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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.
_____
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем Б3.Б.6

Направление подготовки: 222900.62 - Нанотехнологии и микросистемная техника
Профиль подготовки: не предусмотрено
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Автор(ы):
Вагизов Ф.Г.
Рецензент(ы):
Тагиров Л.Р.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No

Казань
2014

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, к.н. (доцент) Вагизов Ф.Г. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , Farit.Vagizov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

- знакомство с основными методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем, связанными с исследованием их физических свойств, элементного состава, структуры и геометрических параметров наноразмерных частиц и материалов;
- изучение принципов построения оборудования и экспериментальной реализации методов анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем;
- получение знаний о современных достижениях в развитии методов анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем;
- формирование у студентов современного понимания основных научно-технических проблем и перспектив развития данного направления.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.Б.6 Профессиональный" основной образовательной программы 222900.62 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7, 8 семестры.

является вариативной частью профессионального цикла (блок Б.3) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника"

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3, Б6 Профессиональный" основной образовательной программы 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7, 8 семестры и является вариативной частью профессионального цикла (блок Б.3) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника"

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-13 (общекультурные компетенции)	способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ОК-13);
ПК-10 (профессиональные компетенции)	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-11 (профессиональные компетенции)	готовностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-14 (профессиональные компетенции)	готовностью рассчитывать и моделировать основные параметры наноструктурных материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации
ПК-24 (профессиональные компетенции)	готовностью организовывать контроль качества выпускаемой продукции, проведению сертификации изделий нанотехнологии
ПК-25 (профессиональные компетенции)	готовностью применять знания о действующих стандартах и технических условиях, положениях и инструкциях по эксплуатации исследовательского оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации
ПК-26 (профессиональные компетенции)	готовностью применять знания о постановлениях, распоряжениях, приказах, методических и нормативных материалах в области нанотехнологии

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- классификацию основных методов анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем;
- физические принципы и сущность явлений, на которых основаны методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем;
- базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве для контроля синтеза материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

2. должен уметь:

- применять полученные знания для совершенствования технологических процессов;
- применять современные методы оперативного контроля основных параметров тонкопленочного покрытия и методов исследования тонкопленочных материалов и свойств поверхности;
- осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований и организации опытно-промышленного производства;
- применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов нано и микросистемной техники;
- применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации.

3. должен владеть:

- навыками работы на современных установках по получению тонких пленок и модификации их свойств, а также навыками работы на современных приборах по исследованию поверхности и тонких пленок
- методами обработки и оценки погрешности результатов измерений.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- выбора методов и средств анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем;

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

- проводить экспериментальные исследования по анализу и контролю материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- анализировать и систематизировать результаты исследований, обрабатывать и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) 288 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 семестре; отсутствует в 7 семестре; экзамен в 8 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Предмет и задачи курса "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"	6	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов.	6	2-3	4	0	4	устный опрос
3.	Тема 3. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	6	4	2	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии	6	5	2	0	4	устный опрос
5.	Тема 5. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов	6	6	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Элементы динамической теории рассеяния	6	7	2	0	4	устный опрос
7.	Тема 7. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.	6	8	2	0	0	устный опрос
8.	Тема 8. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины.	6	9	2	0	4	контрольная работа
9.	Тема 9. Фазовый анализ материалов	6	10	2	0	0	устный опрос
10.	Тема 10. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций	6	11	2	0	4	устный опрос
11.	Тема 11. Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов.	6	12-13	4	0	4	устный опрос
12.	Тема 12. Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров	6	14-15	4	0	4	устный опрос
13.	Тема 13. Адсорбционная, эмиссионная и конверсионная мессбауэровская спектроскопия	6	16-17	4	0	4	устный опрос
14.	Тема 14. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса	6	18	2	0	4	контрольная работа
15.	Тема 15. Основы метода ЭПР и его применение для изучения еизкоразмерных систем	7	1-2	4	0	6	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
16.	Тема 16. Методы, основанные на дифракции электронов	7	3	2	0	4	устный опрос
17.	Тема 17. Трансмиссионная электронная микроскопия	7	4	2	0	4	устный опрос
18.	Тема 18. Исследование структуры поверхности методом дифракции медленных электронов	7	5	2	0	4	устный опрос
19.	Тема 19. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц	7	6	2	0	6	устный опрос
20.	Тема 20. Сканирующая зондовая микроскопия	7	7	2	0	4	устный опрос
21.	Тема 21. Плазмонный резонанс	7	8	2	0	4	устный опрос
22.	Тема 22. Специальные методы исследования.	7	9	2	0	4	контрольная работа
23.	Тема 23. Лаб.1. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)	8	1	0	0	4	устный опрос
24.	Тема 24. Лаб.2. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях	8	2	0	0	4	устный опрос
25.	Тема 25. Лаб.3. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка	8	3	0	0	4	тестирование

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
26.	Тема 26. Лаб.4. Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса	8	4	0	0	4	устный опрос
27.	Тема 27. Лаб.5. Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.	8	5	0	0	4	устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	зачет
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			54	0	92	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Предмет и задачи курса "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие структуры материалов, специфические требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Общие характеристики методов изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Определяющее значение аналитических методов в исследовательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойствами и контроля качества материалов и приборов.

