

Институт физики микроструктур РАН

Межфакультетская базовая кафедра ННГУ
«Физика наноструктур и наноэлектроника»

Темы курсовых работ

2021

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.

Байдакова Наталия Алексеевна

к.ф.-м.н., нс отд. 110

к.263, т. 417-94-82 (+263), banatale@ipmras.ru



Исследование излучательных свойств локально деформированных Ge микроструктур для Si-совместимых источников излучения ближнего ИК диапазона

Одним из главных трендов развития современной электроники является интеграция на Si пластине электронных и фотонных компонентов. Для решения данной задачи необходимо создание Si-совместимого коммерчески доступного эффективного источника излучения ближнего ИК диапазона, наиболее оптимального для оптической передачи данных.

Одним из перспективных вариантов решения данной проблемы является разработка светоизлучающих устройств на основе Ge, поскольку Ge хорошо совместим с существующей КМОП технологией микроэлектроники. Ge по целому ряду своих параметров превосходит кремний, однако, он, также как и Si, является непрямозонным полупроводником, что приводит к значительно более низкой эффективности его как светоизлучающего материала по сравнению с прямозонными полупроводниками. Одним из подходов к инженерии свойств Ge является модификация его зонной структуры за счет деформации, что может существенно улучшить его излучательные свойства.

Работа будет посвящена исследованию излучательных свойств локально напряженных микроструктур ("микромостиков") на основе легированных слоев Ge.

Работа является в основном экспериментальной и предполагает освоение набора разнообразных спектроскопических методик, а также близкое взаимодействие с технологами и теоретиками.

Работа может выполняться как на 3-4 курсе (диплом бакалавра), так и на 5-6 курсе (диплом магистра).

Жолудев Максим Сергеевич

к.ф.-м.н., нс отд. 110

к. 262, т. +79040530147, zholudev@ipmras.ru



Расчёт зонного спектра сверхрешёток на основе узкозонных соединений CdHgTe

Сверхрешётки – это, по сути, искусственные кристаллы, где в роли «элементарной ячейки» выступает периодически повторяющаяся структура, содержащая одну или несколько квантовых ям. Выбирая химический состав и размеры слоёв в этой структуре можно управлять дисперсией зон такого кристалла. Материал CdHgTe имеет ряд особенностей, которые делают задачу ещё интереснее, например, можно получить полупроводник с нулевой запрещённой зоной или «металл», в котором одновременно присутствуют электроны и дырки.

Студентам предлагается освоить методы расчёта зонного спектра таких образцов путём решения уравнения Шрёдингера. Далее можно будет изучать как этот спектр зависит от структуры слоёв внутри периода. Если будут предсказаны какие-то интересные или полезные эффекты, то соответствующие образцы будут изготовлены и изучены экспериментально.

Работа ориентирована на студентов магистратуры



Расчёт спектра примесных состояний в узкозонных полупроводниковых структурах на основе соединений CdHgTe

В узкозонных полупроводниках, таких как CdHgTe, энергия ионизации примесей сравнима с расстоянием между зонами. Из-за этого примесные уровни могут попадать внутрь соседних зон, образуя резонансные (квазилокализованные) уровни, которые сильно влияют на движение носителей заряда и их взаимодействие с электромагнитным излучением и друг с другом. Теоретическое описание таких состояний – очень интересная математическая задача, требующая знаний из области дифференциальных уравнений, линейной алгебры и теории групп.

Студентам предлагается освоить методы расчёта энергетического спектра как локализованных, так и резонансных примесных состояний путём решения уравнения Шрёдингера. Результаты расчётов будут использоваться для анализа экспериментальных данных и проектирования новых приборов.

