных примесными центрами**

Работа посвящена исследованию мелких кулоновских центров в кремнии, германии и алмазе с точки зрения развития источников когерентного излучения терагерцового диапазона частот. Предполагается участие в экспериментальной активности коллектива лаборатории 113, направленной как на изучение характеристик существующих источников на основе кремния, легированного "мелкими" донорами при оптическом возбуждении, так и поиск новых активных сред в терагерцовом диапазоне частот.

## Козлов Дмитрий Владимирович

к.ф.-м.н., доцент, нс отд. 110

к. 262, т. 417–94–79 (+262), [dvkoz@ipmras.ru](mailto:dvkoz@ipmras.ru)



### Примеси и дефекты в КРТ - материалах



Работа посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию примесей и дефектов в материалах кадмий -ртуть - теллур (КРТ), в том числе с квантовыми ямами (КЯ). Результаты работы могут быть полезны при «теоретическом конструировании» новых источников излучения ТГц и среднего ИК диапазона, работающих на переходах между состояниями примесей в КРТ-структурах. В этих материалах ширина запрещенной зоны зависит от состава твердого раствора и в узкозонных структурах энергия ионизации акцепторов оказывается сравнимой с шириной запрещенной зоны, т.е. примесь оказывается глубокой. Состояния глубоких акцепторов в КРТ материалах могут, в зависимости от состава твердого раствора, оказываться как в запрещенной зоне, так и попадать в зону проводимости, т.е. становиться резонансными. Таким образом, возникла необходимость разработать методы описания таких примесных состояний, научиться рассчитывать их энергии, а также матричные элементы оптических переходов между состояниями акцепторов и переходов примесь-зона и времена жизни состояний примеси, если они оказываются резонансными.

## Лобанов Дмитрий Николаевич

к.ф.-м.н., нс отд. 110

к. 102, т. 417–94–73(+102), [dima@ipmras.ru](mailto:dima@ipmras.ru)



### Светоизлучающие наноструктуры на основе InN, сформированные методом молекулярно-пучковой эпитаксии с плазменной активацией азота

В девяностых годах прошлого столетия произошел стремительный прогресс в технологии выращивания AlN материалов, и в настоящее время нитриды являются основой для создания эффективных светодиодов, лазеров и фотодиодов видимого и ультрафиолетового диапазонов, а также мощных СВЧ транзисторов. Большая часть светодиодного освещения, используемого в быту, промышленности и на улицах изготовлена на основе этих материалов. Нитрид индия (InN) является наименее изученный из полупроводниковых нитридов металлов III группы. Только в 2002 г. было установлено, что этот прямозонный полупроводник при комнатной температуре имеет ширину запрещенной зоны  $E_g \sim 0.64$  эВ, лежащую в инфракрасной (ИК) области спектра. Это открыло перспективы расширения спектрального диапазона работы оптических приборов на основе нитридов до ИК, а также практического использования InN и твердых растворов на его основе в электронике, фотонике и солнечной энергетике. Однако трудности приборных применений InN связаны с все еще низким качеством выращиваемых эпитаксиальных слоев, обладающих большой концентрацией электрически активных примесей и дефектов, а также с трудностями получения этого материала с дырочным типом проводимости.

В рамках работы планируется развитие технологии получения высококачественных слоёв InN методом молекулярно-пучковой эпитаксии с плазменной активацией азота с целью улучшения их фотоприёмных, люминесцентных и транспортных характеристик.

## Морозов Сергей Вячеславович

к.ф.-м.н., зав. лаб. отд. 110

к. 262, т. 417–94–82 (+262), [more@ipmras.ru](mailto:more@ipmras.ru)



### Длинноволновые лазеры на основе наногетероструктур $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}/\text{Cd}_y\text{Hg}_{1-y}\text{Te}$

Наногетероструктуры на основе твердых растворов  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  представляют собой перспективный материал для создания компактных полупроводниковых лазеров на диапазон длин волн 20 – 50 мкм. Данный диапазон недоступен для квантово-каскадных лазеров на основе соединений АЗВ5 ввиду сильного решеточного поглощения. К настоящему времени единственными источниками когерентного излучения в диапазоне длин волн 20 – 50 мкм остаются диффузионные лазеры на основе халькогенидов свинца-олова, которые характеризуются низкой мощностью и низкими рабочими температурами. С другой стороны, структуры на основе  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , выращенные методом молекулярно-лучевой эпитаксии, обладают рядом технологических преимуществ, основным из которых является возможность контролируемого роста гетероструктур с квантовыми ямами. Варьирование параметров квантовых ям позволяет управлять шириной запрещенной зоны и гибко «подстраивать» энергетический спектр носителей, в том числе делая его «графеноподобным», что способствует подавлению безызлучательных механизмов рекомбинации. В настоящее время нами получено стимулированное излучение на рекордной длине волны 10.2 мкм. В задачи работы входит разработка дизайнов волноводных структур с квантовыми ямами на основе  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  для дальнейшего увеличения длины волны генерации, получение стимулированного излучения и экспериментальное исследование его спектральных и мощностных характеристик.