Тема 2. Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

2.1. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Введение в рентгеноспектральный анализ. Методы возбуждения рентгеновских спектров. Источники рентгеновского излучения. Работа рентгеновской трубки. Классификация рентгеновских переходов. Сплошной и характеристический рентгеновский спектр. Синхротронное излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Классическая теория поглощения рентгеновских лучей. Квантовая теория поглощения рентгеновских лучей. Закон поглощения рентгеновских лучей, рентгеновская дефектоскопия, фильтрация рентгеновского излучения. Преломление рентгеновских лучей. Флюоресцентное излучение. Спектрометры рентгеновского излучения с волновой и энергетической дисперсией. Микрорентгеноспектральный анализ, схема прибора, особенности применения. Спектрометрические схемы в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Интенсивность линий флуоресценции. Количественный анализ в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Аналитические возможности метода

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях

Тема 3. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

2.2. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Сущность методов электронной спектроскопии, Оже- электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Информационная глубина. Схема спектрометров, типы приборов. Эле-ментная чувствительность. Подготовка образцов. Изучение профилей распределения кон-центрации по глубине. Качественный и количественный Оже- и ЭСХА- анализ. Характеристика применений.

Тема 4. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии

лекционное занятие (2 часа(ов)):

2.3. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Физические основы метода ВИМС и формирование сигнала. Аппаратура метода и его аналитические характеристики. Статический и динамический режимы работы. Под-готовка образцов. Анализ распределений концентрации по глубине. Количественный анализ ВИМС. Области применимости метода.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

Тема 5. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Раздел 3. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов 3.1. Теоретические основы дифракционных методов исследования структуры материалов. 3.1.1.Кинематическая теория рассеяния, основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения. Вектор и угол рассеяния. Выражения для амплитуды рассеяния волн в кинематическом приближении. Рассеяние на объектах с периодической структурой. Обратная решетка, связь между прямой и обратной решетками. Уравнение дифракции Лауэ. Формула Вульфа-Брегга. Построение Эвальда. Фактор формы и рассеяние кристаллами конечных размеров. Угловая ширина дифракционного максимума в кинематическом приближении. Рассеяние поликристаллами, аморфными телами

Тема 6. Элементы динамической теории рассеяния

лекционное занятие (2 часа(ов)):

3.1.2. Элементы динамической теории рассеяния. Рассеяние идеальными кристаллами. Волновое поле в кристалле. Экстинкция. Двухволновое приближение. Отражение по схеме Брегга. Область полного интерференционно-го отражения. Интегральный коэффициент отражения в динамическом приближении.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

Тема 7. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

3.2. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризация рассеянного излучения. Рассеяние атомов - атомная амплитуда когерентного рассеяния рентгеновских лучей. Рассеяние кристаллом - структурная амплитуда рассеяния. Влияние температуры на интенсивность дифракционной картины. Интегральный коэффициент отражения.

Тема 8. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла (Дебая-Шерера). Геометрия рентгенограмм и интенсивность дифракционных максимумов на рентгенограммах поликристаллов. Расчет и индицирование рентгенограмм.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

Тема 9. Фазовый анализ материалов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Идентификация вещества по данным межплоскостных расстояний. Фазовый анализ материалов. Возможности количественного и качественного анализа. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки и его приложения в ма-териаловедении. Оценка точности. Рентгенографическое определение напряжений 1 рода, коэффициентов теплового расширения, исследование твердых растворов. Анализ уширения профиля рентгеновских дифракционных максимумов. Оценка размеров нанокристалллов.

Тема 10. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Влияние текстуры на дифракционную картину поликристаллов. Понятие о полюсных фигурах. Работа и устройство двухкристального рентгеновского спектрометра. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

Тема 11. Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

3.3. Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов. Взаимодействие гамма излучения с веществом. Форма линии испускания гамма переходов. Полная ширина уровня и конверсия. Линия поглощения гамма квантов. Потери энергии на отдачу и доплеровское уширение линии. Безотдачное излучение и поглощение гамма квантов в твердых телах - эффект Мессбауэра. Прохождение гамма лучей через исследуемый объект. Техника мессбауэровского эксперимента. Система движения мессбауэровского спектрометра. Магнитные измерения. Температурные измерения. Расчет параметров спектров поглощения.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение микроструктуры наноструктированного материала методом адсорбционной мессбауэровской спектроскопии

Тема 12. Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров. Изомерный сдвиг. Квадрупольное взаимодействие. Магнитная сверхтонкая структура. Комбинированные магнитное и электрическое сверхтонкие взаимодействия. Определение параметров сверхтонкого взаимодействия из экспериментальных спектров. Определение параметров сверхтонкого взаимодействия из экспериментальных спектров. Особенности регистрации резонансного гамма излучения. Разновидности мессбауэровского эксперимента

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение микроструктуры наноструктированного материала методом адсорбционной мессбауэровской спектроскопии

Тема 13. Адсорбционная, эмиссионная и конверсионная мессбауэровская спектроскопия