Работа ориентирована на студентов магистратуры

Морозов Сергей Вячеславович

к.ф.-м.н., зав. лаб. отд. 110

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



Терагерцовые и мультитерагерцовые лазеры на основе наноструктур с квазирелятивистским законом дисперсии носителей



Работа посвящена разработке дизайнов и исследованиям характеристик излучения терагерцовых и мультитерагерцовых (длина волны 10 – 100 мкм) лазеров на основе наноструктур с квазирелятивистским законом дисперсии носителей. В то же время, растущий интерес к терагерцовому излучению требует создания следующего поколения источников, основанных на новых физических эффектах. Одним из таких эффектов является наблюдаемая в узкозонных полупроводниковых структурах квазирелятивистская (гиперболическая) дисперсия носителей. Как показали последние работы, гиперболическая дисперсия позволяет как улучшить характеристики существующих квантово каскадных лазеров, так и существенно увеличить длину волны генерации диодов. Данная работа предполагает теоретические и экспериментальные исследования новых лазерных структур терагерцового и мультитерагерцового диапазона.

Работа ориентирована на студентов 4-5 курса.



Лазеры на основе наноструктур с квантовыми ямами HgTe/CdHgTe для окна прозрачности атмосферы 3-5 мкм



Работа посвящена разработке дизайнов и исследованиям характеристик излучения лазеров с длиной волны 3-5 мкм. Диапазон от 3 до 5 мкм соответствует минимуму поглощения атмосферы и имеет огромную прикладную значимость, т.к. используется для измерения концентрации распространенных загрязняющих веществ в воздухе и

поиска утечек метана. Основной задачей работы является развитие инновационных лазеров на основе гетероструктур HgTe/CdHgTe: повышение рабочих температур, уменьшение пороговых характеристик и реализация токовой накачки. В ходе работы будут проводиться теоретические расчеты зонной структуры гетеропереходов и экспериментальные исследования стимулированного излучения, проводимые в тесном сотрудничестве с технологическими группами.

Работа ориентирована на студентов 4-5 курса.



Исследование времен жизни межзонных переходов в наноструктурах с квантовыми ямами с графеноподобным законом дисперсии.

Работа посвящена исследованиям времен жизни межзонных переходов в полупроводниковых наноструктурах с законом дисперсии, близким к дисперсии графена для создания инфракрасных и терагерцовых источников и приемников излучения. Графен и родственные материалы позволяют воспроизвести в рамках физики твердого тела дисперсию ультрарелятивистских электронов со скоростями, близкими к скорости света, благодаря чему свойства носителей заряда существенно отличаются от классических представлений о процессах рекомбинации носителей в полупроводнике. В данной работе предлагается экспериментально исследовать времена жизни в наноструктурах прямыми методами кинетики релаксации фотопроводимости и фотолюминесценции и установить взаимосвязь между дисперсией и кинетикой рекомбинации носителей.

Работа ориентирована на студентов 4-5 курса.



Экспериментальное исследование генерации двумерных плазмонов в структурах на основе твердого раствора CdHgTe

Работа посвящена исследованию генерации двумерных плазмонов в структурах на основе твердого раствора CdHgTe, а ее тематика находится на стыке физики полупроводников и физики плазмы. В условиях высокой концентрации неравновесных носителей, создаваемых оптической или токовой накачкой, плазменная частота электронного газа в структурах становится сопоставимой с энергией оптического перехода в наноструктурах на основе твердого раствора CdHgTe. Как следствие, в подобных структурах может быть реализована усиленная генерация двумерных плазмонов – процесс, аналогичный лазерной генерации, однако обладающий рядом уникальных свойств, которые определяются свойствами двумерной электронной плазмы. В рамках работы предлагается исследовать спектральные, мощностные и временные характеристики излучения двумерных плазмонов. Анализ результатов позволит определить оптимальные параметры структуры для формирования плазмонов и их преобразования в стандартные оптические моды.

Степихова Маргарита Владимировна

к.ф.-м.н., снс отд. 110

к. 273, т. 417–94–82 (+273), +79101215820 mst@ipmras.ru



Резонансные явления в люминесцентном отклике фотонных структур на базе кремниевых материалов с nanoостровками Ge(Si)

Работа предполагает проведение исследований низкоразмерных резонаторов, сформированных на базе кремниевых структур, методами микро-

фотолюминесценции с высоким пространственным, спектральным и временным разрешением. В рамках задач работы будут исследованы явления усиления люминесцентного отклика активной среды в фотонных кристаллах и фотонно-кристаллических резонаторах, и резонаторах Ми, где особое внимание будет уделяться выявлению роли эффекта Парселла в наблюдаемых явлениях. Разрабатываемые структуры ориентированы на создание активных элементов в схемах оптической обработки сигнала на кремниевом чипе.

