Новая специальность “**Наносистемы и наноустройства**” (набор в группу 343)

Уважаемые студенты!

проректор МГУ академик Хохлов А.Р.,
директор НОЦ по нанотехнологиям МГУ

В этом году будет осуществляться набор в новую межкафедральную группу 343 по специальности “**Наносистемы и наноустройства**”. Обучение будет происходить по индивидуальному, нацеленному на междисциплинарное образование в сфере наносистем, наноматериалов и нанотехнологий.
В ходе дальнейшего обучения на 3 курсе студенты выбирают направление научной работы и научного руководителя.
Заявление о распределении в новую группу нужно подать до основного распределения по кафедрам.

Междисциплинарный подход в научно-исследовательской и образовательной деятельности, направленной на развитие нанотехнологий

В Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова уже около десяти лет ведется подготовка кадров по **современным** направлениям исследований в области **наносистем, наноматериалов и нанотехнологий**. В этой работе принимают участие ряд кафедр следующих факультетов: **физического, химического, биологического, наук о материалах, биоинженерии и биоинформатики, фундаментальной медицины.** Созданы специальные курсы и практикумы, затрагивающие практические все аспекты этой бурно развивающейся отрасли фундаментальной, прикладной и инженерной науки, ориентированные на студентов этих факультетов. Вместе с тем участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках в области **наносистем, наноматериалов и нанотехнологий** требует от современного молодого специалиста, наряду с глубоким знанием своей узкой области, **широкого научного кругозора, понимания основных проблем и подходов смежных наук** — физики, химии, биологии, материаловедения, медицины. Поэтому при подготовке специалистов в этой области необходим **выход не только за рамки отдельных кафедр, но и за рамки отдельных факультетов**, обеспечивающий специалисту дополнительные знания и исследовательские навыки, необходимые для работы по **междисциплинарным** направлениям, после получения базового образования на профильном факультете (первые три года обучения в

Специализация «Наносистемы и наноустройства»

Настоящая программа обучения в Научно-образовательном Центре (НОЦ) по нанотехнологиям Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова ориентирована на студентов факультетов физического, химического, наук о материалах и биологического. Программа рассчитана на обучение студентов в течение 4-5 семестров (первый - вводный, последний совмещенный с выполнением дипломной/магистерской работы). Для студентов-специалистов химического и биологического факультетов это соответствует 6-10 семестрам, для факультета наук о материалах. 7-12 семестрам, для специалистов и магистров физического факультета 6-11 семестрам. Программа обучения в НОЦ по специализации «наносистемы и наноустройства» строится, исходя из содержания и структуры общих курсов по физике, преподаваемых на указанных факультетах во время первых трех лет обучения.
Программа строится, исходя из принципа «от простого к сложному», на базе фундаментальных знаний, получаемых студентами при освоении основ физики по разделам механика, электричество и магнетизм, оптика, молекулярная физика. В соответствующих курсах Программы дается развитие указанных разделов физики в применении к наносистемам и наноструктурам. Также в Программу включены курсы по химической и биологическим основам наносистем, наноматериалов, наносистемам и наноустройствам, обеспечивающие междисциплинарный характер образования. В Программе предусматривается также изучение гуманитарной дисциплины, относящейся к специализации в области наносистем и наноустройств. Наряду с изучением теоретических курсов, программа предусматривает выполнение практических занятий в практикуме и научную работу в лабораториях по специализации. Теоретические курсы, изучаемые курсы входят в Программу, делятся на «обязательные» и «курсы по выбору». К числу обязательных курсов относится также вводный курс «Введение в специальность», читаемый в ходе первого семестра обучения по данной специализации.

Список спецкурсов

- Введение в физику конденсированного состояния вещества
- Методы получения наносистем и наноматериалов
- Молекулярные основы живых систем
- Введение физику наноструктур
- Физика мягких (неупорядоченные, аморфных, стеклообразных и жидких) сред
- Практика наносистем
- Физика оптики наноматериалов
- Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда
- Физика магнитных наносистем
- Экономика, менеджмент и охрана интеллектуальной собственности в наукоемких технологиях
- Сканирующая зондовая микроскопия
- Нанокатализ
- Нанотрансмиссия
- Фотонные кристаллы и метаматериалы
- Структурная физика наноматериалов
- Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа
- Физика поверхности твердого тела
- Введение в науку о полимерах
- Физика электретных материалов
- Аналитическая наноскопия
- Динамика и функционирование наноструктур
- Микро- и наноразмерные колебательные системы с малой диссипацией
- Наноматериалы для катализических и электрохимических процессов
- Конструирование наноматериалы
- Химия конденсированного состояния вещества и наносистем
- Коллоидные Системы