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Адсорбционная и эмиссионная мессбауэровская спектросокпия. Интерференция ядерного резонансного и релеевского рассеяния. Рэлеевское рассеяние мессбауэровского излучения. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов. Взаимодействие электронов с веществом. Электроны конверсии и фотоэлектроны. Селективная по глубине мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (СГМСКЭ): весовые функции. СГМСКЭ с использованием газоразрядных пропорциональных детекторов. Временная мессбауэровская спектросокпия резонансного рассеяния вперед. Неупругое ядерное резонансное рассеяние.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение микроструктуры поверхности наноструктированного материала методом мессбауэровской спектроскопии конверсионных электронов (МСКЭ)

Тема 14. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса

лекционное занятие (2 часа(ов)):

3.4. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса 3.4.1. Введение в радиоспектроскопию. Магнитный резонанс. Классификация методов магнитного резонанса. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Электронный ферромагнитный резонанс (ФМР). Электронный антиферромагнитный резонанс (АФМР). Двойной электронно-ядерный магнитный резонанс (ДЭЯР). Оптически детектируемый магнитный резонанс (ОДМР), Циклотронный резонанс (ЦР).

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение микроструктуры поверхности наноструктированного материала методом мессбауэровской спектроскопии конверсионных электронов (МСКЭ)

Тема 15. Основы метода ЭПР и его применение для изучения еизкоразмерных систем

лекционное занятие (4 часа(ов)):

3.4.2. Основы метода ЭПР. Условие возникновения электронного парамагнитныго резонанса. Основные параметры спектров ЭПР. Положение сигнала ЭПР и g-фактор. Интенсивность, ширина и форма линий ЭПР. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Тонкая структура спектров ЭПР. Техника эксперимента электронного парамагнитныго резонанса. ЭПР спектрометры. Проведение экспериментов и методика обработки спектров электронного парамагнитныго резонанса. Определение g ? фактора. Определение числа парамагнитных центров.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение фазового состава наноструктированного материала используя селективную по глубине мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов (СГМСКЭ)

Тема 16. Методы, основанные на дифракции электронов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

3.5. Методы, основанные на дифракции электронов. Электронография. Особенности рассеяния электронов атомами вещества. Принцип работы электронографа и типы электронограмм. Подготовка образцов. Применение электронографии. Симметрия точечных электронограмм. Расчет и индицирование электронограмм. Электронограммы поликристаллов, влияние текстуры.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение фазового состава наноструктированного материала используя селективную по глубине мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов (СГМСКЭ)

Тема 17. Трансмиссионная электронная микроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Трансмиссионная электронная микроскопия. Оптическая схема электронного микроскопа. Наблюдение в светлом и темном поле. Микродифракция. Разрешающая способность электронного микроскопа. Понятие о дифракционном контрасте. Колонковое приближение. Использование амплитудно-фазовых диаграмм для анализа контраста. Контраст на границах зерен, дефектах упа-ковки, дислокациях. Возможность определения направления и знака вектора Бюргерса дислокаций, типа дислокационных петель.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение фазового состава наноструктированного материала используя селективную по глубине мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов (СГМСКЭ)

Тема 18. Исследование структуры поверхности методом дифракции медленных электронов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Исследование гетерогенных сплавов. Возможности микродифракции. Адсорбционный контраст. Метод реплик. Исследование структуры поверхности кристаллов методом дифракции медленных электронов (ДМЭ). Схема эксперимента, формирование дифракционной картины. Анализ поверхностных сверхструктур. Основные результаты и области применений.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Исследование процесса коррозии поверхности материала в воздушной среде посредством МСКЭ

Тема 19. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Раздел 4. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом. Схема РЭМ и особенности формирования изображения. Виды контраста в РЭМ. Разрешающая способность и качество изображения. До-полнительная обработка сигнала в РЭМ для получения информации. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Лабораторная работа. Исследование процесса коррозии поверхности материала в воздушной среде посредством МСКЭ

Тема 20. Сканирующая зондовая микроскопия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей. Трансмиссионная электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение суперпарамагнетизма слоя ионов Fe+, имплантированных в подложку SiO2

Тема 21. Плазмонный резонанс

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Плазмонный резонанс. Оптические свойства металлических наночастиц. Оптические свойства электронного газа в металлах. Поверхностный плазмонный резонанс сферической металлической наночастицы. Измерение спектров оптического пропускания на спектрофотометре. Определение размеров металлических наночастиц из спектра плазмонного резонанса.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Изучение суперпарамагнетизма слоя ионов Fe+, имплантированных в подложку SiO2

Тема 22. Специальные методы исследования.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Раздел 5. Специальные методы исследования. Нейтронография. Возможности применения нейтронографии для изучения наночастиц и наноматериалов. Эмиссионная микроскопия. Ионный проектор. Метод резерфордовского обратного рассеяния ионов.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа. Определение размеров металлических наночастиц из спектра плазмонного резонанса.