Работа рассчитана на студентов 3 и 5 курсов.

Юрасов Дмитрий Владимирович

к.ф.-м.н., снс лаб. 114 отд. 110

к. 102, т. 417–94–80 (+102), Inquisitor@ipmras.ru



Формирование и исследование массивов пространственно упорядоченных массивов Ge(Si) квантовых точек как активной среды для светоизлучающих структур ближнего ИК диапазона

Развитие современной оптоэлектроники требует интеграции на Si пластине электронных и фотонных компонентов. Основной проблемой на этом пути является отсутствие коммерчески приемлемого решения для формирования Si-совместимого источника излучения ближнего ИК диапазона, который наиболее оптимален для оптической передачи данных.

Одним из перспективных вариантов решения данной проблемы является использование SiGe гетероструктур, в частности, Ge квантовых точек (КТ), встроенных в матрицу Si. Однако, несмотря на многие преимущества такой системы (простота формирования, подходящий спектральный диапазон излучения, совместимость с существующей технологией микроэлектроники и др.), важным ее недостатком является низкая эффективность излучательной рекомбинации носителей заряда, что снижает, соответственно, и общую эффективность системы как излучателя.

Возможным способом её увеличения является встраивание активной среды с Ge КТ в т.н. "фотонные кристаллы" (ФК) – структуры, с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью. ФК с соответствующим образом подобранными параметрами позволяет, помимо прочего, значительно усиливать взаимодействие активной среды с электромагнитным полем, что приводит к многократному увеличению интенсивности излучения активной среды. Для максимизации взаимодействия активной среды с электромагнитным полем необходимо располагать излучающие объекты – Ge КТ – в максимумах электромагнитного поля. Однако при формировании Ge КТ на "стандартных" Si пластинах места зарождения КТ распределены случайным образом по площади образца. Одним из способов упорядочения КТ по площади является создание соответствующего рельефа на поверхности Si пластин.

В предлагаемой работе будут изучены условия, при которых возможно формирование массивов упорядоченных Ge КТ различной конфигурации методом молекулярно-пучковой эпитаксии на структурированных Si подложках. Будет изучено влияние параметров рельефа и условий роста на структурные характеристики КТ в массивах. Будут изучаться способы формирования ФК на таких структурах. Также предполагается изучение оптических свойств полученных структур методом фотолюминесценции.

Работа является, в основном, экспериментальной и предполагает освоение современного технологического оборудования для эпитаксии полупроводниковых материалов, литографических процессов формирования микроструктур, методов их структурных и оптических исследований.

Яблонский Артем Николаевич

к.ф.-м.н., снс отд. 110

к. 261, т. 417–94–82 (+261), +79588373124, +79519188698, yablonsk@ipmras.ru



Спектральные и кинетические исследования люминесцентных свойств полупроводниковых наноструктур

Работа посвящена экспериментальному исследованию люминесцентных свойств полупроводниковых наноструктур, излучающих в видимом и ближнем инфракрасном спектральном диапазоне. В качестве объектов исследования рассматриваются:

- структуры с двумерными фотонными кристаллами на основе слоев Ge и структур с самоформирующимися Ge(Si) наноостровками;
- локально напряженные микроструктуры ("микромостики") на основе легированных слоев Ge;
- структуры с нитевидными нанокристаллами («вискерами») InAsP/InP и GaAs/AlGaAs.

Исследования будут осуществляться с помощью следующих экспериментальных методов:

- спектроскопия фотолюминесценции видимого и инфракрасного диапазона с субнаносекундным временным разрешением;
- спектроскопия микро-фотолюминесценции с пространственным разрешением 1-2 мкм;
- спектроскопия возбуждения фотолюминесценции с использованием перестраиваемых по длине волны лазерных источников излучения;
- 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.