Учебный план

Тематика обязательных курсов выбрана из необходимости обеспечить углубленное изучение студентами основ физики конденсированного состояния вещества, что является необходимым условием дальнейшего успешного освоения дисциплин, связанных с наноматериалами и нанотехнологиями. Основным содержанием данного курса является изучение «физических аспектов и закономерностей, связанных со свойствами конденсированного состояния вещества. Предусматривается изучение «химических» аспектов в курсе, посвященном изучению методов получения наносистем и наноматериалов. «Биологические» подходы к нанотехнологии и наносистемам будут рассматриваться в курсе «Молекулярные основы живых систем». В совокупности изучение указанных курсов должно обеспечить получение студентами междисциплинарного образования. В 8 семестре, один из обязательных курсов посвященных углубленному изучению физики конденсированного состояния вещества и физики «мягких» сред. Программы этого курса предусматривают освоение студентами знаний, необходимых для понимания принципов формирования физических свойств наноматериалов, а также наносистем и наноустройств на их основе. Также в этом семестре предусматривается чтение курса «Введение в физику наноструктур», в котором предполагается развитие основ физики конденсированного состояния с учетом специфики наноструктур.В девятом семестре в даух из обязательных дисциплин предусматривается изучение главным образом «физических» аспектов создания и функционирования наносистем и наноустройств, действие которых основано на использовании оптических и электронных свойств наноматериалов. Принципы функционирования таких устройств имеют общие черты с принципами функционирования наносистем, имеющих химическое и биологическое происхождение. Одной из задач данных курсов является демонстрация такой общности поведения наноматериа. Еще один курс, предусмотренный для изучения в девятом семестре, связан с изучением биологических наносистем и взаимосвязи принципов их функционирования с законами физики и химии. Совместное изучение перечисленных дисциплин призвано создать у студентов представление комплексного понимания закономерностей поведения наносистем и наноустройств различного происхождения

В десятом семестре предусматривается углубленное изучение закономерностей, лежащих в основе работы магнитных наноустройств, имеющих большое практическое значение. Вместе с изучаемой в этом курсе дисциплиной «Экономика, менеджмент и охрана интеллектуальной собственности в наукоемких технологиях» эти курсы обязательны для студентов. Кроме этого предусматривается изучение одного курса по выбору.

Кроме теоретических курсов в программа заложено изучение наносистем и наноустройств в ходе практических занятий при выполнении задач специального практикума и при работе в лабораториях по специализации. В ходе обучения в 7-ом семестре предполагается выполнение задач спецпрактикума по экспериментальным методам исследования наносистем. Соответствующие практические занятия будут проводиться с использованием оборудования, доступного на факультетах МГУ, а также в академических институтах, привлекаемых к сотрудничеству в рамках НОЦ. Аналогичный подход будет реализован в 8-ом семестре, в ходе которого предусматривается выполнение задач спецпрактикума по экспериментальным методам создания наносистем. В 9-ом и 10-м семестрах практическая работа предусматривается в виде научно-исследовательской работы студентов в лабораториях по специализации.

Студентам 3 курса

Прием студентов 3 курса на новую специальность будет осуществляться по результатам собеседования.

Дополнительную информацию о новой специальности можно получить на web-site НОЦ по нанотехнологиям МГУ http://nano.msu.ru
а также у куратора 343 группы Мешкова Георгия Борисовича
Лабораторный корпус А, к. 224, тел. 939-1009, e-mail: meshkov@polly.phys.msu.ru

Кафедры и лаборатории участники

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ СРЕД

Лаборатория физики полупроводников

Руководитель направления: чл.-корр. РАН Хохлов Дмитрий Ремович
Тел. 939-1151, e-mail: khokhlov@mig.phys.msu.ru

В нашей группе студенты и аспиранты широко вовлечены в научную деятельность, участвуют в публикациях, делают доклады на международных конференциях, проводят исследования в лабораториях ведущих университетов и научных центров.
Направления исследований:
- Исследования наноструктурированных материалов на основе узкощелевых полупроводников.
- Исследование неравновесных эффектов в полупроводниковых системах с малыми характерными энергетическими параметрами, находящихся сильными внешними воздействиями.
- Исследование свойств новых органических полупроводниковых материалов.

