

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Спектроскопические и зондовые методы исследования наноструктур Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Харинцев С.С.

Рецензент(ы):

Салахов М.Х.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Харинцев С.С. Кафедра оптики и нанофотоники Отделение физики, skharint@gmail.com

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Спектроскопические и зондовые методы исследования наноструктур современных методов электронной и сканирующей зондовой микро-скопии и основных физических принципов, на основе которых формируются изображения в таких микроскопах с нанометровым и атомарным пространственным разрешением; получение базовых знаний, позволяющих применять данные методы в современных нанотехнологиях.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Целью дисциплины является формирование знаний о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе изучения наноструктур; получение общих представлений о нанотехнологиях, как о принципиально новом шаге в развитии науки и производства. Лекции посвящены теоретическим основам и практическим приложениям физических эффектов используемых в спектроскопии и зондовой микроскопии. Излагаются методы исследования различных наноструктур (наночастиц и нанотрубок, объемных наноструктур, нанокатализаторов и др.) Рассматриваются возможности использования наноструктурированных материалов и наноустройств в различных областях (нанoeлектронике, спинтронике, химии, биологии)

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовностью рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения готовностью рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения
ППК-1 (профессиональные компетенции)	готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ППК-6 (профессиональные компетенции)	способностью организовывать работу малых групп исполнителей

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Обладать теоретическими знаниями о физических явлениях на поверхности твердых тел, ю. процессы, происходящие при взаимодействии электронов различной энергии с веществом;

- физические принципы формирования изображения в фотоэлектронных и Оже спектрометрах;
- конструктивные особенности микроскопов и их сравнительных возможности, недостатки и преимущества, особенности подготовки образцов для измерений на микроскопах различного типа;
- физику туннелирования электронов через потенциальные барьеры и основы сканирующей туннельной спектроскопии;
- физические эффекты, лежащие в основе работы атомно-силовых и магнитно-силовых микроскопов;
- экспериментальные методы, позволяющие получать информацию с нанометровым разрешением о морфологии, электрических и магнитных свойствах поверхности твердых тел;

2. должен уметь:

- выбирать нужный метод для получения в нанометровом масштабе измерений данных о морфологии, магнитных, оптических и электронных свойствах в зависимости от типа образцов и поставленных исследовательских задач; формулировать требования к образцам в зависимости от выбранного метода; анализировать полученные результаты, учитывая возможные погрешности и артефакты, использовать информационные средства и технологии, для интерпретации полученных результатов.

3. должен владеть:

навыками использования полученных знаний в области микроскопии для решения профессиональных задач.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Ориентироваться в современной проблематике и наиболее актуальных задачах исследования наноструктур

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Введение. Основные принципы исследования наноструктур	7	1	2	2	0	
2.	Тема 2. Фотоэлектронная спектроскопия	7	2	2	2	0	
3.	Тема 3. Оже спектроскопия и микроскопия	7	3	2	2	0	
4.	Тема 4. Исследование микро- и наноструктур поверхности методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Введение.	7	5	2	2	0	
5.	Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия	7	6	2	2	15	
6.	Тема 6. Сканирующая туннельная спектроскопия	7	7	2	2	0	
7.	Тема 7. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) и спектроскопия	7	8	2	2	15	
8.	Тема 8. Сканирующая ближнеполюсная оптическая микроскопия ближнего поля (СБОМ) и рамановская спектроскопия	7	9	2	2	23	
9.	Тема 9. Применение СЗМ для исследования наноструктур	7	10	2	2	5	
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	18	58	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Основные принципы исследования наноструктур

лекционное занятие (2 часа(ов)):

1.1. Исторический очерк развития спектроскопических и зондовых методов изучения наноструктур. 1.2. Краткая сравнительная характеристика различных методов применительно к анализу топографии поверхности, структуры и состава наноструктурированных твердых тел.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения нанотехнологий

Тема 2. Фотоэлектронная спектроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

2.1. Ультрафиолетовая и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. 2.2. Химические сдвиги и их использование для определения химического состава поверхности

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения фотоэлектронной спектроскопии

Тема 3. Оже спектроскопия и микроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