Работа может выполняться как на 3-4 курсе (диплом бакалавра), так и на 5-6 курсе (диплом магистра).

Аладышкин Алексей Юрьевич

к.ф.-м.н., снс отд. 120

к. 026, т. 417-94-85 (+311), aladyshkin@ipmras.ru



Исследование квантово-размерных эффектов ультратонких металлических пленках методами низкотемпературной 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 пределах металлического слоя). В рамках предлагаемой работы предполагается участие в напылении тонкопленочных металлических структур (Pb, Al) термическим методом в условиях сверхвысокого вакуума и исследовании локальных электронных свойств методами сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии, а также активное участие при анализе полученных результатов. Студент получит представление о современной вакуумной и криогенной технике, методиках создания образцов и исследования их методом СТМ.

Беспалов Антон Андреевич

к.ф.-м.н., нс отд. 120

к. 225, т. 417-94-85 (+225) bespalov@ipmras.ru



Энергетический спектр и примесные состояния в двухквантовом абрикосовском вихре

Как известно, в сверхпроводниках второго рода существуют стабильные образования в виде незатухающих циркулирующих токов, называемые вихрями Абрикосова. Обычный вихрь Абрикосова несёт один квант магнитного потока, и свойства такого вихря хорошо изучены. При определённых условиях, однако, удаётся стабилизировать необычный двухквантовый вихрь. Задача студента состоит в том, чтобы рассчитать энергетический спектр элементарных возбуждений - так называемых Боголюбовских квазичастиц - в присутствии такого вихря, а также исследовать влияние точечной примеси на этот спектр. Технически задача сводится к решению систем обыкновенных линейных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных типа уравнения Шрёдингера. В ходе выполнения работы студент ознакомится с микроскопическими уравнениями теории сверхпроводимости и освоит технику решения этих уравнений в присутствии примеси.

Мельников Александр Сергеевич

д.ф.-м.-н., зав. отд. 120

к. 256, т. 417-94-95 melnikov@ipmras.ru



Моды Хиггса в сверхпроводящих системах

Существо планируемой работы студента - теоретическое исследование когерентной динамики квантовой жидкости электронных пар в различных сверхпроводящих системах. Эти коллективные моды сверхпроводящего конденсата носят название мод Хиггса, по аналогии с бозоном Хиггса из физики элементарных частиц. Планируемые работы включают как исследование особенностей этих мод в некоторых новых материалах и структурах, так и поиск новых способов их возбуждения в различных экспериментальных ситуациях.

Мионов Сергей Викторович

к.ф.-м.н., снс отд. 120

к. 257, т. +7 951 9142322, svmironov@ipmras.ru



Сверхпроводниковая оптофлаксона

Целью работы является разработка теоретических основ нового направления физики, находящегося на стыке оптики, сверхпроводимости и магнетизма – сверхпроводниковой оптофлаксона. Работа предполагает теоретическое изучение механизмов оптического управления электрическим током и магнитными состояниями в сверхпроводящих системах. Результаты работы будут использоваться для планирования и объяснения экспериментов по взаимодействию электромагнитного излучения со сверхпроводящими наносистемами.

Малышев Илья Вячеславович

к.ф.-м.н., нс отд. 130

к. 127, т. 417-94-85 (+127), ilya-malyshev@ipmras.ru



Разработка мягкого рентгеновского микроскопа на 13.8 и 3.37 нм

Разработка установки микроскопа для изучения клеток в ЭУФ и "окне прозрачности воды". Характер работы экспериментальный. Разработка методик измерения биологических образцов в различных состояниях. Модернизация установки, отработка методики 3D томографии.