Группа связана научными контактами со следующими учреждениями:
- Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН (Москва)
- Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН (Санкт-Петербург)
- Институт физики микроструктур РАН (Нижний Новгород)
- Институт физики полупроводников СО РАН (Новосибирск)
- Институт прикладной физики АН Молдовы (Кишинев, Молдова)
- Институт проблем полупроводникового материаловедения АН Украины (Черновцы, Украина)
- Институт физики Польской АН (Варшава, Польша)
- Шведский федеральный технологический институт (Цюрих, Швейцария)
- Университет Рочестера (Рочестер, США)
- Университет Флориды (Гейнсвилл, США)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Лаборатория фотофизики органических наномагнетиков

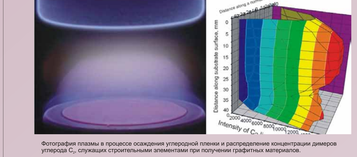
Руководитель направления: д.ф.м.н. Парашук Дмитрий Юрьевич
Тел. 939-2228, КНО, к.509 ,510, 511, 311, http://sunhen.phys.msu.ru

Современная цивилизация стоит перед лицом глобальной энергетической проблемы. Солнце способно существенно помочь в ее решении поступающая на Землю мощность солнечного излучения примерно в 10000 раз превышает глобальную энергетическую потребность. Вместе с тем, современные солнечные элементы (в основном кремниевые), увы, слишком дороги, что тормозит масштабное развитие альтернативной энергетики. Поэтому остро необходимы солнечные фотоэлементы нового поколения, сочетающие высокую эффективность (КПД) и низкую стоимость. Перспективный путь к таким фотоэлементам основан на использовании уникальных свойств полупроводниковых полимеров, которые состоят в себе управляемые полупроводниковые свойства (ширина запрещенной зоны, высокий коэффициент поглощения и др.) с привлекательными свойствами полимеров (пластичность, технологичность, низкая стоимость и др.). Полимерные солнечные фотоэлементы имеют высокий потенциал для практических приложений, т.к. они обладают новыми качествами: гибкостью, малый вес, полупрозрачность и низкая стоимость. Потому полимерные фотоэлементы можно производить на гибкой подложке для покрытия больших площадей. Кроме того, они перспективны для разработки широкого спектра продукции, использующей фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: мобильная электроника, интеллектуальные стекла преобразователи солнечной энергии, светопреобразующие пленки, тенты, навесы, покрытия и даже такие.
Наиболее эффективные полимерные солнечные фотоэлементы основаны на полимер-фуллереновых нанокомпозитах. Однако, эффективность таких фотоэлементов пока не высока. Для существенного повышения эффективности требуются новые материалы и подходы, над чем работает наша лаборатория.
Работа в лаборатории в основном экспериментальная, хотя есть и теоретические задачи. Мы работаем в междисциплинарной области на стыке физики конденсированных сред, спектроскопии и наноструктурной в тесном контакте с разработчиками материалов, т.е. специалистами в области органического синтеза, физической химии и полимеров. Мы исследуем сопряжённые полимеры, фуллерены и другие углеродные и органические наноматериалы с целью создания нового поколения материалов для органической оптоэлектроники. Такие материалы должны служить основой гибких и широкоформатных дисплеев, солнечных батарей (например, они можно будет «клеевать» стены), одноразовой электронной (интеллектуальные метки, наклейки и т.д.). Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить комплексные исследования свойств новых материалов, готовить из них образцы наномеханизмов солнечных фотоэлементов и измерять их характеристики.

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ И КРИСТАЛЛОВ

Углеродные материалы: фундаментальные основы и практические технологии

Руководитель направления: профессор Образцов Александр Николаевич
Тел.: 939-4126, комн. Lj-24 и Lj-24a



Фотография плазмы в процессе осаждения углеродной пленки и распределение концентрации димеров углерода C_2, служащих строительными элементами при получении графитных материалов

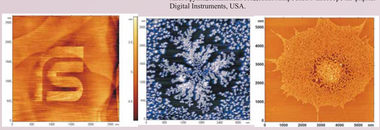
Уникальные физические свойства углеродных материалов делают их привлекательными для разнообразных практических применений. К алмазу, графиту, углеродной саже, которые представляют собой наиболее давно и хорошо известные формы углерода, относительно недавно добавились фуллерены, углеродные нанотрубки, наноалмазы, графен и другие наноструктурированные формы углерода, на основе которых возможно создание новых технологий, приборов и устройств. Кроме этого значительный прогресс достигнут в синтезе традиционных алмаза и графита, что позволяет создавать их в виде тонких пленок с заданными структурными характеристиками.
В лаборатории «Углеродных материалов» на Физическом факультете МГУ под руководством проф. А.Н.Образцова ведутся исследования по разработке и изучению процессов синтеза углеродных материалов в ходе конденсации углерода из газовой фазы. Для этих целей были созданы экспериментальные установки, позволяющие получать углеродные пленки состоящие из микро- или нано-размерных алмазных кристаллитов, графита в виде пластинчатых кристаллитов или тонких пленок нанометровой толщины, углеродных нанотрубок в том числе и массовом их производстве и закономерностях, связанных с ними. Другим направлением деятельности, развиваемым в лаборатории, является исследование структурных характеристик и физических свойств углеродных материалов. Эти исследования проводятся с помощью лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС), а также (в рамках научной кооперации с другими научными группами и исследовательскими центрами) с помощью электронной и зондовой микроскопии и другими методами.
На основе данных, полученных в ходе фундаментальных научных исследований, о процессах формирования углеродных материалов, а также об их структурно-морфологических особенностях и физических свойствах разрабатываются новые основы разработки углеродных применений этих материалов. Примерами таких применений могут служить разработанные в лаборатории:
- высокоT_cэффективные источники света и рентгеновские трубки на основе нано-графитных полевых катодов;
- нано-электро-механические системы на основе гибких наноразмерных автоэмиттеров;

