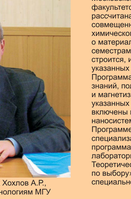
Новая специальность “Наносистемы и наноустройства” (набор в группу 345)

Специализация «Наносистемы и наноустройства»



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

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, полученных 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 наноустройствам. Также в Программу включены курсы по химическим и биологическим основам нанотехнологий, наноматериалам, 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, изучение которых входит 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.

Уважаемые студенты!

В этом году в третий раз будет осуществляться набор в новую межкафедральную группу 345 по специальности “**Наносистемы и наноустройства**”.
Обучение будет происходить по индивидуальному плану, 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.

Три причины поступать в группу 345:

1. Возможность получить междисциплинарное образование, прослушав лекции лучших профессоров различных факультетов МГУ.

2. Свобода выбора студентами индивидуальной образовательной траектории, нацеленной на тематику дипломной работы и будущей аспирантуры.

3. Возможность работать по проектам Российской корпорации нанотехнологий (РОСНАНО) ещё в студенческие годы и получить высокооплачиваемую работу после окончания учёбы.

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 раскрываться в курсе «Молекулярные основы живых систем». В соответствии изучение указанных курсов должно обеспечить получение студентами междисциплинарного образования. В 8 семестре, один из обязательных курсов посвящен углубленному изучению физики конденсированного состояния вещества и физики «мягких» сред. Программы этого курса предусматривают основное 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 нанострутур», в котором предполагается развитие основ физики конденсированного состояния с учетом специфики нанострутур. В девятом семестре в двух 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 наносистем. 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 программе 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-ом семестрах практическая работа предусматривается в виде научно-исследовательской работы студентов в лабораториях по специализации.

Список спецкурсов

- Введение в физику конденсированного состояния вещества
- Методы получения наносистем и наноматериалов
- Молекулярные основы живых систем
- Введение физику нанострутур
- Физика мягких (неупорядоченных, аморфных, стеклообразных и жидких) сред
- Оптика наносистем
- Физическая химия наноби0систем
- Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда
- Физика магнетиков и наносистем
- Экономика, менеджмент и охрана интеллектуальной собственности в наукоемких технологиях
- Сканирующая зондовая микроскопия
- Наноструктурированная Электроника
- Фотонные кристаллы и метаматериалы
- Структурная физика наноматериалов
- Нанотехнологии в сенсорах для нейтронного анализа
- Физика поверхности твердого тела
- Введение в науку о полимерах
- Физика наноупругодных материалов
- Аналитическая наноскопия
- Динамика и функционирование нанобиоструктур
- Микро- и наноразмерные колебательные системы с малой диссипацией
- Наноматериалы для каталитических и электрохимических процессов
- Конструирование наноматериалы
- Химия конденсированного состояния вещества и наносистем
- Коллоидные системы

Студентам 3 курса

Заявление о распределении в новую группу нужно подать до основного распределения по кафедрам.

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 345 группы Клеща Виктора Ивановича Физический факультет, к.ЦЛ2-а, тел. 939-41-26.
e-mail: klesch@poly.phys.msu.ru

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 принимает 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 МГУ).

КАФЕДРА КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Сканирующая зондовая микроскопия и физика наноструктур

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

Лаборатория «Сверхпроводящий зондовый микроскоп и физика наноструктур» сформировалась на кафедре около 20 лет назад. Инициатором её создания был замечательный кафедрой академик Л.В. Кедыш (первый лауреат премии Ротшильда, вручленной ему 6 октября 2009 г.). Для организации лаборатории на кафедру был приглашен д.ф.м.н. В.Н. Панов. Первоначальные задачи лаборатории состояли в разработке и применении сверхпроводящего сканирующий микроскопа 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 один из первых отечественных зондовых микроскопов, использующих методы атомно-силовой спектроскопии, а также осуществлены первые манипуляции молекулами и наноструктурированием на поверхности (работы были сделаны почти на два года раньше, чем известные эксперименты группы из IBM, в которых эти буквы были выложены атомами с помощью туннельного микроскопа).