## Румянцев Владимир Владимирович

к.ф.-м.н., нс отд. 110

к. 262, т. 417–94–82 (+262), [rumyantsev@ipmras.ru](mailto:rumyantsev@ipmras.ru)



### Исследование процессов рекомбинации носителей заряда в узкозонных структурах на основе твердых растворов $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$

Твердые растворы  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  – лидирующий материал при создании фотоэлектрических детекторов среднего ИК диапазона (окна прозрачности атмосферы 3 – 5 мкм, 8 – 14 мкм). Недавние работы показывают, что наногетероструктуры на основе твердых растворов  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  оказываются перспективными и при разработке длинноволновых лазеров. В обоих случаях ключевым является вопрос о времени жизни носителей в материале, так как оно определяет потенциальную чувствительность приемника и пороговую мощность накачки, необходимую для создания инверсии населенности в активной среде лазера. Несмотря на существенный прогресс в технологии роста, проблема снижения влияния примесей и дефектов на времена жизни носителей в твердых растворах  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  все еще актуальна, в особенности для узкозонных материалов (ширина запрещенной зоны менее 100 мэВ,  $x < 0.2$ ). Кроме того, остается открытым вопрос о роли оже-рекомбинации в условиях высокой концентрации носителей, который становится особенно важным при разработке лазеров. Обзор литературных данных показывает, что процессы оже-рекомбинации требуют экспериментального исследования, а их теоретическое описание – дальнейшего совершенствования. В работе предполагается детальное исследование процессов рекомбинации

носителей в узкозонных твердых растворах  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  и гетероструктурах с квантовыми ямами на их основе в широком интервале температур и интенсивностей возбуждения с помощью разрешенных по времени исследований фотопроводимости и фотолюминесценции, а также методом pump-probe с использованием лазера на свободных электронах HZDR FELBE (Дрезден, Германия).

## Степихова Маргарита Владимировна

к.ф.-м.н., нс отд. 110

к. 273, т. 417-94-82 (+273), [mst@ipmras.ru](mailto:mst@ipmras.ru)



### **Резонансные и нерезонансные механизмы усиления люминесцентного отклика кремниевых структур в низкоразмерных резонаторах на базе фотонных кристаллов**

Работа предполагает проведение экспериментальных исследований фотонно-кристаллических резонаторов, сформированных на базе кремниевых структур с наноструктурами Ge(Si). Методом микро-фотолюминесценции с высоким пространственным (до 2 мкм) и спектральным (до 0,1 нм) разрешением будут исследованы фотонно-кристаллические резонаторы с варьируемыми параметрами, как фотонного кристалла, так и дефекта в фотонном кристалле, формирующего резонатор, изучены условия резонансного и нерезонансного механизмов усиления сигнала фотолюминесценции наноструктур Ge(Si) в таких резонаторах. Для интерпретации полученных экспериментальных данных в рамках работы будет проведен теоретический расчет зонной структуры исследуемых фотонных кристаллов и низкоразмерных резонаторов, формируемых на их основе.

## Юрасов Дмитрий Владимирович

к.ф.-м.н., нс лаб. 114 отд. 110

к. 102, т. 417-94-80 (+102), [Inquisitor@ipmras.ru](mailto:Inquisitor@ipmras.ru)



### **Формирование и свойства высококачественных слоев германия для кремниевой оптоэлектроники**

Одной из актуальной проблем развития современной кремниевой нано- и оптоэлектроники является интеграция на кремниевой подложке устройств на основе германия (Ge). Ge по целому ряду своих параметров превосходит кремний, что позволяет создавать на его основе быстродействующие транзисторы, приемники и источники излучения ближнего ИК диапазона. Но для интеграции приборов на основе Ge с традиционной кремниевой технологией необходимо решить задачу получения на Si(001) подложках тонких (1 мкм и менее) высококачественных слоев Ge и их селективного легирования донорами. Решению этих задач и посвящена предлагаемая курсовая работа.