Студенты группы на Первом фестивале науки

Рабочий момент на форуме Rusnanotech'08:
Слева - профессор Имянский И.В.,
Справа - академик РАН Алфимов М.В.

Проводящая в группе научная работа посвящена разработке и применению новых методов исследования поверхности – сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. Эти методы позволяют изучать структуру и свойства поверхности твердого тела с рекордным разрешением в единицы и доли нанометра.
С помощью сканирующей зондовой микроскопии в отличие от растровой и просвечивающей электронной микроскопии изучают объекты не только в сверхвысоком вакууме, но и на воздухе и даже в жидких средах. Последнее открывает уникальную возможность исследования в нативных условиях биополимеров – белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов.
В настоящее время в группе проводятся исследования по различным направлениям, в частности:
- наномеханика полимерных материалов
- изучение конформационных переходов в биополимерах
- исследование поверхностных факторов клеточной стенки различных бактерий, ответственных за иммунную реакцию
- комплексообразование в системах нуклеиновые кислоты – белки

Сектор задач группы лежит на стыке нескольких наук – физики, химии, биологии и медицины. Научные исследования проводятся в плодотворном сотрудничестве с химическим факультетом МГУ (кафедра высокомолекулярных соединений), Институтом физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского, Институтом биоорганической химии РАН, Институтом микробиологии и эпидемиологии РАМН.
В рамках международного сотрудничества ведутся совместные исследования с университетом Chalmers (Гётеборг, Швеция), кафедрой микробиологии Аризонского государственного университета (США), Институтом физики твердого тела НАН Беларуси, Институтом химии новых материалов (Беларусь).
В группе имеется как уникальное оборудование собственной разработки (сканирующие туннельные и атомно-силовые микроскопы различного предназначения), так и современный комплекс аппаратуры зарубежного производства – многофункциональный зондовый микроскоп Nanoscope III фирмы Digital Instruments, USA.



Алмазные иглы и изготовленный на их основе зонд для атомно-силовой микроскопии

Отдельные алмазные кристаллиты, полученные в с помощью плазмохимического осаждения

Нанолитография методом локального анодного окисления на графите.

Фуллероиды на поверхности слюды

Самоорганизованный ансамбль k-аргирагиана на поверхности слюды.

КАФЕДРА КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Сканирующая зондовая микроскопия и физика наноструктур

Руководитель направления: профессор Панов Владимир Иванович
Тел.: 939-11-04, 939 25 02