За последние годы в лаборатории были развиты новые локальные методы диагностики и обнаружены принципиально новые эффекты, игравшие ключевую роль в понимании процессов, происходящих в наноструктурах и которые могут служить основой для создания элементов электронных, оптоэлектронных и сенсорных устройств наномерного геометрии. Работы лаборатории были отмечены в 2001 году Государственной премии РФ по науке в технике. Молодые сотрудники, студенты и аспиранты лаборатории неоднократно получали гранты «Сороосский студент» и «Сороосский аспирант», награждались международными стипендиями и стипендиями в частности стипендией Гумбольта. Лаборатория поддерживает контакты и ведет совместные работы с несколькими зарубежными университетами и лабораториями (среди них университеты Гейдельберга, Цюриха, ETH Zurich, ULI.eleven (Бельгия), TUM (Германия) и др.)

В настоящее время лаборатория ведет работы по нескольким направлениям.

1. Экспериментальное изучение (методами локальной зондовой микроскопии/спектроскопии) процессов зарождения наноструктурных, гиперразмерных систем и молекулярных кластеров.
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) процессов зарождения и энергетической структуры гибридных примесных и молекулярных орбиталей. Изучение фундаментальной проблемы управляемого роста молекулярных кластеров и разработки методов формирования наносистем с заданными свойствами на основе самоорганизации наночастиц.
2. Исследование методами оптической микроскопии, спектроскопии и поляриметрии близкого поля (СОМПИ) влияния спектральных свойств элементарных возбуждений на основные характеристики гибкого 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 методов 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.

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Нанокристаллы для оптоэлектроники и биомедицины

Руководитель направления: проф. Виктор Юрьевич Тимошенко
Тел. 939-4681, комн. 223 в здании ЦКП физического факультета МГУ

проф. В.Ю.Тимошенко

Изображение в просвечивающем электронном микроскопе кремниевых нанокристаллов в матрице диоксида кремния для оптоэлектронных и информационных применений.

Образцы суспензий кремниевых нанокристаллов для биомедицинских применений. Средние размеры нанокристаллов указаны сверху. Красно-желтые пятна в центре – сгустки

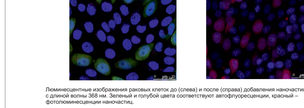
В настоящее время во многих лабораториях мира проводятся исследования свойств нанокристаллов полупроводников с характерными минимальными размерами от 1 до 10 нм. Наноструктуры, имеющие такие размеры в трех измерениях, называются *квантовыми точками (quantum dots)*, что подчеркивает важность квантовых эффектов в подобных объектах. Оказывается, что оптические и электронные свойства квантовых точек могут очень сильно отличаться от свойств объемных микроскопических фаз вещества, состоящего из тех же атомов. Учитывая уникальность свойств наноструктурированных материалов, важных для создания новых видов приборов и устройств, иногда их еще образно называют **искусственными атомами (*artificial atoms*)**. Так, например, кремний, в виде массивного монокристалла или аморфного слоя имеет непрямую зонную структуру и эффективность люминесценции в ближнем инфракрасном диапазоне 1 мкм. В то же время наноструктуры кремния начинают интенсивно светиться при оптическом или электрическом возбуждении. При этом, уменьшая размеры наноструктуры, можно контролируемо перестраивать спектр люминесценции от ближней ИК до видимой области спектра. Все это открывает новые возможности для практических применений кремния известных веществ в различных сферах, в том числе в полупроводниковой оптоэлектронике, биомолекулярных технологиях и в медицине при создании новых лекарственных и диагностических средств.

В лабораториях на кафедре общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ в группе **проф. В.Ю.Тимошенко** изучаются фундаментальные явления в системах, состоящих из наноразмерных кристаллитов, имеющих как кремний, карбид кремния, диоксид олова, материалы AIII-BV и других полупроводниковых соединений. Часть изучаемых образцов приготавливается на современном технологическом оборудовании, имеющемся на кафедре и в Центре коллективного пользования (ЦКП) МГУ. В экспериментах также используются образцы кванговых точек, полученных в ведущих научных центрах и лабораториях в России и за рубежом, в том числе, на химическом факультете МГУ, на факультете прикладной физики Университета Фрайбурга (Германия), в Лаборатории лазеров, плазмы и фотонных процессов Университета Марселя (Франция).

