

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Компоненты микро- и наносистемной техники

Курс: 1, семестры : 1 2

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр	
№	Вид деятельности	1	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2	2
2	Всего часов	72	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	25	60
4	Лекции, час.	0	18
5	Практические занятия, час.	0	18
6	Лабораторные занятия, час.	18	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16	0
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	5	4
10	Самостоятельная работа, час.	47	12
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)		РГЗ
12	Вид аттестации	3	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №990 от 09.09.2015 г. , дата утверждения: 05.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Величко А. А.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты; в части следующих результатов обучения:
31. знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем
32. знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях
33. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах
34. уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения
Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники; в части следующих результатов обучения:
35. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
---	---------------------------

Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур

ПК.2.31 знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем	
1. предмет курса: современные физические модели электронных и ионных процессов в твердых телах, воздействие ионных и электронных пучков на поверхностные и объемные свойства твердых тел и наноструктур.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2. применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3. математический аппарат и численные методы для моделирования физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе нанотехнологии	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.32 знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях	
4. применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
5. Планетийный аппарат дисциплины	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
ПК.2.33 знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	
6. о новейших методах экспериментального исследования материалов и структур	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7. основные виды и свойства нанообъектов, наноматериалов, устройств и приборов на их основе, типовые технологические процессы их получения, элементную базу, а также типовое оборудование	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8. основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
9. основные принципы и направления развития метрологии наноструктур.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

ПК.2.у4 уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения	
10. осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований и организации опытного промышленного производства	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
11. Взаимосвязь структурных, оптических электрофизических параметров твердых тел.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
ПК.3.35 знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	
12. получать и обрабатывать необходимую для организации научных исследований и промышленного производства информацию, в том числе экономическую	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
13. о связи электрофизических и структурных свойств твердых тел и наноструктур	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
14. выбирать методики измерения параметров материалов и наноструктур	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Методы измерения электрофизических параметров				
1. Методы измерения электрофизических параметров: контакты к полупроводниково-вым структурам. Двухзондовый и четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Методы определения кинетических параметров полупроводников: кон-центрации и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов.	0	2	1, 14, 3, 6	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Оптические свойства полупро-водников и диэлектриков.				
2. Зонная структура некоторых полупроводников. Оптические свойства полупро-водников и диэлектриков. Основные механизмы поглощения в полупроводниках Спектральные зависимости коэффициентов отражения и поглощения.	0	2	10, 13, 3, 6, 8	Лекционное занятие
3. Измерение оптических параметров полупроводников. Принципы монохроматизации (фильтры, призмные и решеточные монохроматоры) Источники и приемники излучения, применяемые в монохроматорах Фурье спектрометр. Физические принципы работы. Блок схема.	0	2	1, 10, 11, 14, 2, 6, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Дифракция быстрых и медленных электронов				

4. Обратная решетка и сфера Эвальда. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния. Дефекты поверхностной структуры. Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса.	0	2	11, 13, 3, 6, 8	лекционное занятие
Дидактическая единица: Атомно-силовая микроскопия				
5. Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтакт-ный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей тун-нельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение рас-пределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава.	0	2	1, 11, 12, 13, 14, 3, 4, 6, 7, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Ионная спектроскопия				
6. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордовское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS). Кинематика упругих столкновений. Сечение рассея-ния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Влияние первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили кон-центраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п.	0	2	10, 11, 2, 4, 5, 6, 8	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Методы исследования состава поверхности				

7. Методы исследования состава поверхности. Методы электронной спектроскопии. Энергетический спектр вторичных электронов. Глубина, с которой получается информация. Электронные спектрометры. Общие характеристики. Анализатор с задерживающим полем (АЗП).	0	2	1, 11, 12, 3, 6, 7, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Оже-спектроскопия				
8. Электронная Оже-спектроскопия (ЭОС). Механизм эмиссии оже-электронов.. Глубина выхода Оже-электронов. Экспериментальная техника для ЭОС. Количественный анализ. Применение Оже-спектроскопии.	0	1	10, 11, 12, 7, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Рентгеновская спектроскопия				
9. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС-XPS). Физические основы метода. Источники фотонов. Требования к энергетическому разрешению. Энерго-анализаторы электронов. . Ультрафиолетовая спектроскопия (УФЭС UPS).	0	1	1, 11, 13, 2, 5, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Растровая электронная микроскопия.				
10. Растровая электронная микроскопия. Оборудование. Разрешающая способность. Применение. Оборудование. Просвечивающая электронная микроскопия. Подготовка образцов. Получение изображений в светлом поле и темном поле.	0	1	11, 5, 7, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Анализ упорядоченных структур.				
11. Анализ упорядоченных структур. Фурье анализ, вейвлет и фрактальная размер-ность. Методы выявления квантово-размерных эффектов.	0	1	1, 5	Лекционное занятие