Тема 23. Лаб.1. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лаб.1. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

Тема 24. Лаб.2. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лаб.2. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях

Тема 25. Лаб.3. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лаб.3. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

Тема 26. Лаб.4. Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лаб.4. Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса

Тема 27. Лаб.5. Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лаб.5. Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Предмет и задачи курса "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"	6	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов.	6	2-3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	6	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии	6	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов	6	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Элементы динамической теории рассеяния	6	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.	6	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины.	6	9	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	0	устный опрос
9.	Тема 9. Фазовый анализ материалов	6	10	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций	6	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов.	6	12-13	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
12.	Тема 12. Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров	6	14-15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Адсорбционная, эмиссионная и конверсионная мессбауэровская спектроскопия	6	16-17	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
14.	Тема 14. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса	6	18	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	0	устный опрос
15.	Тема 15. Основы метода ЭПР и его применение для изучения еизкоразмерных систем	7	1-2	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
16.	Тема 16. Методы, основанные на дифракции электронов	7	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
17.	Тема 17. Трансмиссионная электронная микроскопия	7	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
18.	Тема 18. Исследование структуры поверхности методом дифракции медленных электронов	7	5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
19.	Тема 19. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц	7	6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
20.	Тема 20. Сканирующая зондовая микроскопия	7	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
21.	Тема 21. Плазмонный резонанс	7	8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
22.	Тема 22. Специальные методы исследования.	7	9	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
23.	Тема 23. Лаб.1. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)	8	1	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
24.	Тема 24. Лаб.2. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях	8	2	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
25.	Тема 25. Лаб.3. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка	8	3	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
26.	Тема 26. Лаб.4. Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса	8	4	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
27.	Тема 27. Лаб.5. Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.	8	5	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				106	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции (использование проблемных ситуаций, демонстрационного эксперимента), практические занятия (решение задач и интерактивные методы работы - это активное, постоянное взаимодействие между преподавателем и студентом в процессе обучения), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

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

Тема 1. Предмет и задачи курса "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"

устный опрос , примерные вопросы:

Понятие структуры материалов, специфические требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Общие характеристики методов изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Определяющее значение аналитических методов в исследовательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойствами и контроля качества материалов и приборов.

Тема 2. Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов.

устный опрос , примерные вопросы:

Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов. 2.1. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Введение в рентгеноспектральный анализ. Методы возбуждения рентгеновских спектров. Источники рентгеновского излучения. Работа рентгеновской трубки. Классификация рентгеновских переходов. Сплошной и характеристический рентгеновский спектр. Синхротронное излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Классическая теория поглощения рентгеновских лучей. Квантовая теория поглощения рентгеновских лучей. Закон поглощения рентгеновских лучей, рентгеновская дефектоскопия, фильтрация рентгеновского излучения. Преломление рентгеновских лучей. Флюоресцентное излучение. Спектрометры рентгеновского излучения с волновой и энергетической дисперсией. Микрорентгеноспектральный анализ, схема прибора, особенности применения. Спектрометрические схемы в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Интенсивность линий флуоресценции. Количественный анализ в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Аналитические возможности метода.

Тема 3. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.

устный опрос , примерные вопросы:

Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Сущность методов электронной спектроскопии, Оже- электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Информационная глубина. Схема спектрометров, типы приборов. Эле-ментная чувствительность. Подготовка образцов. Изучение профилей распределения кон-центрации по глубине. Качественный и количественный Оже- и ЭСХА- анализ. Характеристика применений.

Тема 4. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии

устный опрос , примерные вопросы:

Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Физические основы метода ВИМС и формирование сигнала. Аппаратура метода и его аналитические характеристики. Статический и динамический режимы работы. Под-готовка образцов. Анализ распределений концентрации по глубине. Количественный анализ ВИМС. Области применимости метода.

Тема 5. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов

устный опрос , примерные вопросы:

Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов 3.1. Теоретические основы дифракционных методов исследования структуры материалов. 3.1.1.Кинематическая теория рассеяния, основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения. Вектор и угол рассеяния. Выражения для амплитуды рассеяния волн в кинематическом приближении. Рассеяние на объектах с периодической структурой. Обратная решетка, связь между прямой и обратной решетками. Уравнение дифракции Лауэ. Формула Вульфа-Брегга. Построение Эвальда. Фактор формы и рассеяние кристаллами конечных размеров. Угловая ширина дифракционного максимума в кинематическом приближении. Рассеяние поликристаллами, аморфными телами.

Тема 6. Элементы динамической теории рассеяния

устный опрос , примерные вопросы:

Элементы динамической теории рассеяния. Рассеяние идеальными кристаллами. Волновое поле в кристалле. Экстинкция. Двухволновое приближение. Отражение по схеме Брегга. Область полного интерференционно-го отражения. Интегральный коэффициент отражения в динамическом приближении.

Тема 7. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.

устный опрос , примерные вопросы:

Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризация рассеянного излучения. Рассеяние атомов - атомная амплитуда когерентного рассеяния рентгеновских лучей. Рассеяние кристаллом - структурная амплитуда рассеяния. Влияние температуры на интенсивность дифракционной картины. Интегральный коэффициент отражения.

Тема 8. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины.

контрольная работа , примерные вопросы:

контрольная работа по пройденным темам: Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов

устный опрос , примерные вопросы:

Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла (Дебая-Шерера). Геометрия рентгенограмм и интенсивность дифракционных максимумов на рентгенограммах поликристаллов. Расчет и индицирование рентгенограмм.