Чхало Николай Иванович

д.ф.-м.н., зав. отд. 130

к. 128, chkhalo@ipmras.ru



Многослойная оптика дифракционного качества для синхротронов 3+.. 4 поколения и лазеров на свободных электронах

Специфика синхротронов 4-го поколения (полная пространственная когерентность генерируемого пучка и большие мощности пучков синхротронного излучения) предъявляет крайне жесткие требования к рентгенооптическим элементам, в частности, к многослойным зеркалам. Зеркала для синхротронов представляют собой цилиндры: эллиптические - для фокусировки и параболические - для коллимации, вытянутые в направлении оптической оси синхротрона на 400 – 1000 мм, и узкие в поперечном направлении – несколько десятков миллиметров. Используются они в паре, чаще всего в схеме скрещенных зеркал Кирпатрика-Баеза. Субнанометровая точность формы таких рентгеновских зеркал позволяет удовлетворить четвертьволновому критерию Рэлея и получить дифракционный предел пространственного разрешения в десятки-сотни нанометров. Цель работы - развитие методов изготовления многослойной оптики, обеспечивающей дифракционное качество изображений в рентгеновском диапазоне длин волн. Планируется развитие методов изготовления и характеристики асферических зеркал дифракционного качества для РИ, в том числе и радиационностойких для синхротронов 3+ ...4-го поколения.



Неупругие процессы при взаимодействии рентгеновского излучения с резонансными структурами

Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом приводит как к упругому, так и к неупругому рассеянию. Неупругое рассеяние имеет целый ряд каналов: комптоновское рассеяние, плазмонное возбуждение, образование электронно-дырочных пар, межзонные/внутризонные переходы и фононные возбуждения в твердотельной структуре.

В рамках данной работы должна быть развита теория неупругого рассеяния рентгеновского излучения на резонансных структурах – многослойных рентгеновских зеркалах. Ранее было обнаружено возбуждение плазмонов в Mo и Si слоях в Mo/Si

многослойных зеркал, энергия которых оказалась обратно пропорциональна толщине слоев. Это объясняется размерно-зависимым квантовым ограничением плазмонного состояния, которое изменяет импульс электронов в зоне проводимости и валентной зоне наночастиц Mo и Si соответственно. Рассеяние на плазмонах может оказаться важным каналом потери энергии падающего излучения из-за неупругого рассеяния.

Королёв Сергей Александрович

к.ф.-м.н., нс отд. 140

к. 255, т. 417-94-96 (+255), pesh@ipmras.ru



Радиовидение миллиметрового диапазона

Развитие твердотельной электроники миллиметрового и субмиллиметрового диапазона позволяет создавать новые устройства ранее недоступной функциональности. Одним из таких устройств является система радиовидения. Использование радиоволн в системах получения изображения позволяет преодолеть многие неблагоприятные факторы (туман, дым, пыль и др.), критические для оптического диапазона.

Данная работа посвящена разработке, исследованию и дальнейшему идейному развитию методов миллиметрового радиовидения. Осуществляется тесное взаимодействие с технологической группой, занимающейся исследованием новых материалов и разработкой новых типов полупроводниковых элементов, являющихся основой создаваемых систем.

Работа ориентирована на студентов 2-6 курсов.

Пахомов Георгий Львович

к.х.н., снс отд. 140

к. 203, т. 417-94-73, pakhomov@ipmras.ru



Органические фотовольтаические преобразователи, тонкопленочные системы

В рамках данной темы, студентам предлагается исследовать фотоэлектрические свойства тонких пленок и более сложных наноструктур молекулярных полупроводников. Цель исследований - создание максимально эффективного фотовольтаического преобразователя с минимальным вредом для окружающей среды. В рамках исследований проводится всесторонняя характеристика объектов: от спектроскопии в различных диапазонах частот ЭМ излучения до атомно-силовой микроскопии. Данное направление исследований является междисциплинарным, требует эрудиции в вопросах постановки эксперимента, химии и интереса к лабораторным вакуумным технологиям.

Работа ориентирована на студентов 2 курса.