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Современные методы исследования поверхности				
1. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ.	4	5	1, 12, 14, 4, 6	Лабораторное занятие
2. Изучение морфологии структур методом СТМ.	4	5	1, 10, 12, 14, 2, 4, 6, 7	Лабораторный практикум

3. Проведение процессов нано-литографии на СТМ	4	4	1, 10, 14, 2, 3, 4, 7, 9	Лабораторный практикум
4. Ознакомление работы дифрактометра быстрых электронов.	4	4	1, 13, 2, 3, 8, 9	Лабораторный практикум
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Современные методы исследования				
5. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ.	0	4	2, 3, 8	Лабораторный практикум
6. Изучение морфологии структур методом СТМ.	0	4	13, 3	Лабораторный практикум
7. Проведение процессов нано-литографии на СТМ	0	5	13, 5	Лабораторный практикум
8. Анализ спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных структур полученных методом Фурье спектрометра	0	5	11, 5	Лабораторный практикум

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Измерение проводимости зондовыми методами.				
1. Определение свойств контактов по заданной работе выхода п/п и металла. Расчет погрешностей при использовании 2-х и 4-х зондового метода.	0	2	2, 3, 7, 9	решение задач
Дидактическая единица: Определение параметров полупроводников методом эффекта Холла. Метод Ван-дер-Пау.				
2. Вычисление подвижности, проводимости, концентрации и времени релаксации. Измерение магнитных полей. Погрешности Эффекта Холла.	0	2	1, 2, 3, 5, 9	решение задач
Дидактическая единица: Определение температуры кремниевой пластины на-греваемой от АЧТ				
3. Вычисление коэффициента поглощения кремния с различной концентрацией свободных носителей и эпитакси-альных структур. Расчет поглощенной энергии и температуры пластины.	0	3	1, 10, 3, 5, 7, 9	Решение задач
Дидактическая единица: Методы измерения равно-весной температуры.				
4. 1.Измерение температуры контактными методами. 2. Измерение температуры пирометрами. Расчет чувствительности и погрешности измерений.	0	2	1, 10, 11, 5, 7	Решение задач

Дидактическая единица: Расчет глубины выхода электронов				
5. Влияние морфологии поверхности эпитаксиальных пленок на уменьшение выхода электронов в электронной спектроскопии.	0	2	10, 11, 13, 14, 3, 8	Решение задач
Дидактическая единица: Ионное рассеяние.				
6. Расчет эффективного сечения рассеяния при падении He^+ с заданной энергией на кремниевую мишень	0	2	11, 12, 13, 14, 4, 6, 8	Решение задач
Дидактическая единица: Ионное рассеяние				
7. Расчет выхода при обратном резерфордском рассеянии (РБС) при различных мишенях и энергиях	0	2	12, 13, 14, 4, 6, 8	Решение задач
Дидактическая единица: СЗМ				
8. Расчет погрешностей латерального и вертикального сканирования на СТМ.	0	3	12, 14, 6, 8	Решение задач

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Подготовка к занятиям	1, 2	0	0
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
2	Дополнительная учебная деятельность	1, 3, 7, 8	0	0
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
3	Подготовка к аттестации	1, 3, 6, 8	47	5
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
Семестр: 2				
1	РГЗ	1, 3, 6, 8	12	0
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
2	Подготовка к занятиям	1, 2	0	0
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
3	Дополнительная учебная деятельность	1, 3, 7, 8, 9	0	0
: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.				
4	Подготовка к аттестации	2, 3	0	4

: Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail; Личный типовой сайт
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 1		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	30	60
<i>Лабораторная:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с."		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с."		
Семестр: 2		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	10	20
<i>РГЗ:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с."		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с."		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита РГЗ	Зачет	Экзамен
ПК.2	31. знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем	+	+	+
	32. знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях		+	+
	33. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	+	+	+
	у4. уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения		+	+
ПК.3	35. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне		+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. Ч. 2 : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 225, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144
2. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 131, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062
3. Лозовский В. Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность : [учебное пособие для вузов] / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - СПб. [и др.], 2008. - 327 с. : ил.
4. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике : [учебное пособие для вузов по специальностям 210601 "Нанотехнология в электронике" и 210602 "Наноматериалы" направления подготовки 210600 "Нанотехнология" и по специальностям 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 210108 "Микросистемная техника" направления 210100 "Электроника и микроэлектроника"] / В. Неволин. - М., 2006. - 159 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для вузов / В. Л. Миронов ; Ин-т физики микроструктур. - М., 2005. - 143 с. : цв. ил.
2. Фелдман Л. Основы анализа поверхности и тонких пленок : [монография] / Л. Фелдман, Д. Майер ; пер. с англ. В. А. Аркадьева и Л. И. Огнева, под ред. В. В. Белошицкого. - М., 1989. - 342 с.
3. Репинский С. М. Введение в химическую физику поверхности твердых тел / С. М. Репинский ; отв. ред. А. В. Ржанов ; Рос. акад. наук СО, Ин-т физики полупроводников. - Новосибирск, 1993. - 223 с.