Работа является, в основном, экспериментальной и предполагает освоение современного технологического оборудования эпитаксии полупроводниковых SiGe гетероструктур и анализ результатов исследований, полученных структур широким набором методов. В настоящей работе предполагается проведение исследования возможностей роста методом молекулярно-пучковой эпитаксии на Si(001) подложках релаксированных и растянутых Ge слоев высокого кристаллического качества, изучение способов внедрения доноров в Ge матрицу без деградации структур, формирование образцов для потенциальных приборных применений.

# Яблонский Артем Николаевич

к.ф.-м.н., СИС отд. 110

к. 261, т. 417–94–82 (+261), [yablonsk@ipmras.ru](mailto:yablonsk@ipmras.ru)



## **Спектральные и кинетические исследования люминесцентных свойств полупроводниковых наноструктур**

Работа посвящена экспериментальному исследованию люминесцентных свойств полупроводниковых наноструктур, излучающих в ближнем инфракрасном спектральном диапазоне. В качестве объектов исследования будут рассмотрены: структуры с пространственно упорядоченными Ge(Si) nanoостровками и фотонными кристаллами на их основе; одноосно и двухосно растянутые микроструктуры на основе слоев Ge; структуры с нитевидными нанокристаллами («вискерами») InAsP/InP и GaAs/AlGaAs; эпитаксиальные структуры InN.

В ходе работы предполагается ознакомление с такими современными методами исследования как:

- спектроскопия фотолюминесценции видимого и инфракрасного диапазона с наносекундным временным разрешением;
- спектроскопия возбуждения фотолюминесценции с использованием перестраиваемых по длине волны лазерных источников излучения;
- спектроскопия микро-фотолюминесценции с пространственным разрешением 1-2 нм;
- измерения при криогенных температурах и исследования температурных зависимостей фотолюминесценции в диапазоне от 4.2 до 300 К;
- исследование стимулированного излучения и лазерной генерации в полупроводниковых структурах.



### **Аладышкин Алексей Юрьевич, Уставщиков Сергей Сергеевич**

к.ф.-м.н., снс отд. 120

к. 026, т. 417-94-85 (+257, +258, +311), [aladyshkin@ipmras.ru](mailto:aladyshkin@ipmras.ru)



#### **Измерение глубины проникновения магнитного поля в сверхпроводящих наноструктурах методом низкотемпературной резонансной СВЧ спектроскопии**

Измерение температурной зависимости глубины проникновения магнитного поля в тонкопленочных сверхпроводящих структурах является одной из важных методик диагностики сверхпроводящего состояния. В рамках предлагаемой работы предполагается участие в модернизации исследовательской установки, разработка автоматизированной системы сбора данных, непосредственное проведение измерений, анализ результатов, знакомство с математическими пакетами LabView, Matlab и Python. Студент при должном усердии получит практический опыт работы в области криогенной техники, методов СВЧ измерений, знакомство с базовыми теориями сверхпроводимости (Гинзбурга-Ландау и Бардина-Купера-Шриффера) и навыки анализа полученных данных. Работа проводится в рамках исследовательских проектов ИФМ РАН.



#### **Исследование квантово-размерных эффектов в ультратонких пленках свинца методами сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии**



Хорошо известно, что спектр энергии электрона в ультратонких металлических пленках отличается от спектра энергии свободной частицы из-за наличия границ (иначе говоря, локализации волновой функции частицы). В рамках предлагаемой работы предполагается участие в напылении тонкопленочных металлических структур (Pb, In), проведении измерений методами сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии и анализе результатов. Студент получит представление о современной вакуумной и криогенной технике, методиках создания образцов и исследования их методом СТМ.

### **Самохвалов Алексей Владимирович\*, Мельников Александр Сергеевич**

\*д.ф.-м.н., снс отд. 120

т. (831) 417-94-85



#### **Гибридные наноструктуры в сверхпроводящей спинтронике**

Работа предполагает теоретическое изучение взаимодействия сверхпроводимости, спин-орбитальной связи и обменного поля в модельных гибридных структурах с эффектом близости: сверхпроводник-ферромагнетик или сверхпроводник-топологический изолятор. Спин-орбитальная связь в сочетании с магнитным обменным полем может способствовать образованию необычного неоднородного сверхпроводящего состояния, которое крайне интересно для изучения взаимодействия между магнетизмом и сверхпроводимостью, приводит к образованию



джозефсоновского перехода со спонтанной разностью фаз в основном состоянии и играет важную роль в физике майорановских фермионов.