Лаборатория «Сканирующей зондовой микроскопии и физики наноструктур» сформировалась на кафедре около 20 лет назад. Инициатором ее создания был заведующий кафедрой академик Л.В. Келдыш (первый лауреат премии Роснано, вручевший ему 6 октября 2009 г.). Для организации лаборатории на кафедру был приглашен д.ф.м.н. В.И. Панов. Первоначальные задачи лаборатории состояли в разработке и применении методов сканирующей зондовой микроскопии для изучения поверхностных наноструктур. Уже при становлении направлений исследований в лаборатории были выполнены пионерские работы по сканирующей туннельной микроскопии и атомно-силовой микроскопии. Были созданы одни из первых отечественных зондовых микроскопов, предложены методы атомно-силовой спектроскопии, а также осуществлены первые манипуляции молекулами и наноструктурами на поверхности (работы были сделаны почти на два года раньше, чем известные эксперименты группы из IBM, в которых эти буквы были написаны атомами с помощью туннельного микроскопа).
За последние годы в лаборатории были развиты новые локальные методы диагностики и обнаружены принципиально новые эффекты, играющие ключевую роль в понимании процессов, происходящих в наносистемах и которые могут служить основой для создания элементов электронных, оптоэлектронных и сенсорных устройств наномерной геометрии. Работы лаборатории были отмечены в 2001 году Государственной премии РФ по науке и технике. Молодые сотрудники, студенты и аспиранты лаборатории неоднократно получали гранты «Сороосовский студент и «Сороосовский аспирант», награждались международными студенческими премиями и стипендиями (в частности стипендией Гумбольта). Лаборатория постоянно поддерживает контакты и ведет совместные работы с несколькими зарубежными университетами и лабораториями (среди них университеты Tohoku (Япония), KULeuven (Бельгия), TUM (Германия) и др.)
В настоящее время лаборатория ведет работы по нескольким направлениям.
1. Экспериментальное исследование процессов и поверхностных наноструктур, ближнепольной спектроскопии) процессов в поверхностных наноструктурах, интерферентных системах и молекулярных кластерах.
Целями и задачами этого направления являются: Изучение неравновесных процессов в туннельных наносистемах с локализованными состояниями, при наличии сильных корреляционных эффектов, электрон-фононного взаимодействия и внешнего воздействия. Исследование методами СТМ/СТС высокого разрешения (включая низкие температуры) пространственной и энергетической структуры гибридных состояний, связанных с молекулярных орбиталей. Изучение фундаментальной проблемы управляемого роста молекулярных кластеров и разработки методов формирования наносистем с заданными свойствами на основе самоорганизации наносистем;
2. Исследование методами оптической микроскопии, спектроскопии и поляриметрии ближнего поля (СОМБП) влияния спектральных свойств элементарных возбуждений на основные характеристики локального оптического отклика наноструктур и метаматериалов с различным типом симметрии.
3. Развитие методов и приборов локальной диагностики электронных, структурных и морфологических свойств наноструктурированных материалов и наносистем на основе зондовой микроскопии;
4. Разработка самосогласованных теоретических методов, основанных на диаграммной технике, для изучения процессов в наносистемах при наличии сильных корреляционных эффектов, электрон-фононного взаимодействия и внешнего воздействия.

Студенты и аспиранты, активно участвующие в научных исследованиях имеют возможность стажироваться за границей в организациях-партнерах.

Лаборатория нелинейной оптики наноструктур и фотонных кристаллов

Руководитель направления: профессор Акципетров Олег Андреевич
Тел. 939-44-15, e-mail: aktsip@shg.ru, www.shg.ru

Лаборатория нелинейной оптики наноструктур и фотонных кристаллов была организована в 1980 году по инициативе академика Л.В. Келдыша. Основной целью работ
того периода было исследование только что открытых нелинейно-оптических явлений - гигантского комбинационного рассеяния света и гигантской второй гармоники. Оказалось, что гигантское усиление - в 106-108 раз - таких эффектов наблюдается исключительно в наноструктурах. Пионерские работы лаборатории по исследованию механизмов этих явлений были поздно отмечены Государственной премией России, премией Ленинского комсомола, медалью Академии Наук России.
В настоящее время исследования наших сотрудников в основном сконцентрированы на изучении явлений нелинейной оптики в наноструктурированных метаматериалах и фотонных кристаллах. Мы исследуем методы управления, с помощью света, свойствами материалов, в частности, на примерах:
1. Управление спектрами и эффектами прозрачности в сверхрешетках (рис. 1), наноструктуры с эффектом суперпризмы (рис. 2), фотонные кристаллы с эффектом суперпризмы (рис. 3), фотонные бикристаллы, наноструктуры с кристаллами магнитных сверхпроводников и др. Совместные исследования проводятся нашими студентами и аспирантами в США, Японии, Бельгии, Германии, Испании и др.

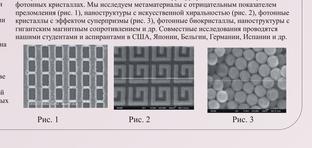


Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3

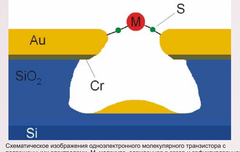
КАФЕДРА АТОМНОЙ ФИЗИКИ, ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Лаборатория криоэлектроники

Руководитель направления: доцент Корнев Виктор Константинович,
тел. 939-43-51, комн. 2-68А, e-mail: kornev@phys.msu.ru