Фундаментальная научная задача, решению 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 атомов на поверхности нанокристаллов в электронные и оптические свойства их ансамблей. Знания закономерностей такого влияния, можно создавать новые материалы и устройства с уникальными характеристиками. Например, можно управлять интенсивностями и электрическими свойствами наноматериалов, используя оптическое возбуждение светом подавляющей длины волны. Практическая реализация такой идеи позволит создать высокочувствительные сенсоры, совместимые с портативными устройствами для мониторинга состояния атмосферы и организма человека. Особое внимание в проводимых исследованиях уделяется также свойствам экситонов в квантовых наноструктурах, которые могут использоваться для создания новых оптических и электронных приборов, например, как молекулы кислорода и воды 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 оптоэлектронными устройствами обработки информации. Изучение поведения квантовых точек для новых оптических и информационных технологий проводится совместно с Институтом лазерных и информационных технологий РАН, Физико-техническим институтом им.А.Ф.Иоффе РАН, Государственным Университетом Молдовы и Физическим институтом Национальной Академии Наук Украины.

В проводимых на физическом факультете МГУ исследованиях изучаются возможности использования нанокристаллов полупроводников для диагностики и лечения различных заболеваний, в том числе, для адресной доставки лекарств, терапии рака, а также подавления распространения вирусов. Биологические эксперименты проводятся в рамках международных исследовательских лабораториям Института экспериментальной и теоретической биофизики РАН (г.Пущино), НИИ фармакологии РАМН, НИИ вирусологии РАМН, Научного Центра вирусологии, гинекологии и иммунологии Ресмедтехнологий, Корейским исследовательским институтом биоонауки и биоинженерии(г.Тэджон, Южная Корея).

При проведении экспериментальных исследований в лаборатории используются всевозможные методы. Работы поддерживаются рядом российских и международных научных грантов и грантов. Студенты и аспиранты, активно участвующие в научных исследованиях имеют возможность стажироваться за границей в организациях-партнерах.

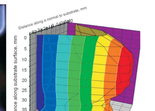


Люминесцентные изображения раковых клеток до (слева) и после (справа) добавления наночастиц. Возбуждение с длиной волны 365 нм. Зеленый и голубой цвета соответствует автофлуоресценции, красный – фотолюминесценции наночастиц.

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ И КРИСТАЛЛОВ

Углеродные материалы: фундаментальные основы и практические технологии

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



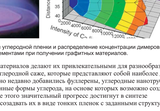
Фотография плазмы в процессе осаждения углеродной пленки и распределение концентрации димеров углерода С2, служащих строительными элементами при получении графитных материалов.

Уникальные физические свойства углеродных материалов делают их привлекательными для разнообразных практических применений. К алмазу, графиту, углеродной саже, которые представляют собой наиболее давние и хорошо известные формы углерода, относительно недавно добавились фуллерены, углеродные нанотрубки, нанолампы, графен и другие наноструктурированные формы углерода, на основе которых возможно создание новых технологий, приборов и устройств. Кроме этого многостенный перспектив достигнут в синтезе графитизированных алмазов в графите, что позволяет создавать из в виде тонких пленок и здравным структурным характеристикам.

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 массивов из ориентированных углеродных нанотрубок. 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 научные основы различных практических применений этих материалов. Примерами таких применений могут служить разрабатываемые в лаборатории:
- высокоэффективные источники света и рентгеновские трубки на основе нано-графитных полевых катодов;
- нано-электро-механические системы на основе гибких наноразмерных автоэмиттеров;

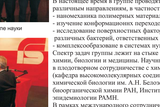
Рабочий момент на форуме Nanotechnology'08, Москва, Российская Федерация
Справа - академик РАН Алфимов М.В.

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



Отдельные алмазные кристаллиты, полученные в с помощью плазмохимического осаждения

Фуллереты на поверхности слюды



Самоорганизованные линейки наноалмазных на поверхности слюды.