4. Оптические свойства полупроводников : (полупроводниковые соединения типа АП ВV) : [монография] / под ред. Р. Уиллардсона, А. Бира ; пер. с англ. М. Л. Белле [и др.] ; под ред. Е. Ф. Гросса. - М., 1970. - 488 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Дикарева Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 23, [1] с.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Учебная нанолaborатория NanoEducator-4	Исследование морфологии поверхности п/п слоев

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Лабораторный комплекс Катунь-100	Эпителиальный рост полупроводниковых и диэлектрических слоев

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных структур приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.2/НИ готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты	з1. знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем	Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтактный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение распределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава. Влияние морфологии поверхности эпитаксиальных пленок на уменьшение выхода электронов в электронной спектроскопии. Вычисление коэффициента поглощения кремния с различной концентрацией свободных носителей и эпитаксиальных структур. Расчет поглощенной энергии и температуры пластины. Вычисление подвижности, проводимости, концентрации и времени релаксации. Измерение магнитных полей. Погрешности Эффекта Холла. Зонная структура некоторых полупроводников. Оптические свойства полупроводников и диэлектриков. Основные механизмы поглощения в полупроводниках Спектральные зависимости коэффициентов отражения и поглощения. Измерение оптических параметров полупроводников. Принципы монохроматизации (фильтры, призмные и решеточные монохроматоры) Источники и приемники излучения, применяемые в монохроматорах Фурье	Семинары. Сканирующая зондовая микроскопия	Зачет Экзамен, вопрос 10-11

		спектрометр. Физические принципы работы. Блок схема. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ. Изучение морфологии структур методом СТМ. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS). Кинематика упругих столкновений. Сечение рассеяния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Влияние первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили концентраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п. Методы измерения электрофизических параметров: контакты к полупроводниковым структурам. Двухзондовый и четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов. Обратная решетка и сфера Эвальда. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния. Дефекты поверхностной структуры. Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса. Ознакомление работы дифрактометра быстрых электронов. Определение свойств контактов по заданной работе выхода п/п и металла. Расчет погрешностей при использовании 2-х и 4-х зондового метода. Проведение процессов нано- литографии на СТМ Рентгеновская		
--	--	---	--	--

		фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС-XPS). Физические основы метода. Источники фотонов. Требования к энергетическому разрешению. Энерго-анализаторы электронов. . Ультрафиолетовая спектроскопия (УФЭС UPS). 1.Измерение температуры контактными методами. 2. Измерение температуры пирометрами. Расчет чувствительности и погрешности измерений.		
ПК.2/НИ	з2. знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях	Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтактный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение распределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава. Анализ спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных структур полученных методом Фурье спектрометра Анализ упорядоченных структур. Фурье анализ, вейвлет и фрактальная размерность. Методы выявления квантово-размерных эффектов. Вычисление коэффициента поглощения кремния с различной концентрацией свободных носителей и эпитаксиальных структур. Расчет поглощенной энергии и температуры пластины. Вычисление подвижности, проводимости, концентрации и времени релаксации. Измерение магнитных полей. Погрешности Эффекта Холла. Изучение морфологии структур методом СТМ. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордовское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS).Кинематика упругих столкновений. Сечение рассеяния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного	Семинар, презентации	Зачет Экзамен, вопросы 2-4, 12 -15

		распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектрометрия. Влияние первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили кон-центраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п. Проведение процессов нано- литографии на СТМ Растровая электронная микроскопия. Оборудование. Разрешающая способность. Применение. Оборудование. Просвечивающая электронная микроскопия. Подготовка образцов. Получение изображений в светлом поле и темном поле. Расчет выхода при обратном резерфордовском рассеянии (РБС) при различных мишенях и энергиях Расчет эффективного сечения рассеяния при падении He^+ с заданной энергией на кремниевую мишень Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС-XPS). Физические основы метода. Источники фотонов. Требования к энергетическому разрешению. Энерго-анализаторы электронов. . Ультрафиолетовая спектроскопия (УФЭС UPS). 1.Измерение температуры контактными методами. 2. Измерение температуры пирометрами. Расчет чувствительности и погрешности измерений.		
ПК.2/НИ	33. знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтактный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение распределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава. Влияние морфологии поверхности эпитаксиальных пленок на	РГЗ, разделы...	Зачет Экзамен, вопросы 1-4, 9-14