3.1. Оже-эффект. 3.2. Анализ атомарного состава поверхности с помощью оже-электронов. 3.3. Использование Оже-спектроскопии для исследования наноструктур

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения Оже спектроскопии для исследования наноструктур

Тема 4. Исследование микро- и наноструктур поверхности методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Введение.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

4.1. Общие принципы и основные типы сканирующих зондовых микроскопов. 4.2. Пьезосканеры СЗМ. 4.3. Кантилеверы СЗМ

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения СЗМ для исследования наноструктур

Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

5.1. Зонная диаграмма туннельного контакта двух проводников. Уравнение для туннельного тока. 5.2. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. Режимы сканирования. Режимы постоянного тока и постоянной высоты. 5.3. Визуализация топографии и распределения плотности электронных состояний на поверхности. Атомарное разрешение.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения СТМ для исследования наноструктур

лабораторная работа (15 часа(ов)):

Изготовление методом электрохимического травления зондов для сканирующего туннельного микроскопа. Оценка размеров кончика зонда с помощью оптического микроскопа. Оформление отчета о работе.

Тема 6. Сканирующая туннельная спектроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

6.1. Визуализация распределения плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми. 6.2. Туннельная спектроскопия одной молекулы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения сканирующей туннельной спектроскопии для изучения наноструктур

Тема 7. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) и спектроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

7.1. Устройство и атомно-силового микроскопа. 7.2. Дальнодействующие и короткодействующие силы при взаимодействии микрозонда АСМ с поверхностью. 7.3. АСМ спектроскопия на основе использования силовых кривых

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения АСМ для изучения наноструктур

лабораторная работа (15 часа(ов)):

Изучение методического пособия и освоение работы на атомно-силовом микроскопе. Получение с помощью АСМ изображения тестовых наноструктур. Характеризация упругих свойств поверхности с помощью атомно-силовой спектроскопии. Оформление отчета о работе.

Тема 8. Сканирующая ближнеполюсная оптическая микроскопия ближнего поля (СБОМ) и рамановская спектроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

8.1. Устройство и принципы работы СБОМ. Устройство и методы изготовления СБОМ зондов. 8.2. Методы удержания СБОМ зонда. Латеральная неконтактная мода Shear-Force Mode. 8.3. Рамановская спектроскопия с помощью зондового микроскопа

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения СБОМ для изучения наноструктур

лабораторная работа (23 часа(ов)):

1. Изучение инструкции по работе на Спектрометре комбинационного рассеивания. Получение спектров тестовых наноструктур. 2. Изучение методического пособия по СБОМ. Получение электрохимическим методом зондов для работы СБОМ в режиме shear-force. Получение изображений тестовых наноструктур. Оформление отчетов о работе.

Тема 9. Применение СЗМ для исследования наноструктур

лекционное занятие (2 часа(ов)):

9.1. Особенности исследования микро- и наноструктур с помощью СЗМ в различных средах (вакууме, газах, жидкостях) 9.2. Применение СЗМ в химии, биологии, медицине. 9.3. Применение СЗМ в микроэлектронике. Контроль интегральных схем, оптических и магнитных носителей информации.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Поиск в Интернете примеров применения зондовой микроскопии для изучения наноструктур

лабораторная работа (5 часа(ов)):

Получение с помощью АСМ изображений от оригинальных наноструктур (треки в мембранах, дифракционные решетки и др.) Оформление отчета о работе.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе-стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Основные принципы исследования наноструктур	7	1	Подготовка к устному опросу	2	Устный опрос на лекции для выяснения уровня подготовки студентов

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия	7	6	Выполнение лабораторной работы	15	Отчет по проделанной лабораторной работе
7.	Тема 7. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) и спектроскопия	7	8	Выполнение лабораторной работы	15	Отчет по проделанной лабораторной работе
8.	Тема 8. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия ближнего поля (СБОМ) и рамановская спектроскопия	7	9	Выполнение лабораторных работ	23	Отчет по проделанной лабораторной работе
9.	Тема 9. Применение СЗМ для исследования наноструктур	7	10	Выполнение лабораторных работ	13	Отчет по проделанной лабораторной работе
	Итого				68	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