Группа сканирующей зондовой микроскопии полимеров, электронная просвечивающая микроскопия

Руководитель направления: профессор Яминский Игорь Владимирович
Тел.: 939-1009, комн. 224, Лабораторный корпус А

Студенты группы на Первом фестивале науки

Проводимая 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 нанометров.
С помощью сканирующей зондовой микроскопии и отличие от растровой и просвечивающей электронной микроскопии изучают объекты не только в сверхвысоком вакууме, но и на воздухе и даже в жидких средах. Последние 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

Спектр задач группы лежит за стыке нескольких наук – физики, химии, биологии и медицины. Научные исследования проводятся в плодотворном сотрудничестве с химическим факультетом МГУ (кафедра высокомолекулярных соединений), Институтом биоинженерии биологии им. А.Н. Белозерского, Институтом биоорганической химии РАН, Институтом микробиологии и вирусологии РАМН.
В рамках международного сотрудничества ведутся совместные исследования с университетом Сейнт-Луиса (США), Институтом биологии (Бельгия), кафедрой микробиологии Аризонского государственного университета (США), Институтом физики твердого тела НАН Беларуси, Институтом химии новых материалов (Беларусь).
В группе имеется в наличии уникальное оборудование: собственные разработки (сканирующие туннельные и атомно-силовые микроскопы различного назначения), так и современный комплекс аппаратуры зарубежного производства – электронный просвечивающий микроскоп Nanoscope III фирмы Digital Instruments, USA.

Самоорганизованные линейки в-карраинина на поверхности слюды.

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
Сайт научной группы: http://genphys.phys.msu.ru/rus/sci/nanogroup

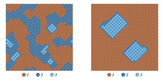


Рис. 1

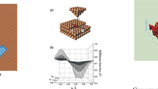


Рис. 2

Для успешного прогресса в современных технологиях необходимо создание принципиально новых устройств, действующих на наноструктурах. В связи с этим, наноструктуры на поверхности металлов вызывают значительный научных интерес. Специфичность свойств вещества в наноструктурах определяется тем, что новые физические явления обусловлены тем, что характерные размеры элементов структуры 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-ом семестрах практическая работа предусматривается в виде научно-исследовательской работы студентов в лабораториях по специализации.

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: popovv@compoptics.ru

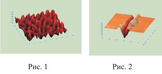


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Структура поверхности материала оказывает существенное влияние на его оптические свойства. Если идеально плоская поверхность может лишь отразить или пропустить падающее на нее излучение без изменения волнового фронта, то поверхность с размером рельефа порядка длины волны изменяет характер пучка радиальным образом. В зависимости от характеристик рельефа эта поверхность может фокусировать или рассеивать световой поток, рассыпать его на множество лучей, поглощ0ровать по длине 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 изменить показатель преломления материала, его отражающие свойства. Внедрение же в структуру дисперсных наночастиц металлов или диэлектриков позволяет управлять 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 микроструктуру на поверхности, 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, сплошная литография с использованием сканирующего зондового микроскопа и гальванопластика.
Электронно-лучевая литография позволяет создавать сложные рельефы на больших площадях с отдельными чувствительных к электронному лучу материалах - резистах. (Рис.1)
Сплошная литография может работать на размерах в сотни микрон, но с наноотверстием разрешением и создавать структуры как за счет удаления материала (скрайбирование, так и за счет выращивания (наноосаждениями). (Рис.2),
С помощью гальванопластики можно получить сложные конгатамы со следующими характеристиками: высокоразмерные структуры различных размеров в зависимости от применяемых электролитов и режимов осаждения, например нанокнопки (Рис.3).
Каждое из этих направлений имеет большие перспективы при создании материалов и оптических элементов с необычными новыми свойствами.

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

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

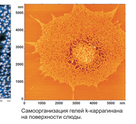
Научная группа профессора Новиковой А.А.