Сверхпроводниковая микро- и наноэлектроника

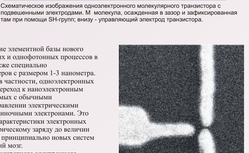
Открытие макроскопических квантовых эффектов в сверхпроводниках, в том числе эффекта Джозефсона, положило начало развитию новой, сверхпроводниковой микро- и нано-электронике. Использование этих уникальных эффектов позволяет создать высокочувствительные аналоговые устройства в частотном диапазоне от долей герц до нескольких терагерц; в лучших устройствах на основе сверхпроводящих квантовых интерферометров продемонстрирована рекордная чувствительность по энергии $\delta E/kB^{-}$ ~ h. Высокое быстродействие и предельно низкая энергия переключения джозефсоновских элементов E_J ≈ 10^{-19} Дж открывают широкую перспективу для разработки цифровых устройств с тактовыми частотами f_c ~100 ГГц и выше, которые способны обеспечивать чрезвычайно высокую скорость обработки информации при очень малом энергопотреблении. Кроме того, высокая чувствительность джозефсоновских элементов в сочетании с принципиально новыми свойствами и законами поведения сверхпроводниковых цепей обеспечивают уникальные характеристики создаваемых аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей (АЦП и ЦАП), что позволяет в настоящее время разрабатывать



Схематическое изображение одноэлектронного молекулярного транзистора с подвешенными электродами. M, молекула, осажденная в зазор и зафиксированная там при помощи SH-групп; внизу - управляющий электрод транзистора.

Молекулярная одноэлектроника

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на создание элементной базы нового поколения нано-электроники, основанной на использовании одноэлектронных и однофотонных процессов в наноструктурах, в том числе, в системах на основе одиночных молекул, а также специально синтезированных многофункциональных наночастиц и молекулярных кластеров с размером 1-3 нанометра. Прорыв в методах формирования мезоскопических электронных устройств, в частности, одноэлектронных транзисторов, работающих при комнатной температуре, будет знаменовать переход к наноэлектронным системам молекулярного уровня интеграции. Работа таких систем, совместимых с обычными полупроводниковыми устройствами, но в отличие от них, основана не на управлении электрическими токами (т.е. потоками огромного количества электронов), а на управлении одиночными электронами. Это позволяет кардинально (на несколько порядков) улучшить количественные характеристики электронных устройств, например, повысить чувствительность к индуцированному электрическому заряду до величин порядка 10-6 ед. заряда электрона. Это, в свою очередь, ведет к созданию принципиально новых систем обработки информации, превышающим по своим возможностям человеческий мозг.
Исследования переверстанных (электрон - фононных) нарушений процессов дискретного электронного транспорта с процессами излучения фотонов чрезвычайно важны для построения зрительных устройств нового поколения, премией Ленинского комсомола, медалью Академии Наук России.
В настоящее время исследования наших сотрудников в основном сконцентрированы на изучении явлений нелинейной оптики в наноструктурированных метаматериалах и фотонных кристаллах. Мы исследуем методы управления, с помощью света, свойствами материалов, в частности, на примерах:
1. Управление спектрами и эффектами прозрачности в сверхрешетках (рис. 1), наноструктуры с эффектом суперпризмы (рис. 2), фотонные кристаллы с эффектом суперпризмы (рис. 3), фотонные бикристаллы, наноструктуры с кристаллами магнитных сверхпроводников и др. Совместные исследования проводятся нашими студентами и аспирантами в США, Японии, Бельгии, Германии, Испании и др.



Вид электродов молекулярного транзистора с зазором ~5 нм в сканирующем электронном микроскопе

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Полупроводниковые нанокристаллы для оптоэлектроники, сенсорики и биомедицины

Руководитель направления: профессор Тимошенко Виктор Юрьевич
Тел. 939-1944, комн. 224 в здании ЦКП физического факультета МГУ

После научного семинара в ЦКП физического факультета МГУ. Слева направо - проф. В.И.Климов (Лос-Аламос, США), проф. Е.П.Покатилов (Молдова), н.с. Д.М.Жигунов (физический факультет МГУ), доц. Д. Пика (Молдова) и проф. В.Ю.Тимошенко (физический факультет МГУ)