Тема 9. Фазовый анализ материалов

устный опрос , примерные вопросы:

Идентификация вещества по данным межплоскостных расстояний. Фазовый анализ материалов. Возможности количественного и качественного анализа. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки и его приложения в ма-териаловедении. Оценка точности. Рентгенографическое определение напряжений 1 рода, коэффициентов теплового расширения, исследование твердых растворов. Анализ уширения профиля рентгеновских дифракционных максимумов. Оценка размеров нанокристалллов.

Тема 10. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций

устный опрос , примерные вопросы:

Влияние текстуры на дифракционную картину поликристаллов. Понятие о полюсных фигурах. Работа и устройство двухкристального рентгеновского спектрометра. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.

Тема 11. Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов.

устный опрос , примерные вопросы:

Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов. Взаимодействие гамма излучения с веществом. Форма линии испускания гамма переходов. Полная ширина уровня и конверсия. Линия поглощения гамма квантов. Потери энергии на отдачу и доплеровское уширение линии. Безотдачное излучение и поглощение гамма квантов в твердых телах - эффект Мессбауэра. Прохождение гамма лучей через исследуемый объект. Техника мессбауэровского эксперимента. Система движения мессбауэровского спектрометра. Магнитные измерения. Температурные измерения. Расчет параметров спектров поглощения.

Тема 12. Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров

устный опрос , примерные вопросы:

Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров. Изомерный сдвиг. Квадрупольное взаимодействие. Магнитная сверхтонкая структура. Комбинированные магнитное и электрическое сверхтонкие взаимодействия. Определение параметров сверхтонкого взаимодействия из экспериментальных спектров. Определение параметров сверхтонкого взаимодействия из экспериментальных спектров. Особенности регистрации резонансного гамма излучения. Разновидности мессбауэровского эксперимента.

Тема 13. Адсорбционная, эмиссионная и конверсионная мессбауэровская спектроскопия

устный опрос , примерные вопросы:

Адсорбционная и эмиссионная мессбауэровская спектросокпия. Интерференция ядерного резонансного и релеевского рассеяния. Рэлеевское рассеяние мессбауэровского излучения. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов. Взаимодействие электронов с веществом. Электроны конверсии и фотоэлектроны. Селективная по глубине мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (СГМСКЭ): весовые функции. СГМСКЭ с использованием газоразрядных пропорциональных детекторов. Временная мессбауэровская спектросокпия резонансного рассеяния вперед. Неупругое ядерное резонансное рассеяние.

Тема 14. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса

контрольная работа , примерные вопросы:

контрольная работа по пройденным темам: Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов. Фазовый анализ материалов Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций Адсорбционная, эмиссионная и конверсионная мессбауэровская спектроскопия

устный опрос , примерные вопросы:

Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса 3.4.1. Введение в радиоспектроскопию. Магнитный резонанс. Классификация методов магнитного резонанса. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Электронный ферромагнитный резонанс (ФМР). Электронный антиферромагнитный резонанс (АФМР). Двойной электронно-ядерный магнитный резонанс (ДЭЯР). Оптически детектируемый магнитный резонанс (ОДМР), Циклотронный резонанс (ЦР).

Тема 15. Основы метода ЭПР и его применение для изучения еизкоразмерных систем

устный опрос , примерные вопросы:

. Основы метода ЭПР. Условие возникновения электронного парамагнитныго резонанса. Основные параметры спектров ЭПР. Положение сигнала ЭПР и g-фактор. Интенсивность, ширина и форма линий ЭПР. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Тонкая структура спектров ЭПР. Техника эксперимента электронного парамагнитныго резонанса. ЭПР спектрометры. Проведение экспериментов и методика обработки спектров электронного парамагнитныго резонанса. Определение g ? фактора. Определение числа парамагнитных центров.

Тема 16. Методы, основанные на дифракции электронов

устный опрос , примерные вопросы:

Методы, основанные на дифракции электронов. Электронография. Особенности рассеяния электронов атомами вещества. Принцип работы электронографа и типы электронограмм. Подготовка образцов. Применение электронографии. Симметрия точечных электронограмм. Расчет и индицирование электронограмм. Электронограммы поликристаллов, влияние текстуры.

Тема 17. Трансмиссионная электронная микроскопия

устный опрос , примерные вопросы:

Трансмиссионная электронная микроскопия. Оптическая схема электронного микроскопа. Наблюдение в светлом и темном поле. Микродифракция. Разрешающая способность электронного микроскопа. Понятие о дифракционном контрасте. Колонковое приближение. Использование амплитудно-фазовых диаграмм для анализа контраста. Контраст на границах зерен, дефектах упа-ковки, дислокациях. Возможность определения направления и знака вектора Бюргерса дислокаций, типа дислокационных петель.

Тема 18. Исследование структуры поверхности методом дифракции медленных электронов

устный опрос , примерные вопросы:

Исследование гетерогенных сплавов. Возможности микродифракции. Адсорбционный контраст. Метод реплик. Исследование структуры поверхности кристаллов методом дифракции медленных электронов (ДМЭ). Схема эксперимента, формирование дифракционной картины. Анализ поверхностных сверхструктур. Основные результаты и области применений.

Тема 19. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц

устный опрос , примерные вопросы:

Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом. Схема РЭМ и особенности формирования изображения. Виды контраста в РЭМ. Разрешающая способность и качество изображения. До-полнительная обработка сигнала в РЭМ для получения информации. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений.