После первых успехов применения наночастиц (НЧ) в электронике и биомедицине в мире начались усиленные поиски способов НЧ для создания нового класса сверхпрочных конструкционных композитов, покрытий и керамик для нужд аэрокосмической промышленности, строительства и ремонта для дорогостоящих работ. Разнообразные синтезированные НЧ могут значительно улучшить свойства конструкционных материалов (прочностные, тепловые, огнезащитные, магнитные, оптические и т.д.). Находящиеся внутри конструкционных материалов некоторые специальные наночастицы смогут одновременно работать как очень чувствительные сенсоры состояния конструкций. Наиболее перспективными для создания наноконцентратов на данный момент считаются такие НМ, как оксиды SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2 и углеродные наноструктуры.

Создание новых конструкционных композитов является очень не простой задачей. Получив нужные наночастицы, мы не просто получаем материал, предназначенный к условиям дальнейшего использования, а должны получить порошковые композиты, состоящие из частиц несущего материала (железо, бетон, полимер, стекло, керамика и т.д.) и НМ. Для его получения нужно, прежде всего, получить огромное количество частиц, очень тонкие химические и металлургические технологии. Для разработки последних и вырабатки регламента их температурных режимов работы необходимо формировать тонкие физические методы исследования на разных этапах получения как исходных наноредуктов (прекурсоров), так и наномоноштабах. Здесь следует отметить, что из-за очень малых размеров НМ многие традиционные физические методы исследования структуры вещества становятся нерентгеновыми. Поэтому на смену рентгенодифракционным и металлографическим методам в случае исследования НМ приходит методы электронографии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, осуществляемые в электронных микроскопах высокого разрешения. Широкое применение здесь находят также другие спектроскопические методы: ИК-, Рамановская и Мессбауровская спектроскопии. Совершенно необходимыми “инструментами” для исследования становятся такие методы, как термографиеи, дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравитный анализ и зондовая микроскопия.

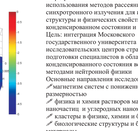
Справа: Микрофотографии, начиная от электронного просвечивающем микроскопе

Нанокомпозит, состоящий из углеродных нанотрубок, выращенных на наночастицах Fe-Al-O (а), изменение взаимной концентрации элементов в катализаторе Fe-Al-O приводит к изменению размера частиц и морфологии нанокомпозита (б)



КАФЕДРА НЕЙТРОНОГРАФИИ

Заведующий кафедрой нейтронографии, профессор В.Л.Аксенов
Руководитель направления: доцент Гончаров Сергей Антонович
Тел. 939-24-92, e-mail: gsa@srd.sinp.msu.ru



Карта нейтронного рассеяния для тонкой многослойной полимерной пленки на основе диблок-сополимера (полистирол -полибутилметакрилат)

Кафедра готовит специалистов в области использования методов рассеяния нейтронов и синхротронного излучения для изучения структуры и физических свойств вещества в конденсированном состоянии и наноматериалов. Цель: интеграция Московского государственного университета и ведущих исследовательских центров страны для подготовки специалистов в области изучения конденсированного состояния вещества методами нейтронной физики
Основные направления исследований:
- магнетизм систем с пониженной размерностью
- физика и кинетика растворов магнитных наночастиц и углеродных нанотрубок
- кластеры в фазах, химии и биологии
- биологические структуры и биосовместимые материалы
- наносистемы для адресной доставки лекарств
- функциональные и конструкционные материалы

Учебный процесс
В 7-10 семестрах учебный процесс частично проходит в г. Дубна на базе филиала ВИНИТИ МГУ (ЦИЯР)

Основные спецкурсы кафедры:
«Введение в физику конденсированных сред», «Квантовая теория твердого тела», «Надатомные структуры в наноматериалах», «Введение в нейтронографию», «Теория рассеяния», «Дифракционный структурный анализ», «Нейтронная оптика», «Синхротронное излучение в исследованиях конденсированных сред»

Учебно-научная база
- Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна Московской области)
- МГУ, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына (г. Москва)
- Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (г. Москва)
- Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова Российской академии наук (г. Москва)