## **Вадимов Василий Львович\*, Мельников Александр Сергеевич**

\*мнс отд. 120

к. 256, [vvadimov@ipmras.ru](mailto:vvadimov@ipmras.ru)



### **Когерентная динамика гибридных сверхпроводящих и сверхтекучих систем**

Предлагается теоретически исследовать колебания сверхпроводящего параметра порядка (моды Хиггса) в различных сверхпроводящих системах при низких температурах. Работа включает в себя изучение механизмов возбуждения и детектирования Хиггсовских мод.

## **Копасов Александр Андреевич\*, Мельников Александр Сергеевич**

\*мнс отд. 120

к. 256, [kopasov@ipmras.ru](mailto:kopasov@ipmras.ru)



### **Индукцированная сверхпроводимость в полупроводниковых нанопроводах**

Полупроводниковые нанопровода покрытые сверхпроводящей оболочкой на сегодняшний день являются одной из самых перспективных платформ для поиска майорановских состояний в твердотельных системах. В данной работе предлагается теоретический расчет топологических фазовых диаграмм таких гетероструктур, а также исследование их транспортных и магнитных свойств.

## **Клушин Александр Моисеевич**

д.ф.-м.н., зав.лаб. отд. 120

к. 225, т.417-94-83, [a\\_klushin@ipmras.ru](mailto:a_klushin@ipmras.ru)



### **Синхронизация джозефсоновских контактов электромагнитным полем**



Работа предполагает изучение взаимодействия массивов джозефсоновских контактов с электромагнитным излучением мм диапазона волн. Цель работы: создания новых устройств для квантовой метрологии постоянного и переменного напряжений, работающих при температуре жидкого азота (77 К). Планируется численное моделирование и экспериментальное исследование тонкопленочных микроволновых линий передачи с встроенными джозефсоновскими контактами из высокотемпературных сверхпроводников в частотном диапазоне до 100 ГГц.



### **Джозефсоновские генераторы терагерцового диапазона частот**



Работа направлена на исследование возможности построения генератора непрерывного излучения терагерцового диапазона частот на массивах большого числа тонкопленочных дискретных джозефсоновских контактов с размерами, значительно превышающими длину излучаемой волны. Планируется численное моделирование и экспериментальное исследование ансамблей джозефсоновских контактов излучающих перпендикулярно плоскости подложки, т.е. ансамблей, в

которых будет выживать в основном мода с нулевым продольным индексом и которая, тем не менее, будет фазирована со всеми джозефсоновскими цепочками.



### **Эффект Джозефсона в двухслойных структурах сверхпроводник-нормальный металл**

Изучение эффекта близости в двухслойных структурах сверхпроводник (S) – нормальный металл (N). Разработка технологии создания SN мостиков нанометровых размеров из нитрида ниобия и алюминия, серебра или золота. Изучение стационарного и нестационарного эффектов Джозефсона в таких структурах при температурах до 1 К.

## **Мионов Сергей Викторович**

к.ф.-м.н., снс отд. 120

к. 257, т. +7 951 9142322, [svmironov@ipmras.ru](mailto:svmironov@ipmras.ru)



### **Сверхпроводниковая оптофлаксонаика**

Целью работы является разработка теоретических основ нового направления физики конденсированных сред, находящегося на стыке оптики, сверхпроводимости и магнетизма – сверхпроводниковой оптофлаксонаики. Работа предполагает теоретическое изучение механизмов оптического управления бездиссипативными токами и топологически защищенными магнитными состояниями в сверхпроводящих системах. Результаты могут быть использованы для разработки сверхбыстрых ячеек памяти и элементов управления зарядовыми и спиновыми токами в криоэлектронике и спинтронике

## **Новиков Михаил Афанасьевич**

к.ф.-м.н., внс отд. 120

к. 234, т. +7 920 2529398, [mnovik@ipmras.ru](mailto:mnovik@ipmras.ru)



### **Тепловое излучение хиральных сред - дистанционный метод регистрации наличия жизни в космосе, предполагая её гомохиральность**



На первом этапе работа теоретическая, а на втором предполагается создание оптической экспериментальной установки для проверки полученных результатов теоретических расчетов.