Гибридные фотовольтаические преобразователи

Эксперименты по получению гибридных тонкопленочных гетероструктур на основе природоподобных молекул. Полученные образцы исследуются несколькими аналитическими методами; на основании фотоэлектрических измерений рассчитываются фотовольтаические параметры. Изучаются процессы образования и распада молекулярных экситонов. Задачей является повышение эффективности ячейки за счёт применения новых материалов.

Гусев Сергей Александрович

к.ф.-м.н., внс отд.150

к. 122, т. 417–94–89 (+122), 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



Эффект выпрямления переменного электрического поля в неколлинеарном ферромагнетике

Ферромагнетики с неколлинеарным распределением намагниченности обладают рядом необычных транспортных и оптических свойств, которые обусловлены связью спиновых и пространственных степеней свободы носителей заряда. В рамках данной работы предлагается теоретически рассчитать эффект выпрямления переменного электрического поля в таком ферромагнетике. Для возникновения эффекта выпрямления необходим учёт как обменного, так и спин-орбитального взаимодействия. Будет рассмотрена модельная задача о распространении электромагнитной волны в системе с циклоидальным распределением намагниченности со спин-орбитальным взаимодействием Рашбы.

Работа рассчитана на студентов 5-6 курсов.



Инжекция неравновесного спина в неколлинеарный ферромагнетик

Известно, что ферромагнетики с некопланарным распределением намагниченности обладают рядом необычных транспортных свойств, которые не наблюдаются в коллинеарных или неколлинеарных, но компланарных ферромагнетиках. Одним из вариантов реализации некопланарного ферромагнетика является расположение вблизи неколлинеарно намагниченной системы однородного ферромагнетика с намагниченностью, не лежащей в плоскости магнитного момента неколлинеарной системы. В рамках данной работы планируется теоретически исследовать транспортные явления, возникающие в такой структуре при инжекции неравновесного спина из однородного ферромагнетика в неколлинеарную магнитную систему. Инжекция спина может быть организована двумя способами: при протекании электрического тока между ферромагнетиками и при возбуждении ферромагнитного резонанса в однородном ферромагнетике (в результате чего в неоднородный ферромагнетик течёт спиновый ток, обусловленный эффектом спинового пампинга).

Работа рассчитана на студентов 5-6 курсов.

Сапожников Максим Викторович

д.ф.-м.н., внс отд. 150

к. 122, т. 417–94–85, msap@ipmras.ru



Исследование свойств магнитных наноструктур магнитооптическими методами

Исследование кривых намагниченности (зависимости намагниченности от внешнего магнитного поля) многослойных магнитных пленок и магнитных наноструктур на их основе. Определение связи магнитных свойств со структурным внутренним строением, геометрической формой образцов, их микромагнитной структурой. Исследование зависимости магнитных свойств от температуры. Работа будет вестись в рамках и в интересах работ отдела физики магнитных структур по тематикам "магнитокалорические материалы", "хиральные магнитные материалы", "туннельные магнитные наноструктуры".

Знания, умения и навыки, которые будут получены в ходе выполнения работы (степень освоения зависит от курса):

- базовые представления о физике магнетизма магнитных материалов и тонких магнитных пленок.
- постановка физического магнитооптического эксперимента, методы обработка и интерпретация полученных экспериментальных данных.
- компьютерное управление экспериментом в системе Labview.
- написание научных текстов, представление научных материалов.
- опционально: методы компьютерного микромагнитного моделирования в пакете OOMMF.

Фраерман Андрей Александрович

д.ф.-м.н., зав. отд. 150

к. 111, т. 417–94–51, andr@ipmras.ru



Магнитоэлектрический и магнитокалорический эффекты в ферромагнитных наноструктурах

Предлагается рассчитать величину магнитоэлектрического (магнитокалорического) эффектов в многослойных структурах, содержащих ферромагнитные слои. Предполагается, что указанные эффекты лежат в основе функционирования новых энергоэффективных устройств памяти и рефрижераторов.

Работа ориентирована на студентов 3-4 курсов.