В настоящее время во многих лабораториях мира проводятся исследования свойств нанокристаллов полупроводников с характерными минимальными размерами от 1 до 10 нм. Наноструктуры, информация также размером в 2 раз измеряемых, называются квантовыми точками (quantum dots), что подчеркивает важность квантовых эффектов в подобных объектах. Оказывается, что оптические и электронные свойства квантовых точек могут очень сильно отличаться от свойств обычных кристаллов (без размерных эффектов) вещества, состоящего из тех же элементов. Учитывая уникальность свойств нанокристаллов, важных для создания новых материалов и устройств, данный класс объектов называют искусственными атомами (artificial atoms). Так, например, кремний, в виде массивного монокристалла или аморфного слоя имеет крайне низкую эффективность люминесценции в спектральной области около 1 мкм. В то же время наноструктуры кремния начинают интенсивно светиться при оптическом или электрическом возбуждении. При этом, меняя размеры нанокристаллов, можно контролировать спектры люминесценции от ближней ИК до видимой области спектра. Все это открывает новые возможности для практических применений хорошо известных веществ в различных сферах, в том числе в полупроводниковой оптоэлектронике, молекулярной сенсорике, а также в биомедицине при создании новых лекарственных и диагностических средств.
В лабораториях на кафедре общей физики и молекулярной электроники электронного факультета МГУ в группе проф. В.Ю.Тимошенко изучаются физические явления в системах, состоящих из наноструктур полупроводников, таких как кремний, карбид кремния, двуокись олова и некоторых других полупроводниковых соединений. Часть изучаемых образцов приготавливается на современном технологическом оборудовании, имеющемся на кафедре и в Центре коллективного пользования (ЦКП) физического факультета МГУ. В экспериментах также используются образцы квантовых точек, полученных в ведущих научных центрах и лабораториях в России и за рубежом, в том числе, на Химическом факультете МГУ (группа проф. А.М.Гаськова), на Факультете прикладной физики Университета Фрайбург (Германия), в Лаборатории лазеров, плазмы и фотонных процессов Факультета естественных наук Университета Марселя (Франция). Фундаментальная научная задача, решаемая при выполнении научно-исследовательских работ, заключается в выяснении роли эффекта вторичного квантования для электронов и фононов (квантового размерного эффекта) и вклада локальных электронных и фононных состояний вблизи поверхности нанокристаллов в электронные и оптические свойства материалов, их ансамблей. Помимо закономерности такого влияния можно создавать новые материалы и устройства с уникальными характеристиками. Например, можно управлять чувствительностью электрических характеристик нанокристаллов двуокиса олова к молекулам различных веществ, использовать их оптические возбуждения систем заданной длины волны. Практическая реализация такой идеи позволит создать высокочувствительные сенсоры, совместимые с портативным устройствами для мониторинга состояния атмосферы и окружающей человека. Особенности таких материалов и проведенных исследований удается также свободно мигрировать в квантовых точках в процессах передачи энергии и заданным центрам-акцепторам энергии, таким, например, как молекулы кислорода и ионы редкоземельных элементов. Результаты экспериментов на структурах кремниевых квантовых точек с внедренными ионами редкоземельных элементов предполагается использовать при создании новых типов светоизлучающих устройств, таких как светодиоды и лазеры, интегрированные с кремниевыми субмикронными электронными устройствами обработки информации. Научные исследования в направлении использования квантовых точек для новых оптических и информационных технологий проводятся совместно с Институтом лазерных и информационных технологий РАН, Физико-техническим институтом им.А.Ф.Иоффе РАН, Государственным Университетом Молдовы и Факультетом электронной инженерии Тринити колледжа Дублина (Ирландия) и другими ведущими научными центрами.
В проводимых на физическом факультете МГУ исследованиях изучаются возможности использования наноструктур полупроводников для диагностики и лечения различных заболеваний, в том числе, для адресной доставки лекарств, фотодинамической и гипертермической терапии рака, а также подавления рецептивных вирусов. Биомедицинские эксперименты проводятся в рамках научной кооперации с ведущими исследовательскими лабораториями Института экспериментальной и теоретической биофизики РАН (г.Пущино), ИНИ фармакологии РАМН, НИИ вирусологии РАМН, Научного Центра акушерства, гинекологии и перинатологии Росмедтехнологий, а также другими биологическими и медицинскими институтами и центрами в России и за рубежом.
При проведении экспериментальных исследований в лаборатории «Полупроводниковых нанокристаллы для оптоэлектроники, сенсорики и биомедицины» используется комплекс современных методов, имеющихся в ЦКП физического факультета МГУ. Работы поддерживаются рядом российских и международных научных проектов и грантов.
Студенты и аспиранты, активно участвующие в научных исследованиях имеют возможность стажироваться за границей в организациях-партнерах.

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Научная группа компьютерного моделирования процессов самоорганизации и свойств наноструктур на поверхностях металлов.

Руководитель направления: к.ф.-м.н. Кравсюк Андрей Леонидович
ТЕЛ. 8-915-469-79-34 e-mail: klavsjuk@yandex.ru

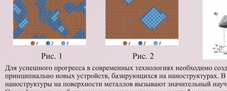


Рис. 1. Рис. 2.