## **Савинов Денис Александрович**

к.ф.-м.н., нс отд. 120

к. 257, т. 417–94–85 (+257), [savinovda@ipmras.ru](mailto:savinovda@ipmras.ru)



### **Влияние эффекта ионной имплантации на пространственную модуляцию характеристик беспорядка тонкопленочных наноструктур и сверхпроводящий фазовый переход в сильных магнитных полях.**

В работе предстоит изучить фундаментальные основы теории сверхпроводников (основные определения и свойства), а затем выполнить транспортные измерения узких сверхпроводящих мостиков на основе YBaCuO в широком интервале магнитных полей. Основные этапы эксперимента:

- выполнение микросварки четырехточечной радиотехнической схемы на узких сверхпроводящих мостиках;
- измерение полевой зависимости электрического сопротивления мостиков при заданной температуре; определение второго критического магнитного поля по заданному уровню измеренного сопротивления;
- обработка экспериментальных данных - определение линии фазового перехода мостиков на плоскости магнитное поле-температура (планируется экспериментально изучить данные зависимости для мостиков с разной степенью имплантированных ионов кислорода);
- сравнение экспериментальных данных с типичными теоретическими зависимостями.

## Токман Иосиф Давидович

к.ф.-м.н., СИС отд. 120

к. 227, т. +7 903 6064080, [tokman@ipmras.ru](mailto:tokman@ipmras.ru)



### **Намагничивание графена переменными электромагнитными полями терагерцового диапазона.**

Требуется рассчитать нелинейный ток намагничивания, определяющий обратный эффект Фарадея.

## Королёв Сергей Александрович

к.ф.-м.н., мнс отд. 140

к. 255, [pesh@ipmras.ru](mailto:pesh@ipmras.ru)



### Эксперименты по созданию радара с частотной модуляцией непрерывного излучения миллиметрового диапазона

Бурное развитие сверхвысокочастотной техники приводит к тому, что появляется возможность расширять диапазон используемых в настоящее время приборов, открывая новые возможности их применения. Одним из таких приборов является радар с частотной модуляцией непрерывного излучения. Расширение диапазона требует использования качественно новых компонентов, характеристики которых не до конца изучены, что составляет основную сложность в создании таких систем.

В рамках данной работы предлагается провести серию экспериментов, целью которых является оценка и уточнение характеристик имеющихся и необходимых компонентов радара, что впоследствии позволит создать соответствующий экспериментальный стенд.

## Пахомов Георгий Львович

к.х.н., снс отд. 140

к. 203, т. 417–94–59, [pakhomov@ipmras.ru](mailto:pakhomov@ipmras.ru)



### Гибридные фотовольтаические преобразователи

Эксперименты по получению фоточувствительных многослойных тонкоплёночных гетероструктур на основе молекулярных и гибридных материалов. Строение гетероструктур исследуется различными аналитическими методами, на основании фотоэлектрических измерений рассчитываются фотовольтаические параметры. Задачей является повышение эффективности фотопреобразования за счёт применения новых материалов и компоновки преобразователя.

## Юнин Павел Андреевич

к.ф.-м.н., нс отд. 140

к. 238, т. 417–94–59, [yunin@ipmras.ru](mailto:yunin@ipmras.ru)



### Исследование особенностей эпитаксии GaN на а-срезе сапфира

Курсовая работа предполагает участие в исследованиях структурных и электрофизических свойств слоев нитрида галлия, выращенных на подложках а-среза сапфира методом металлоорганической газофазной эпитаксии. Возможно участие в технологических процессах получения и подготовки эпитаксиальных структур, проведение рентгенодифракционных исследований и электрофизических измерений, выполнение кристаллофизических расчетов, обработка и интерпретация результатов.

# Востоков Николай Владимирович

к.ф.-м.н., нс отд. 140

к. 204, т. 417-94-92, [vostokov@ipm.sci-nnov.ru](mailto:vostokov@ipm.sci-nnov.ru)



## **Вертикальный полевой транзистор с управляющим p-n переходом на основе GaAs**



Работа посвящена созданию нового силового GaAs полевого транзистора с вертикальным каналом, управляемым p-n переходом. Предполагается проведение теоретических (численное моделирование) и экспериментальных исследований транспортных процессов протекающих в разрабатываемых транзисторных структурах.

## Гусев Сергей Александрович

к.ф.-м.н., внс отд.150

к. 122, т. 417–94–89 (+122), [gusev@ipmras.ru](mailto:gusev@ipmras.ru)



### Исследование наноструктур методами аналитической электронной микроскопии (АЭМ)



В работе предлагается провести исследование влияния структурных характеристик наноразмерных систем, которые могут быть сформированы из различных материалов (одиночные и многослойные металлические структуры, многослойные элементы рентгеновской оптики, нанотрубки и т.п.) на магнитные, оптические или электрические свойства. На выбор студенту предлагается несколько тем:

