

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор _____ В.С.Бухмин

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика поверхности и тонких пленок

Цикл ДС

ГСЭ - общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины; ЕН - общие математические и естественнонаучные дисциплины; ОПД - общепрофессиональные дисциплины; ДС - дисциплины специализации; ФТД - факультативы.

Специальность: 010400 — Физика
(Номер специальности) (Название специальности)

Принята на заседании кафедры физики твёрдого тела
(Название кафедры)

(протокол № 7 от "17" сентября 2009 г.)

Заведующий кафедрой
_____ (Л.Р.Тагиров)

Утверждена Учебно-методической комиссией физического факультета
(Название факультета)

КГУ

(протокол № ___ от "___" _____ 200__ г.)

Председатель комиссии
_____ (Д.А. Таюрский)

Методические указания (пояснительная записка)

Рабочая программа дисциплины

"Физика поверхности и тонких пленок"

Предназначена для студентов 4 курса,

по специальности: 010400

(Номер специальности)

–

Физика

(Название специальности)

АВТОР: В.Ю. Петухов

КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ:

Лекционный курс включает физические представления о поверхностных электронных состояниях, о характере абсорбции и взаимодействия быстрых частиц с поверхностью. Изложена техника получения тонких пленок и модификации поверхности с помощью традиционных вакуумно-термических, а также современных ионно-лучевых и ионно-плазменных методов. Рассмотрены основные современные методы исследования поверхности. Лекционный курс сопровождается лабораторным практикумом по получению тонких пленок и изучению их свойств.

1. Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение дисциплины «Физика поверхности и тонких пленок»
(Наименование дисциплины)

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- обладать теоретическими знаниями об электронной структуре поверхности, физической и химической адсорбции и о физике взаимодействия быстрых частиц с поверхностью;
- обладать знаниями о лучевых методах получения и модификации поверхностных свойств тонких пленок и наноструктур;
- иметь представление о современных методах исследования тонких пленок. Получить навыки работы на современных установках по получению тонких пленок и модификации их свойств, а также современных приборах по исследованию поверхности и тонких пленок.

2. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Форма обучения очная
очная, заочная, вечерняя

Количество семестров 1

Форма контроля: 8 семестр экзамен
зачет, экзамен

№ п/п	Виды учебных занятий	Количество часов	
			8 семестр
1.	Всего часов по дисциплине		129
2.	Самостоятельная работа		27
3.	Аудиторных занятий		102
	в том числе: лекций		51
	семинарских (или лабораторно-практических) занятий		51

Содержание дисциплины

ТРЕБОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ

Индекс	Наименование дисциплины и ее основные разделы	Всего часов
ДС	-	

Примечание: если дисциплина устанавливается вузом самостоятельно, то в данной таблице ставится прочерк.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
1	Введение. Основные понятия, используемые в физике и химии поверхности	1	
2	Электронная структура поверхности и адсорбция. Поверхностные состояния Тамма и Шокли. Изгиб зон и пиннинг уровня Ферми вблизи поверхности полупроводников. Физическая и химическая адсорбция.	2	
3	Работа выхода и методы ее измерения. Электрохимический потенциал. Основные экспериментальные методы измерения работы выхода.	2	

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
4	Адсорбция и катализ. Роль диссоциативной хемосорбции и молекулярной физической адсорбции в гетерогенном катализе. Методы исследования каталитических реакций на поверхности.	3	
5	Введение в радиационную физику. Ионизирующее излучение. Воздействие радиации на свойства твердых тел	1	
6	Ионная имплантация как метод модификации физических свойств приповерхностных слоев. Эффекты и явления, сопровождающие ионную бомбардировку (радиационное дефектообразование, вакансионное распухание, ионное распыление, ионно-стимулированная диффузия и др.).	4	
7	Ионно-лучевой синтез (ИЛС). Процессы зарождения и механизмы роста новой фазы. Основные закономерности ИЛС. Особенности и отличия ИЛС от традиционных методов получения тонких пленок. Некоторые примеры ИЛС.	4	6
8	Ионно-стимулированное осаждение. Двухлучевой метод (схема с двумя ионными источниками).	2	
9	Электронно-лучевое осаждение. Процессы, происходящие при бомбардировке вещества электронами. Термическая и нетермическая электронно-лучевая обработка.	2	

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
10	Молекулярно-лучевая эпитаксия. Схемы основных методов кристаллизации при МЛЭ.	2	
11	Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Способы получения низкотемпературной плазмы. Реактивное ионно-плазменное осаждение.	2	12
12	Кристаллография поверхности и дифракция электронов. Симметрия поверхности и описание ее структуры. Методы структурно-фазового анализа. Рентгеновская дифракция. Определение структуры поверхности с помощью дифракции медленных электронов и дифракции быстрых электронов.	4	6
13	Методы элементного анализа. Обратное резерфордское рассеяние, Оже-электронная спектроскопия, вторичная ионная масс-спектрометрия, рентгеновский флюоресцентный анализ.	4	
14	Методы исследования магнитных свойств. Магнитная радиоспектроскопия (ЭПР, ФМР), магнитооптические методы (эффекты Фарадея и Керра).	5	15
15	Традиционные микроскопические методы исследования поверхности. Растровая и просвечивающая электронная микроскопия. Техника поперечного среза. Полевая микроскопия.	3	6

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов	
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия
16	Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.	2	
17	Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и спектроскопия (СТС) для изучения поверхности на атомарном и молекулярном уровне. Основные принципы работы СТМ, получение атомарного разрешения. Метод вольт-амперных характеристик при изучении электронной структуры поверхности. Использование СТМ для нанолитографии.	3	6
18	Сканирующая силовая микроскопия (ССМ) - новый метод исследования физических и химических свойств поверхности в нанометровом масштабе. Магнитно-силовая микроскопия.	5	
Итого часов:		51	51

Примечание: программа содержит подробную характеристику содержания темы. Название, количество тем в программе, количество часов на каждую тему определяется согласно Государственному образовательному стандарту по специальности.

ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ЛАБОРАТОРНОГО СПЕЦПРАКТИКУМА
«Получение тонких пленок ионно-лучевыми методами
и исследование их свойств»

I. Методы получения тонких пленок

1. Ионно-лучевой синтез наноструктурированных слоев.
2. Получение тонких пленок методом магнетронного напыления на постоянном токе.
3. Нанесение магнитных пленок на диэлектрические материалы методом ВЧ магнетронного напыления.

II. Методы исследования тонких пленок и поверхности

4. ЭПР в наноструктурированных материалах.
5. Исследование тонких ферромагнитных пленок методом ФМР.
6. Исследование ионно-имплантированных слоев методом поперечного среза (“cross-section”) в просвечивающей электронной микроскопии.
7. Методы сканирующей зондовой микроскопии поверхности твердых тел (атомно-силовая и туннельная микроскопия).
8. Рентгеноструктурный анализ тонких пленок методом скользящих лучей.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006. – 490 с.
2. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнология. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.- 416 с.
3. Зенгуил Э. Физика поверхности. М.: Мир, 1990. – 536 с.
4. Ф. Фельдман, Д. Майер. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир, 1989. – 342 с.
5. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. М.: Мир, 1989. – 488 с.
6. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Дж. Поута.- М.: Машиностроение, 1987. – 424 с.
7. И.А. Аброян, А.Н. Андронов, А.И. Титов. Физические основы электронной и ионной технологии.- М.: Высшая школа, 1984.- 320 с.
8. Д. Вудраф, Т. Делчар. Современные методы исследования поверхности.- М.: Мир, 1989.- 564с.
9. Х. Риссел, И.Руге. Ионная имплантация.- М.: Наука, 1983. – 360 с.
10. Тонкие пленки. Взаимная диффузия и реакции/ Под ред. Дж. Поута, К. Ту, Дж. Мейера.- М.: Мир, 1982.- 576 с.
11. Я.С. Уманский и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия.- М.: Металлургия, 1982.- 632с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Бухараев, Д.В. Овчинников, А.А. Бухараева "Диагностика поверхности с помощью сканирующей силовой микроскопии (обзор)" // Заводская лаборатория, 1997, № 5. с. 10-27.
2. Кузьмичев А. Магнетронные распылительные системы. Книга 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. М.: Аверс, 2008. – 244 с.
3. Крапухин В.В., Соколов И.А., Кузнецов Г.Д. Технология материалов электронной техники – М.: МИСИС, 1995. - 493 с.
4. Г.Ф. Ивановский, В.И. Петров. Ионно-плазменная обработка материалов.- М.: Радио и связь, 1986.- 232 с.

Приложение
к программе дисциплины
Физика поверхности и тонких пленок
(Наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

Билет № 1

1. Физическая и химическая адсорбция.
2. Методы структурно-фазового анализа.

Билет № 2

1. Электронная структура поверхности и адсорбция.
2. Методы магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок.

Билет № 3

1. Поверхностные состояния Тамма и Шокли.
2. Ионное легирование полупроводников. Применение ионной имплантации для создания приборов микроэлектроники.

Билет № 4

1. Адсорбция и катализ.
2. Эффекты при радиационном воздействии на твердые тела.

Билет № 5

1. Ионизирующее излучение. Ядерное и электронное торможение ионов.
2. Сканирующая туннельная микроскопия.

Билет № 6

1. Профили распределения примеси при ионной имплантации.
2. Основные принципы работы атомно-силового микроскопа.

Билет № 7

1. Радиационные дефекты в твердых телах.
2. Метод вольт-амперных характеристик при изучении электронной структуры поверхности.

Билет № 8

1. Радиационное распухание (свеллинг). Блистеринг.
2. Сканирующая силовая микроскопия.

Билет № 9

1. Ионно-лучевой синтез. Основные закономерности и особенности
2. Нанолитография с помощью АСМ

Билет № 10

1. Ионно-стимулированное осаждение.
2. Нанометрология с помощью АСМ, эффекты свертки, реконструкция поверхности по АСМ-изображению.

Билет № 11

1. Термическая и нетермическая электронно-лучевая обработка.
2. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии.

Билет № 12

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
2. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия.

Билет № 13

1. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
2. Отжиг радиационных нарушений.

Билет № 14

1. Работа выхода и методы ее измерения.
2. Методы элементного анализа тонких пленок.

Билет № 15

1. Роль диссоциативной хемосорбции и молекулярной физической адсорбции в гетерогенном катализе.
2. Магнитные и магнито-оптические методы исследования тонких пленок.

Билет № 16

1. Методы исследования каталитических реакций на поверхности.
2. Кристаллография поверхности и дифракция электронов.