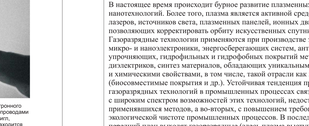
КАФЕДРА МАГНЕТИЗМА

МАГНЕТИЗМ В НАНОМИРЕ

Руководитель направления: доцент Перов Николай Сергеевич
Тел. 939-18-47, комн. 1-30, e-mail: perov@magn.ru

Изображение золотой СТМ иглы, полученные с помощью Просвечивающего Электронного Микроскопа. Нижнее увеличение слева. Итто наводится вершина иглы, которая в виде сферы с радиусом кривизны ~ 100 нм. Верхнее увеличение справа. Игла наводится на нагретое отдельно стоящего нанопровода. Диаметр острия около 80 нм, что значительно тоньше, чем в случае игл вытравленных в кислоте, однако поверхность более чистая.

Уникальные свойства наночастиц, возникающие за счет поверхностных или квантово-размерных эффектов, являются объектом интенсивных исследований. Особое место в этом ряду занимают магнитные характеристики наночастиц. Здесь наиболее отчетливо выявлены различия свойств очень крупнокристаллических и нанокристаллических материалов и соответствующими наночастицами, что вызывает повышенный интерес специалистов различного профиля. Меня размеры, форму, состав, строение наночастиц, способ их получения, можно в широких пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе.
Вот лишь пара примеров из многих. Одна из перспективных технологии применения гиперзарядных технологий в промышленных процессах связана, во-первых, с широким спектром возможностей этих технологий, недоступных для ранее применявшихся методов, а во-вторых, с повышенным требований к экологической чистоте промышленных процессов. В последнее время на передний план выходят гиперзарядные (здесь плазма выступает как рабочее тело технических устройств) наноструктурированные пары новых наноструктурированных материалов наноструктурированных частиц, волокон, пленок и покрытий.
В группе ведутся систематические работы по разработке физических принципов работы процессов источников плазмы, а также разработке действующих моделей источников плазмы и плазменных реакторов для целей наноэлектроники.



Современная цивилизация стоит перед лицом глобальной энергетической проблемы. Солнце способно существенно помочь в ее решении поступающая на Землю мощность солнечного излучения превышает нынешние потребности человечества примерно тысячекратно. Вместе с тем, современные солнечные элементы (в основном кремниевые), увы, слишком дорого, что тормозит массовое внедрение солнечной 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 сочетают в себе управляемые полупроводниковые свойства (ширина запрещенной зоны, высокий коэффициент поглощения и т.д.) с привлекательными свойствами полимеров (пластичность, технологичность, низкая стоимость и т.д.). Полимерные солнечные фотоэлементы имеют высокий потенциал для практического применения, т.к. они обладают новыми качествами: гибкость, малый вес, возможность производить на гибкой подложке для покрытия больших площадей. Кроме того, они перспективны для управления широкого спектра продукции, использующей фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: мобильные электроника, интеллектуальные стекла преобразователи солнечной энергии, системы фотодеградации пленки, тенты, навесы, покрытия и даже такие.
Наиболее эффективные полимерные солнечные фотоэлементы основаны на полимер-фуллереновых нанокомпозитах. Однако, эффективность таких фотоэлементов не превышает 4-6%. Для существенного повышения эффективности требуются новые материалы и технологии как уже 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 нанотехнологий в тесном контакте с разработчиками фотоактивных 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 светоизлучающих диодов, солнечных батарей (например, имм можно будет «наклеивать» стены), одноразовой электроники (интеллектуальные метки, наклейки и т.д.). Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить комплексные исследования свойств новых материалов, готовить из них образцы наноконструктивных солнечных фотоэлементов и измерять их характеристики.

Гибкая полимерная солнечная батарея.

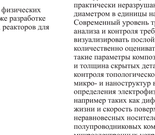
Некоторые вещества чувствительны к влаге и кислороду. Их приходится готовить в специальном боксе.

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

Студентка кафедры магнетизма Семисалова А.С. готовится к проведению измерений спектров ФМР на бинарных наночастицах при низких температурах.



Студент кафедры магнетизма В.Е. Мигунов готовит образцы полупроводниковых наностру