- Диагностика структур (металлических, полупроводниковых ...) методом спектроскопии характеристических потерь электронов (EELS в англоязычной литературе), что подразумевает получение информации о пространственном распределении элементов в образце, их количественном составе; изучение ближнего порядка в расположении атомов; анализ магнитных характеристик пленок с применением нового метода хирального магнитного дихроизма с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Содержание работы: эксперимент + компьютерная обработка результатов, моделирование спектров и ТЕМ изображений.
- Исследование структурных превращений в металлических пленках при ионной либо термической обработке методами высокоразрешающей ПЭМ и электронного микрофракционного анализа. Содержание работы: эксперимент + компьютерная обработка результатов и моделирование изображений высокого разрешения (информационный предел разрешения у нас 0,12 нм).
- Растровая (сканирующая) электронная микроскопия наноструктур. Предлагается освоить методы диагностики и провести экспериментальные исследования структур на основе тонких пленок или допированных металлами многослойных углеродных нанотрубок с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Задача состоит в изучении структурных и морфологических особенностей этих объектов в зависимости от их состава и способа получения. Требуется объяснить особенности контраста СЭМ изображений, полученных с помощью разных детекторов, что предполагает разработку (или освоение существующих) методов моделирования изображений.

Общие требования к студентам — знание английского языка, основ кристаллографии, аккуратность и регулярность посещений. Особо поощряется тяга к программированию (есть большая библиотека лицензионного и свободного программного обеспечения для обработки изображений и спектров, возможно написание оригинальных скриптов).

## Караштин Евгений Анатольевич

к.ф.-м.н., нс отд. 150

к. 121, т. 417–94–88, [eugenk@ipmras.ru](mailto:eugenk@ipmras.ru)



### **Поверхностные спиновые волны в неоднородно намагниченных системах**



Предлагается провести теоретические исследования и микромагнитное моделирование собственных колебаний неоднородно намагниченных ферромагнитных наноструктур различного типа. В частности, внимание будет уделено поиску эффектов, связанных с невзаимным распространением спиновых волн, в локально модифицированных слоях с перпендикулярной магнитной анизотропией, а также в дискретных системах, состоящих из нескольких однородно намагниченных наночастиц, образующих неоднородное распределение намагниченности.

Работа будет выполняться в рамках проекта РФФ «Магнитно-резонансная силовая микроскопия ферромагнитных наноструктур».

## Мионов Виктор Леонидович

д.ф.-м.н., внс отд. 150

к. 121, т. 417–94–88, [mirosov@ipmras.ru](mailto:mirosov@ipmras.ru)



### **Разработка элементов магнитной логики на основе массивов ферромагнитных наночастиц и нанопроволок**



В работе предполагается проведение теоретических (расчеты и микромагнитное моделирование) и экспериментальных (магнитно-силовая микроскопия) исследований процессов перемагничивания сложно организованных массивов, состоящих из ферромагнитных наночастиц и нанопроволок, во внешних магнитных полях.



### **Исследование магнитных состояний и ферромагнитного резонанса в планарных магнитных наноструктурах**



В работе предполагается проведение теоретических (расчеты и микромагнитное моделирование) и экспериментальных (магнитно-силовая микроскопия, ФМР-спектроскопия) исследований магнитных состояний и явления ферромагнитного резонанса в массивах многослойных ферромагнитных наночастиц, упорядоченных на двумерных решетках с различной пространственной симметрией.



### **Магнитно-силовая микроскопия искусственных (паттернированных) ферромагнитных наноструктур**



В работе предполагается проведение теоретических (расчеты и микромагнитное моделирование) и экспериментальных (магнитно-силовая микроскопия) исследований магнитных состояний и процессов перемагничивания сложно организованных (многослойные частицы различной формы) планарных массивов ферромагнитных наночастиц.





### **Разработка стенда магнитно-резонансной микроскопии и отработка методик локальных микроволновых исследований ферромагнитных наноструктур**

Предполагается экспериментальная деятельность по отработке методик магнитно-резонансной силовой микроскопии и проведение экспериментальных исследований локальных СВЧ свойств широкого круга тонкопленочных ферромагнитных наноструктур.

## **Сапожников Максим Викторович**

к.ф.-м.н., снс отд. 150

к. 122, т. 417-94-73 (+122), [msap@ipmras.ru](mailto:msap@ipmras.ru)



### **Магнитооптика магнитных пленок и наноструктур**



В рамках работы предстоит освоить технику проведения стандартных магнитооптических измерений (эффект Керра и Фарадея) кривых намагничивания магнитных пленок. Предстоит принять участие в создании установки для проведения магнитооптических измерений при низкой температуре. Планируется исследовать магнитные свойства многослойных магнитных пленок Co/Pt и наноструктур на их основе. В случае активной работы возможна публикация результатов в научном журнале.