Тема 20. Сканирующая зондовая микроскопия

устный опрос , примерные вопросы:

Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей. Трансмиссионная электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц.

Тема 21. Плазмонный резонанс

устный опрос , примерные вопросы:

Плазмонный резонанс. Оптические свойства металлических наночастиц. Оптические свойства электронного газа в металлах. Поверхностный плазмонный резонанс сферической металлической наночастицы. Измерение спектров оптического пропускания на спектрофотометре. Определение размеров металлических наночастиц из спектра плазмонного резонанса.

Тема 22. Специальные методы исследования.

контрольная работа , примерные вопросы:

контрольная работа по пройденным темам: Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса Методы, основанные на дифракции электронов Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц Сканирующая зондовая микроскопия Исследование структуры поверхности методом дифракции медленных электронов

устный опрос , примерные вопросы:

Специальные методы исследования. Нейтронография. Возможности применения нейтронографии для изучения наночастиц и наноматериалов. Эмиссионная микроскопия. Ионный проектор. Метод резерфордовского обратного рассеяния ионов.

Тема 23. Лаб.1. Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

устный опрос , примерные вопросы:

Отчет по лабораторной работе: Определение элементного состава наноструктированного материала методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА)

Тема 24. Лаб.2. Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях

устный опрос , примерные вопросы:

Отчет по лабораторной работе: Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях

Тема 25. Лаб.3. Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

устный опрос , примерные вопросы:

Отчет по лабораторной работе: Исследование поверхностных слоев наноструктированного материала методом скользящего рентгеновского пучка

Тема 26. Лаб.4. Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса

устный опрос , примерные вопросы:

Отчет по лабораторной работе: Исследование тонких пленок методом электронного парамагнитного резонанса

Тема 27. Лаб.5. Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.

устный опрос , примерные вопросы:

Отчет по лабораторной работе: Исследование магнитных свойств тонких пленок нанометровой толщины с помощью системы измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9.

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Программой дисциплины в рамках балльно-рейтинговой системы предусмотрены несколько видов контроля. Текущий контроль - контрольные работы и контроль за выполнением лабораторных работ, контроль успеваемости в форме устного опрома и промежуточный контроль в форме экзамена (8 семестр) и зачета (6 семестр):

тесты, контрольные письменные задания, рефераты, доклады по различным разделам дисциплины

Перечисленные формы контроля по дисциплине приведут к формированию следующих компетенций: ПК-4, ПК-6, ПК-10, ПК-11, ПК-24, ПК-25, ПК-26

Темы контрольных рефератов

1. Основы метода рентгеновской рефлектометрии
2. Применение РЭМ и спектральных методов для изучения наноразмерного структурно-фазового состояния и химического состава материалов.
3. Применение ядерно-физических методов для изучения состояния твердых тел.
4. Оборудование для рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Сравнение преимущества и недостатков РФЭС
5. Обзор статей по применения РФЭС при исследованию наноструктур
6. Масс-спектрометрия вторичных ионов в исследовании полупроводниковых гетероструктур.
7. История развития методов Сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и их физические принципы

Контрольные вопросы по разделам

Раздел 1. Введение.

1. Является ли объект с характерным размером 300 нм наноструктурой?
2. В каких областях могут применятся нанотехнологии?
3. Почему нанообъекты нельзя наблюдать в оптические микроскопы?
4. По каким параметрам классифицируются дисперсные (коллоидные) системы?
5. Дисперсные системы гомогенны или гетерогенны?
6. Что такое "наноструктурирование"?
7. Чем различаются подходы "сверху-вниз" и "снизу вверх"?
8. Объясните понятия "квантовая точка", "квантовая нить", "квантовая яма"?
9. Почему некоторые атомные кластеры относят как к нульмерным, так и к одномерным наноструктурам?
10. Существуют ли трехмерные наноструктуры?

11. Приведите примеры одномерных и двумерных наноструктур.
12. Какие требования предъявляются к методам диагностики наночастиц и наноматериалов?
13. Чем отличаются методы изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов?
14. Роль аналитических методов в иссле-довательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойст-вами и контроля качества материалов и приборов.

Раздел 2. Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов.