		уменьшение выхода электронов в электронной спектроскопии. Вычисление коэффициента поглощения кремния с различной концентрацией свободных носителей и эпитаксиальных структур. Расчет поглощенной энергии и температуры пластины. Вычисление подвижности, проводимости, концентрации и времени релаксации. Измерение магнитных полей. Погрешности Эффекта Холла. Зонная структура некоторых полупроводников. Оптические свойства полупроводников и диэлектриков. Основные механизмы поглощения в полупроводниках. Спектральные зависимости коэффициентов отражения и поглощения. Измерение оптических параметров полупроводников. Принципы монохроматизации (фильтры, призмные и решеточные монохроматоры) Источники и приемники излучения, применяемые в монохроматорах Фурье спектрометр. Физические принципы работы. Блок-схема. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ. Изучение морфологии структур методом СТМ. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS). Кинематика упругих столкновений. Сечение рассеяния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Влияние первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили концентраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п. Методы измерения электрофизических параметров: контакты к		
--	--	---	--	--

		полупроводниково-вым структурам. Двухзондовый и четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов. Методы исследования состава поверхности. Методы электронной спектроскопии. Энергетический спектр вторичных электронов. Глубина, с которой получается информация. Электронные спектрометры. Общие характеристики. Анализатор с задерживающим полем (АЗП). Обратная решетка и сфера Эвальда. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния. Дефекты поверхностной структуры. Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса. Ознакомление работы дифрактометра быстрых электронов. Определение свойств контактов по заданной работе выхода п/п и металла. Расчет погрешностей при использовании 2-х и 4-х зондового метода. Проведение процессов нано- литографии на СТМ Растровая электронная микроскопия. Оборудование. Разрешающая способность. Применение. Оборудование. Просвечивающая электронная микроскопия. Подготовка образцов. Получение изображений в светлом поле и темном поле. Расчет выхода при обратном резерфордовском рассеянии (РБС) при различных мишенях и энергиях Расчет эффективного сечения рассеяния при падении He^+ с заданной энергией на кремниевую мишень Электронная Оже-спектроскопия (ЭОС). Механизм эмиссии оже-электронов.. Глубина выхода Оже-электронов. Экспериментальная техника		
--	--	--	--	--

		для ЭОС. Количественный анализ. Применение Оже-спектроскопии. 1.Измерение температуры контактными методами. 2. Измерение температуры пирометрами. Расчет чувствительности и погрешности измерений.		
ПК.2/НИ	у4. уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения	Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтактный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение распределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава. Анализ спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных структур полученных методом Фурье спектрометра Влияние морфологии поверхности эпитаксиальных пленок на уменьшение выхода электронов в электронной спектроскопии. Вычисление коэффициента поглощения кремния с различной концентрацией свободных носителей и эпитаксиальных структур. Расчет поглощенной энергии и температуры пластины. Измерение оптических параметров полупроводников. Принципы монохроматизации (фильтры, призмные и решеточные монохроматоры) Источники и приемники излучения, применяемые в монохроматорах Фурье спектрометр. Физические принципы работы. Блок схема. Изучение морфологии структур методом СТМ. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS).Кинематика упругих столкновений. Сечение рассеяния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Влияние	РГЗ, контрольная	Зачет Экзамен, вопросы 5-12

		первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили концентраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п. Обратная решетка и сфера Эвальда. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния. Дефекты поверхностной структуры. Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса. Проведение процессов нанолитографии на СТМ Расчет эффективного сечения рассеяния при падении He^+ с заданной энергией на кремниевую мишень 1.Измерение температуры контактными методами. 2. Измерение температуры пирометрами. Расчет чувствительности и погрешности измерений.		
ПК.3/НИ готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	з5. знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	Физические основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и полуконтактный методы. Методы исследования распределения магнитных и электрических полей. Сканеры, кантилеверы, аппаратура. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии; методы получения атомного разрешения. Измерение распределения потенциала и емкости. Основы зондовой литографии. Трибология. Зондовые методы измерения температуры, химического состава. Влияние морфологии поверхности эпитаксиальных пленок на уменьшение выхода электронов в электронной спектроскопии. Зонная структура некоторых полупроводников. Оптические свойства полупроводников и диэлектриков. Основные механизмы поглощения в полупроводниках Спектральные зависимости коэффициентов отражения и поглощения. Измерение		Зачет Экзамен, вопросы 8,9,11.