## **Удалов Олег Георгиевич**

к.ф.-м.н., нс отд. 150

к. 121, т. 417-94-88, [udalov@ipmras.ru](mailto:udalov@ipmras.ru)



### **Моделирование гибридных наноструктур сегнетоэлектрик/ферромагнетик**



Будет проводиться численное моделирование поведения латерально-ограниченных магнитных наноструктур, выращенных на поверхности подложки сегнетоэлектрика.

Будут определены возможности управления магнитным состоянием таких структур с помощью электрических полей.



### **Поверхностный магнито-электрический эффект в магнитных оксидах**

В работе будет проведено исследование влияния электрического поля на поверхностное магнитное состояние магнитных оксидов.

## Вакс Владимир Лейбович

к.ф.-м.н., зав. отд. 160

к. 182, т. 417–94–57, [vax@ipmras.ru](mailto:vax@ipmras.ru)



### **Применение методов нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона для медицинской диагностики на основе анализа выдыхаемого воздуха и запахов**

В работе предполагается разработка методов повышения чувствительности спектрального анализа для экспериментального исследования состава выдыхаемого воздуха, а также запахов тканей и органов методами нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона с целью выявления характерных комбинаций молекул-маркеров для последующего использования в неинвазивной медицинской диагностике.



### **Математическое моделирование спектра ДНК с заданным коэффициентом специфичности**



Терагерцевая спектроскопия является перспективным методом исследования пространственной структуры молекул: электромагнитные поля в терагерцевом (ТГц) диапазоне частот не повреждают биологические молекулы, кроме того, спектры поглощения высокочувствительны к особенностям структуры молекулы. При этом интерпретация ТГц спектров биомолекул является очень сложной задачей.

Интересным модельным объектом для ТГц спектроскопии является молекула ДНК. Во-первых, высокая пространственная регулярность молекулы позволяет моделировать ее цепочкой связанных осцилляторов. Во-вторых, у ДНК есть несколько независимых параметров, например, длина цепочки, период двойной спирали и так называемый коэффициент специфичности (константа, зависящая от биологического вида, которому принадлежала исследуемая ДНК).

В рамках данной работы предполагается моделирование зависимости ТГц спектра ДНК от соотношения ГЦ/АТ пар в молекуле.



### **Изучение взаимодействия ТГц излучения с плоско-слоистыми диэлектрическими структурами, включающими крупные органические молекулы**

В терагерцевой спектроскопии биологических жидкостей наиболее удобно работать с образцами в виде тонких пленок на прозрачных подложках, либо с образцами в виде плоского слоя жидкости, ограниченного стенками измерительных кювет из различных диэлектрических материалов.

Суть работы заключается в формулировке теоретической концепции прохождения ТГц излучения через плоско-слоистые диэлектрические структуры, содержащие биомолекулы, для оценки оптических свойств данных структур в ТГц диапазоне с использованием как справочных, так и полученных в эксперименте данных. Также предлагается освоение программных методов расчета параметров плоско-слоистых диэлектриков.



### **Способы повышения производительности метода терагерцевой спектроскопии высокого разрешения для биомедицинских задач**

Работа включает несколько основных задач - повышение чувствительности и точности метода, автоматизацию спектроскопических измерений для образцов в виде растворов. Может рассматриваться одна из задач на выбор более подробно.

Для примера, одним из способов повышения чувствительности является использование открытых высокочастотных резонаторов (ВР). ВР активно используются в ИК, видимом и УФ диапазонах для анализа одно/двухкомпонентных газов. Также известны научные работы по измерению характеристик тонких диэлектрических пленок в миллиметровом диапазоне длин волн с применением ВР.

Курсовая работа предполагает анализ литературы, изучение методов обработки результатов физического эксперимента, принципов работы с приборами, оптимизацию схемы существующей измерительной установки или разработку новой схемы, написание программного обеспечения для автоматического сбора необходимых данных и записи спектров, а также проведение тестовых измерений и, при необходимости, теоретическое обоснование полученных результатов.



### **Экспериментальное исследование конформеров биологических молекул с использованием методов ТГц спектроскопии**

ТГц спектр биомолекул обусловлен низкочастотными колебаниями, представляющими собой коллективные движения больших групп атомов, образующих молекулу. Вследствие своей «коллективной» природы такие колебания чувствительны к пространственной структуре молекул (конформации) и их внешнему окружению. При этом конформационная гибкость биомолекул (ДНК, РНК, белки, витамины, и т.д.) напрямую связана со способностью молекулы менять взаимное расположение отдельных частей внутри структуры, и поэтому играет важную роль в биохимических реакциях.