1. Энергетические уровни электронов в атоме и типы характеристических рентгеновских квантов.
2. Принцип работы энергодисперсионного рентгеновского спектрометра.
3. Типовые источники рентгеновского возбуждения фотоэлектронов.
4. Принцип работы монохроматора
5. Типы анализаторов электронов (достоинства и недостатки)
6. Оптимизация скорости счёта импульсов. Мёртвое время.
7. Факторы, определяющие пространственное разрешение.
8. Какими параметрами определяется интенсивность детектируемого характеристического рентгеновского излучения?
9. Метод картирования элементного состава.
10. Рентгеноспектральный анализ (РСА).
11. Методы рентгеноспектрального анализа: эмиссионный, флюоресцентый, абсорбционный.
12. Применение метода РФЭС для анализа вещества и для исследования электронной структуры твердых тел.
13. Физические основы РСА (тормозное и характеристическое излучения, закон Мозли, спектры .
14. Приборы РСА: одновременного и последовательного действия, энергодисперсионные, бездисперсионные и с дисперсией по углам.
15. Количественный анализ на непрерывном и характеристическом излучении. Применение для определения растворимости в жидких металлах.
16. Качественный и количественный РСА. Чувствительность и точность метода РСА.
17. Количественный анализ в РФЭС, точность метода.
18. Применение метода РФЭС для анализа вещества и для исследования электронной структуры твердых тел.
19. Как видоизменяется форма спектральной линии оже-электронов в случае, когда энергия взаимодействия дырок в конечном состоянии велика по сравнению с шириной валентной зоны?
20. Построение градуировочных характеристик в оже-спектроскопии и в рентгеноэлектронной спектроскопии.
21. Методы регенерации электронных спектров.
22. Распределительный анализ методами оже- и рентгенофотоэлектронной спектроскопии.
23. Локальность определений в оже- и рентгенофотоэлектронной спектроскопии.
24. Вторично-ионная эмиссия. Коэффициенты относительной чувствительности.
25. Различные типы масс-спектрометров: квадрупольные, секторные, с двойной фокусировкой- времяпролетные.
26. Построение профилей распределения концентрации по глубине методом масс-спектрометрии вторичных ионов. Разрешение по глубине.
27. Построение градировочных характеристик масс-спектрометрии вторичных ионов.
28. Времяпролетная масс-спектрометрия вторичных ионов. Ионная спектроскопии.
29. Локальность электронно-зондового рентгеноспектрального анализа. Анализ тонких пленок. Анализ нанослоев. Анализ индивидуальных частиц.

30. Метод спектрометрии вторичных ионов (схема измерения, область применения, возможности метода, динамический и статический режимы измерений).
31. Связь выхода вторичных ионов с параметрами образца и первичного пучка ионов.
32. Основные закономерности вторичной эмиссии ионов (энергия, типы ионов, коэффициент ионизации, влияние матрицы).
33. Количественный анализ методом ВИМС (градуировка по эталону).
34. Количественный анализ методом ВИМС (градуировка по внутреннему эталону).
35. Построение профиля распределения примесных атомов методом ВИМС.

Раздел 3. Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов

1. Особенности дифракционных методов исследования структуры материалов.
2. Кинематическая теория рассеяния, основные положения и область ее применения.
3. Вектор и угол рассеяния. Выражения для амплитуды рассеяния волн в кинематическом приближении.
4. Рассеяние на объектах с периодической структурой.
5. Обратная решетка, связь между прямой и обратной решетками.
6. Уравнение дифракции Лауэ. Формула Вульфа-Брегга.
7. Построение Эвальда. Фактор формы и рассеяние кристаллами конечных размеров.
8. Угловая ширина дифракционного максимума в кинематическом приближении. Рассеяние поликристаллами, аморфными телами.
9. Элементы динамической теории рассеяния. Рассеяние идеальными кристаллами.
10. Волновое поле в кристалле. Экстинкция. Двухволновое приближение.
11. Отражение по схеме Брегга.
12. С чем связано появление максимумов на дифракционной картине?
13. Расскажите о трансляционной симметрии кристаллов.
14. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины.
15. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла (Дебая-Шерера).
16. Геометрия рентгенограмм и интенсивность дифракционных максимумов на рентгенограммах поликристаллов.
17. Расчет и индицирование рентгенограмм.
18. Идентификация вещества по данным межплоскостных расстояний. Фазовый анализ материалов.
19. Возможности количественного и качественного анализа.
20. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки. Оценка точности.
21. Рентгенографическое определение напряжений 1 рода, коэффициентов теплового расширения, исследование твердых растворов.
22. Анализ уширения профиля рентгеновских дифракционных максимумов. Оценка размеров нанокристалллов.
23. Что такое критический угол? Какую информацию о пленке он позволяет извлечь?
24. Каким образом из данных рентгеновской рефлектометрии возможно рассчитать толщину пленки?
25. Какую роль по отношению к исследованию методом рефлектометрии играет шероховатость образца?
26. Какие приближения необходимо использовать при выводе соотношения между толщиной пленки и периодом осцилляции?
27. В чем состоят особенности порошкового эксперимента при работе с тонкими пленками?
28. Чем отличаются геометрии съемки Зеемана-Болина от Брэгга-Брентано?
29. В чем состоят преимущества оптики параллельного пучка?
30. С какой целью в дифрактометрии тонких пленок используют геометрии скользящих падения и выхода?

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

31. Влияние текстуры на дифракционную картину поликристаллов. Понятие о полюсных фигурах.

32. Работа и устройство двухкристального рентгеновского спектрометра.

33. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.

34. Взаимодействие гамма излучения с веществом.

35. Форма линии испускания гамма переходов. Полная ширина уровня и конверсия. Линия поглощения гамма квантов.

36. Потери энергии на отдачу и доплеровское уширение линии. Безотдачное излучение и поглощение гамма квантов в твердых телах - эффект Мессбауэра.

37. Техника мессбауэровского эксперимента. Система движения мессбауэровского спектрометра.

38. Магнитные измерения. Температурные измерения. Расчет параметров спектров поглощения.

39. Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров. Изомерный сдвиг. Квадрупольное взаимодействие. Магнитная сверхтонкая структура. Комбинированные магнитное и электрическое сверхтонкие взаимодействия.