Вакс Владимир Лейбович

к.ф.-м.н., зав. отд. 160

к. 182-1, т. 417-94-57, vax@ipmras.ru



Применение методов нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона для медицинской диагностики на основе анализа паров биологических жидкостей и тканей

В работе предполагается разработка методов спектрального анализа для экспериментального исследования паров биологических жидкостей и тканей методами нестационарной газовой спектроскопии ТГц частотного диапазона с целью выявления характерных комбинаций молекул-маркеров для последующего использования в неинвазивной медицинской диагностике.

Работа ориентирована на студентов 3-4 курсов.



Изучение механизмов генерации и приема ТГц излучения с помощью квантовых каскадных лазеров

Одними из наиболее перспективных полупроводниковых структур для разработки источников терагерцового (ТГц) излучения и создания гетеродинных высокочувствительных приемных систем ТГц диапазона являются квантовые каскадные лазеры (ККЛ). Предлагаемая работа включает себя как экспериментальное исследование характеристик образцов ККЛ с целью выбора оптимальных параметров, так и их применение для создания приборов, применяемых в спектроскопии.

Работа рассчитана на студентов 1-2 курсов магистратуры.



Разработка метода прецизионных измерений ТГц спектров биологических молекул (ДНК, белки, аминокислоты и др.) для целей неинвазивной медицинской и ветеринарной диагностики



Спектры поглощения и кругового дихроизма растворов полимерных молекул предполагается рассчитывать на основе тензора диэлектрической проницаемости для ансамбля идентичных молекул. Для проверки результатов моделирования предполагается провести измерения спектров образцов водных и водно-спиртовых растворов молекул ДНК различной длины, полученных методом ПЦР, а так же водных растворов полисахарида амилозы и соответствующего мономера – глюкозы – и димера – мальтозы.

Работа рассчитана на студентов 1-2 курсов магистратуры.

Панкратов Андрей Леонидович

д.ф.-м.н., внс отд. 160

к. 155, т. +7 905 1913223, alp@ipmras.ru



Высокочувствительные детекторы для задач радиоастрономии и поиска темной материи



Экспериментально и теоретически исследуются высокочувствительные криогенные детекторы слабых сигналов ТГц и микроволнового диапазонов частот. Рассматриваются как болометры с эффектом электронного охлаждения на чипе (болометры на холодных электронах), так и контакты сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник. Для теоретического описания используются 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 базового Центра квантовых технологий ИФМ РАН в НГТУ на температуры от 4К, от 0.3К, от 0.01 К.

Литература по теме:

<https://www.nature.com/articles/s42005-019-0206-9>

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-78869-z>

<https://www.beilstein-journals.org/bjnano/articles/11/80>

Ревин Леонид Сергеевич

к.ф.-м.н., нс отд. 160

к. 155, т. +7 920 2577978, rls@ipmras.ru



Экспериментальное исследование детекторов и смесителей на основе джозефсоновских контактов из высокотемпературного сверхпроводника

В работе предполагается экспериментальное исследование и отработка методики измерения характеристик высокотемпературных джозефсоновских детекторов и смесителей, представляющих практический интерес для спектроскопических применений в ГГц диапазоне частот. Предлагаемая работа включает в себя приобретение опыта измерений в заливаемом криостате и криостате замкнутого цикла, работу со структурами микронных размеров, квазиоптикой и СВЧ техникой.



Численное моделирование системы джозефсоновских детекторов и смесителей, интегрированных в антенну

В настоящее время высокотемпературные джозефсоновские переходы активно исследуются для задач приема и смешивания сигналов ГГц диапазона частот. Последние научные работы продемонстрировали эффективность работы цепочек переходов, интегрированных в широкополосную антенну. В данной работе предполагается электромагнитное моделирование подобных структур с целью оптимизации геометрии антенны и цепочек джозефсоновских переходов, а также численное моделирование структур на основе системы дифференциальных уравнений с шумовыми источниками.

Для заметок

Контактная информация

Люди

Евгений Анатольевич Караштин

Тел.: 417–94–88

E-mail: eugenk@ipmras.ru

Дмитрий Аркадьевич Татарский

Тел.: 417–94–89

E-mail: 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.

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