Для успешного прогресса в современных технологиях необходимо создание принципиально новых устройств, базирующихся на нанострукторах. В связи с этим, наноструктуры на поверхности металлов представляют значительный научный интерес. Специфичность свойств вещества в наномерном масштабе и связанные с этим новые физические явления обусловлены тем, что характерные размеры элементов структуры нанообъектов соответствуют средним размерам атомов в обычных материалах. Управляя размерами и формой наноматериалов, подобным структурным размерам можно придавать совершенно новые функциональные характеристики. Одним из важных является вопрос, посвятительный формированию наноструктур. Для создания наноструктур можно использовать различные методы, например метод литографии. Однако более экономичным является самоорганизация при эпитаксальном росте. Экспериментальные методы не позволяют выявить механизмы, ответственные за формирование наноструктур. Ведущие из полученные из теоретических исследований и моделирования, позволят в дальнейшем управлять процессами самоорганизации.
Поэтому одним из приоритетных направлений исследований нашей научной группы является моделирование роста наноструктур на поверхности металлов. Как правило, показана формирование структуры Co, формировался на поверхности Ru (001) при температурах 200K (рис.1.) и 300K (рис.2.). Острова эволюционируют так, чтобы принять наиболее компактную форму. Однако если при комнатной температуре острова прямоугольной формы формируются достаточно быстро, то при температуре 200K формирования прямоугольных островов не происходит. Можно выделить две стадии роста в кластере Co на поверхности Cu(100) на первой стадии число атомов Co во второй слое уменьшается со временем, а на второй увеличивается до тех пор, пока второй слой полностью не покроет первый. Причем, переход от первой стадии роста во второй происходит вследствие формирования прямоугольных островов в первом слое кластера (т.е. при температуре 200K вторая стадия роста вообще не реализуется).
Другим направлением работы нашей научной группы является исследование физических свойств наноконтактов (рис.3). Наноконтакты находятся в зоне повышенного внимания производителей электронных компонентов для дальнейшей миниатюризации своей продукции. И наиболее интересно бы было научиться получать металлические “провода” наномерного диаметра с контролируемыми свойствами. Самым интересным фактом является магнетизм в палладиевых контактах. Контакт больших диаметров является немагнитным, однако при дальнейшей растяжке образуется атомный контакт, атомы которого обладают магнитным моментом. Подобное явление проходит, в следствие ыв гибридизации, которое резко уменьшает количество d электронов вокруг атома палладия. Магнетизм в подобных системах сильно зависит от типа контакта: симметрия, координационное число и межатомные расстояния.

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Научная группа оптики микроструктур и метаматериалов (эксперимент)

Руководитель направления: к.ф.-м.н. Попов Владимир Викторович
ТЕЛ. 222-30-86 e-mail: popov@comoptics.ru

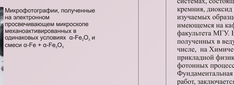
Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3

Структура поверхности материала оказывает существенное влияние на его оптические свойства. Если идеально плоская поверхность может лишь отражать или пропустить падающее на нее излучение без изменения волнового фронта, то шероховатость с размером рельефа порядка длины волны изменяет характер пучка радикальным образом. В зависимости от структуры рельефа эта поверхность может рассеивать или рассеивать световой поток, распределять его на множество лучей, селектировать по длинам волны и т.д. и т.п.
Поэтому изучение свойств микроструктурированной поверхности является актуальной задачей прикладной оптики, а задача нашей группы создание микроструктур с заданными оптическими свойствами.
Манипулирование геометрией поверхности позволяет нужным образом изменять показатель преломления материала, его отражающие свойства. Внедряя в структуру диэлектрика наночастицы металлов нужной геометрии меняет и другие электромагнитные свойства материала. Такие вещества принято называть метаматериалами, и они активно создаются и изучаются в настоящее время. Чтобы создать такие материалы нужно, прежде всего, уметь изменять геометрию поверхности, т.е. создавать микроструктуры, которые либо сами будут обладать нужными оптическими свойствами, либо будут матрицей или структурными элементами метаматериала.
Нами исследуется три направления по технологии создания микроструктур:
- электронно-лучевая литография, силовая литография с использованием сканирующего зондового микроскопа и гальванопластика.
- Электронно-лучевая литография позволяет создавать сложные рельефы на больших площадях в специальных чувствительных к электронному лучу материалах – резистах. (Рис.1)
Силовая литография может работать на размерах в сотни микрон, но с наномерным разрешением и создавать структуры как в очег удаления материала (скарайбирование, так и за счет вдавливания (наноиндентирования). (Рис.2).
С помощью гальванопластики можно получить сложные самоорганизованные структуры различных размеров в зависимости от применяемых электролитов и режимов осаждения, например наноиоиуры (Рис.3).
Каждое из этих направлений имеет большие перспективы при создании материалов и оптических элементов с необычными новыми свойствами.

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Спиновые кроссоверы

Руководитель направления: д.ф.-м.н. Новакова Алла Андреевна
Тел.: 939-12-26, дворовый корпус, к. 1-23а



Карта нейтронного рассеяния для точной многослойной полимерной пленки на основе диблок-сополимера (полистирол /полибути