40. Определение параметров сверхтонкого взаимодействия из экспериментальных спектров.

41. Особенности регистрации резонансного гамма излучения.

42. Разновидности мессбауэровского эксперимента. Адсорбционная и эмиссионная мессбауэровская спектроскопия.

43. Интерференция ядерного резонансного и релеевского рассеяния. Рэлеевское рассеяние мессбауэровского излучения.

44. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов. Взаимодействие электронов с веществом.

45. Электроны конверсии и фотоэлектроны. Селективная по глубине мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (СГМСКЭ): весовые функции.

46. СГМСКЭ с использованием газоразрядных пропорциональных детекторов.

47. Временная мессбауэровская спектроскопия резонансного рассеяния вперед. Неупругое ядерное резонансное рассеяние.

48. Основы радиоспектроскопии. Магнитный резонанс.

49. Классификация методов магнитного резонанса.

50. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

51. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).

52. Электронный ферромагнитный резонанс (ФМР). Электронный антиферромагнитный резонанс (АФМР). Двойной электронно-ядерный магнитный резонанс (ДЭЯР). Оптически детектируемый магнитный резонанс (ОДМР), Циклотронный резонанс (ЦР).

53. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса.

54. Основные параметры спектров ЭПР. Положение сигнала ЭПР и g-фактор. Интенсивность, ширина и форма линий ЭПР.

55. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Тонкая структура спектров ЭПР.

56. Техника эксперимента электронного парамагнитного резонанса. ЭПР спектрометры.

57. Проведение экспериментов и методика обработки спектров электронного парамагнитного резонанса. Определение g - фактора. Определение числа парамагнитных центров.

Раздел 4. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц

1. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).

2. Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом.

3. Как зависит длина волны электронов от ускоряющего напряжения (классический случай, релятивистский случаи)?

4. Формирования изображения в электронной линзе (поперечное увеличение электронной линзы, угловое увеличение электронной линзы, продольное увеличение, глубина резкости).

5. Основные элементы электронной линзы (их назначение).

6. Перечислить виды аберраций электронных линз и их зависимость от длины волны электронов и апертурного угла.

7. Как формируется изображение в ПЭМ?

8. Схема РЭМ и особенности формирования изображения.

9. Виды контраста в РЭМ.

10. Разрешающая способность и качество изображения.

11. До-полнительная обработка сигнала в РЭМ для получения информации.

12. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений.

13. Сканирующая зондовая микроскопия.

14. Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов.

15. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии.

16. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей.

17. Трансмиссионная электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц.

18. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц.

19. Плазмонный резонанс.

20. Оптические свойства металлических наночастиц.

21. Оптические свойства электронного газа в металлах.

22. Поверхностный плазмонный резонанс сферической металлической наночастицы.

23. Измерение спектров оптического пропускания на спектрофотометре.

24. Определение размеров металлических наночастиц из спектра плазмонного резонанса.

Раздел 5. Специальные методы исследования.

1. Нейтронография. Возможности применения нейтронографии для изучения наночастиц и наноматериалов.

2. Эмиссионная микроскопия. Ионный проектор.

3. Метод резерфордовского обратного рассеяния ионов.

7.1. Основная литература:

Основная литература

1. Гусев, А.И.. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев.? Изд.2-е, исправленное.? М.: Физматлит, 2009.?416 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173

2. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. - М: Физматлит, 2011. - 784с. http://e.lanbook.com/view/book/5258

3. Стойков, И.И. Основы нанотехнологии и нанохимии: [учебное пособие] / Стойков И. И., Евтюгин Г. А.; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова .? Казань : [Казанский университет], 2010 .? 236 с.: ил.

7.2. Дополнительная литература:

Дополнительная литература

1. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова .? Москва : Физматлит, 2010 .? 452 с. : ил., цв. ил., портр., табл.

2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение/ под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга; пер. с англ. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013 - 582 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=8689

7.3. Интернет-ресурсы:

Наноцентры. Нанотехнологии. Образование. Карьера. - http://www.rsci.ru/nanotech

Научно-информационный портал Всероссийского института научной и технической информации РАН. Интернет-энциклопедия по Нанотехнологияме [Электронный ресурс]. - http://science.viniti.ru

российский электронный НАНОЖУРНАЛ - http://www.nanorf.ru/

сайт Нанотехнологического Сообщества - http://www.nanometer.ru

Федеральный интернет-портал ?Нанотехнологии и наноматериалов? - http://www.portalnano.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М ;

Минидифрактометр МД-10 "ЭФА";

Мессбауэровский спектрометр конверсионных электронов;

Селективный по глубине мессбауэровский спектрометр конверсионных электронов;

Спектрофотометр СФ-2000;

Спектрометр ЭПР ПС100Х, работающий на частоте 9,45 ГГц (Х-диапазон);

Система измерения физических свойств, Quantum Design PPMS-9;

Спектрометр фотоэмиссионной спектроскопии с рентгеновским возбуждением (XPS);

Масс спектрометр вторичных ионов (SIMS);

Оже (Auger) спектрометр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):
Вагизов Ф.Г. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Тагиров Л.Р. _____
"__" _____ 201 __ г.