В эксперименте можно выявить характерные полосы поглощения, отвечающие молекулам определенной конформации. Для этого нужно иметь представление о характере взаимодействий, дающих вклад в низкочастотный спектр конкретной биомолекулы, и разработать методику проведения эксперимента по выявлению «конформационных маркеров».



### **Изучение механизмов генерации и приема ТГц и ИК излучения с помощью квантовых полупроводниковых сверхрешеток.**

Наиболее перспективными материалами для разработки источников терагерцового (ТГц) излучения и высокочувствительных приемных систем ТГц и ИК диапазонов являются квантовые полупроводниковые сверхрешетки (КПСР). КПСР представляет собой многослойную периодическую структуру, в которой за счет чередования материалов или изменяющегося легирования возникает дополнительный периодический потенциал. В периодическом потенциале энергетический спектр электронов представляется совокупностью относительно узких энергетических минизон, движение электронов в которых сильно нелинейно. Такие материалы обладают уникальными возможностями для создания приборов ТГц и ИК диапазонов. Предлагаемая работа включает себя как основные методы расчета зонной структуры и параметров КПСР, так и экспериментальные исследования созданных образцов.



## **Исследование динамики химических реакций с помощью методов нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона**

ТГц спектроскопия позволяет проводить быстрые и высокоточные измерения концентраций веществ в газовой смеси. Это можно успешно применять для исследования динамики протекания химических реакций, в том числе и протекающих очень быстро - за десятки миллисекунд, и изучения не только того, как меняется концентрация того или иного продукта или промежуточного соединения, но и пути протекания и стадийность химических реакций.

В работе предполагается исследование динамики химических процессов с использованием методов нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона. В рамках этой работы пригодятся знания по электродинамике, квантовой физике, химии, численным методам и, возможно, желание участвовать в разработке и модификации частей измерительного комплекса.

## **Панкратов Андрей Леонидович**

д.ф.-м.н., внс отд. 160

к. 155, т. +7 905 1913223, [alp@ipmras.ru](mailto:alp@ipmras.ru)



## **Шумы и флуктуации в джозефсоновских устройствах. Теория и эксперимент**



Аналитически, численно и экспериментально исследуются различные нелинейные флуктуационные явления в устройствах на основе джозефсоновских контактов, таких как ТГц генераторы, детекторы для считывания сигналов с кубитов, однофотонные детекторы ТГц диапазона.



В качестве моделей используются различные нелинейные дифференциальные уравнения в обыкновенных и частных производных с шумовыми источниками. Поскольку задачи являются вычислительно сложными, подразумевается написание эффективных неявных численных схем и распараллеливание под OpenMP и MPI. Экспериментальные исследования проводятся с использованием современных криостатов замкнутого цикла ИФМ РАН и Центра криогенной наноэлектроники НГТУ на температуры от 4К, от 0.3К, от 0.01 К.

Цель работы - выработать рекомендации по снижению влияния шумов и флуктуаций на конкретные устройства джозефсоновской электроники.

## Люди

**Денис Андреевич Рыжов**

Тел.: 417–94–59

Е-mail: [ryzhov@ipmras.ru](mailto:ryzhov@ipmras.ru)

**Дмитрий Аркадьевич Татарский**

Тел.: 417–94–89

Е-mail: [tatarsky@ipmras.ru](mailto:tatarsky@ipmras.ru)

## Сайты



**ИФМ РАН**

<http://ipmras.ru>



**Кафедра «Физика наноструктур и наноэлектроника»**

<http://www.pnn.unn.ru/>



**Группа ИФМ РАН ВКонтакте**

<http://vk.com/ipmras>

## Адрес

ул. Академическая, д. 7, д. Афоново, Нижегородская обл., Кстовский район, 607680, Россия.

## Электронный вариант сборника

<http://www.pnn.unn.ru/UserFiles/docs/topics.pdf>





# Схема проезда

**ост. Академическая**  
авт. 2, 40, 45, 52, 61, 72, 85, 90, 204, 225, 230  
т. 18, 24, 34, 45, 57, 74, 78, 83, 304, 371

маршрут проезда  
на автомобиле

маршрут движения  
пешком

940 метров  
от ост. Технический  
университет

260 метров  
от ост. Сады

**АВТОКОНТИНЕНТ**  
автосалон Renault

**ИФМ РАН**

**Центр Авто**  
автосалон Skoda

**ост. Микрорайон Красная поляна**  
авт. 225  
т. 83, 302, 304, 371