1. Устный опрос по пройденному материалу в виде дискуссии, на основании которой выявляются разделы и понятия недостаточно хорошо понятые студентами на предыдущей лекции.
2. Подготовка рефератов (в виде компьютерного файла) по заранее выбранным темам из области нанотехнологий.
3. Отчет о проделанной лабораторной работе в электронном или печатном виде.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение. Основные принципы исследования наноструктур

Устный опрос на лекции для выяснения уровня подготовки студентов, примерные вопросы: Вопросы, позволяющие выяснить уровень знаний студентов о нанотехнологиях и наноструктурах

Тема 2. Фотоэлектронная спектроскопия

Тема 3. Оже спектроскопия и микроскопия

Тема 4. Исследование микро- и наноструктур поверхности методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Введение.

Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия

Отчет по проделанной лабораторной работе, примерные вопросы:

Изготовление методом электрохимического травления зондов для сканирующего туннельного микроскопа. Оценка размеров кончика зонда с помощью оптического микроскопа.

Тема 6. Сканирующая туннельная спектроскопия

Тема 7. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) и спектроскопия

Отчет по проделанной лабораторной работе , примерные вопросы:

Получение с помощью АСМ изображения тестовых наноструктур. Характеризация упругих свойств поверхности с помощью атомно-силовой спектроскопии.

Тема 8. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия ближнего поля (СБОМ) и рамановская спектроскопия

Отчет по проделанной лабораторной работе , примерные вопросы:

1. Получение спектров тестовых наноструктур Спектрометре комбинационного рассеивания.
 2. Получение электрохимическим методом зондов для работы СБОМ в режиме shear-force.
- Получение изображений тестовых наноструктур.

Тема 9. Применение СЗМ для исследования наноструктур

Отчет по проделанной лабораторной работе , примерные вопросы:

Получение с помощью АСМ изображений от оригинальных наноструктур (треки в мембранах, дифракционные решетки и др.)

Итоговая форма контроля

экзамен (в 7 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Вышеприведенные вопросы для устного опроса и темы рефератов ведут к развитию следующих компетенций: ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-27, ПК-22, ПК-19, ПК-17, ПК-1.

Список вопросов для экзаменационных билетов

1. Краткая сравнительная характеристика различных методов применительно к анализу топографии поверхности, структуры и состава твердых тел.
2. Особенности взаимодействия сфокусированного электронного пучка с поверхностью твердого тела.
3. Конструкция фотоэлектронного спектрометра.
4. Анализаторы энергии электронов.
5. Конструкция Оже-спектрометра.
6. Химический сдвиг и фотоэлектронные спектры.
7. Пьезосканеры сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ).
8. Зонная диаграмма туннельного контакта двух проводников. Уравнение для туннельного тока сканирующем туннельном микроскопе (СТМ).
9. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. Режимы сканирования- постоянного тока и постоянной высоты в СТМ.
10. Особенности визуализации топографии и распределения плотности электронных состояний на поверхности. Атомарное разрешение в СТМ.
11. Микрозонды для сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ).
12. Визуализация распределения плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми с помощью сканирующей туннельной спектроскопии .
13. Устройство атомно-силового микроскопа (АСМ).
14. Дальнодействующие и короткодействующие силы при взаимодействии микрозонда АСМ с поверхностью.
15. Методы детектирования положения кантилевера.
16. Магнитно-силовая микроскопия.
17. Методы визуализации СЗМ изображений. Цветовая шкала высот. Построение трехмерных изображений. Использование эффекта боковой подсветки.

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекции читаются с использованием заранее подготовленных компьютер-ных презентаций и проекционного оборудования. В презентациях используются схемы, графики, фотографии и анимации, наглядно демонстрирующие работу микроскопов, получение изображений и методы их обработки. Перед началом курса студенты получают CD диск, на котором имеются презентации по всем лекциям, имеется необходимый учебный материал в виде книг и обзорных статей, Интернет-адресов, которые могут использоваться студентами при подготовке к коллоквиумам и экзамену

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Харинцев С.С. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Салахов М.Х. _____

"__" _____ 201__ г.