		оптических параметров полупроводников. Принципы монохроматизации (фильтры, призмённые и решёточные монохроматоры) Источники и приёмники излучения, применяемые в монохроматорах Фурье спектрометр. Физические принципы работы. Блок-схема. Изучение морфологии поверхности тестовых структур методом АСМ. Изучение морфологии структур методом СТМ. Методы измерения электрофизических параметров: контакты к полупроводниковым структурам. Двухзондовый и четырёхзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла). Погрешности методов. Обратная решётка и сфера Эвальда. Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния. Дефекты поверхностной структуры. Дифракция медленных электронов (ДМЭ-LEED). Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭ-RHEED) Осцилляции центрального рефлекса. Ознакомление работы дифрактометра быстрых электронов. Проведение процессов нано-литографии на СТМ Расчет выхода при обратном резерфордском рассеянии (РБС) при различных мишенях и энергиях Расчет погрешностей латерального и вертикального сканирования на СТМ. Расчет эффективного сечения рассеяния при падении He^+ с заданной энергией на кремниевую мишень		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме зачета, в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.2/НИ, ПК.3/НИ.

Зачет проводится в устной форме. Билеты составляются из вопросов, приведенных в паспорте

зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание РГЗ. Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур»,
1 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-8, второй вопрос из диапазона вопросов 9-16 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур»

1. Вопрос Структура чистых поверхностей полупроводниковых кристаллов (сверхструктура) Поверхности (100) и (111) кремния
2. Вопрос Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС-SIMS). Физические основы метода ВИМС

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на билет (тест) для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-14 баллов*.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при

ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 15 -17 баллов.

- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 18- 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»

1. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
3. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
4. Исследование поверхности методом растровой электронной микроскопии.
5. Исследование состава образцов методом рентгеновского микроанализа
6. Фотоэлектронная спектроскопия Рентгеновская
7. Фотоэлектронная спектроскопия Ультрафиолетовая
8. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
9. По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки.
10. Определить вид и характер структурных дефектов
11. Провести сравнение методик ДБЭ, РЭМ и АСМ
12. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ
13. Расчет параметров п/п по экспериментальным зависимостям туннельных токов
14. . Расчет атомного состава мишеней по спектрам Резерфодовского рассеяния.
15. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
16. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижности (эффект Холла)

Паспорт экзамена

по дисциплине «Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур»,
7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-8, второй вопрос из диапазона вопросов 9-16 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных
материалов и систем»

1. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные

ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20-29 баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *30-35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *36-40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»

1. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ.
2. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
3. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
4. Исследование поверхности методом растровой электронной микроскопии.
5. Исследование состава образцов методом рентгеновского микроанализа
6. Фотоэлектронная спектроскопия Рентгеновская
7. Фотоэлектронная спектроскопия Ультрафиолетовая
8. Исследование дифракции быстрых электронов при росте полупроводниковых структур методом МЛЭ
9. По данным ДБЭ рассчитать параметры кристаллической решетки.
10. Определить вид и характер структурных дефектов
11. Провести сравнение методик ДБЭ, РЭМ и АСМ
12. Анализ структуры кристаллической решетки и типов дефектов по имеющимся изображениям ПЭМ
13. Расчет параметров п/п по экспериментальным зависимостям туннельных токов
14. . Расчет атомного состава мишеней по спектрам Резерфодовского рассеяния.
15. Исследование оптических свойств полупроводников методом Фурье спектроскопии
16. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла)

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур»,
2 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны задания (работы) студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, разработать алгоритмы диагностирования, выбрать аппаратные средства.

Обязательные структурные части РГЗ.

Введение . Постановка задачи.

Обзор литературных данных.

Теоретическое введение. Описание методик получения необходимой информации.

Разработка алгоритмов исследования. Оценка достоверности результатов.

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны ,но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4.

- 4.1 Методы исследования электрофизических параметров п/п.
- 4.2 Методы исследования теплопроводности твердых тел.
- 4.3 Исследование оптических параметров п/п.
- 4.4 Физические основы атомно силовой микроскопии.

- 4.5 Физические основы туннельной микроскопии.
- 4.6 Ионная спектроскопия. Применение метода обратного резерфордовского рассеяния.
- 4.7 Вторичная ионная масс-спектрометрия.
- 4.8 Электронная спектроскопия
- 4.9 Фотоэлектронная спектроскопия.
- 4.10 Электронная микроскопия.