

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕ-  
ДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им.  
Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники  
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель образовательной  
программы**

**Директор ИИЭ и Р**

\_\_\_\_\_ **А.М. Кармоков**

\_\_\_\_\_ **Н.В. Черкесова**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1. В.ОД.5 «Современные методы исследования строения и  
свойства конденсированных фаз»**

Направление подготовки

**11.06.01 Электроника, радиотехника и система связи**

Направленность программы: 05.27.01 **Твердотельная электроника, радиоэлектронные  
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Форма обучения  
Очная (заочная)

**Нальчик 2021**

---

Рабочая программа дисциплины «**Современные методы исследования строения и свойства конденсированных фаз**» /сост. А.М. Кармоков – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2021.

Рабочая программа предназначена для преподавания аспирантам очной (заочной) формы обучения по направлению **11.06.01 Электроника, радиотехника и система связи** в 2 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению **11.06.01 Электроника, радиотехника и система связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. № 876

Составил проф. Кармоков А.М.

## Содержание

<b>1.</b>	Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
<b>2.</b>	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	5
<b>3.</b>	Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	5
<b>4.</b>	Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
	<i>Структура дисциплины (модуля)</i>	7
<b>5.</b>	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	8
<b>5.1.</b>	<i>Коллоквиум</i>	8
	<i>Вопросы выносимые на коллоквиум</i>	8
<b>5.2.</b>	Образцы тестовых заданий	11
	<i>Методические рекомендации по подготовке к тестированию</i>	12
	<i>Критерии оценивания</i>	10
<b>5.3.</b>	Задания для лабораторных занятий	14
<b>6.</b>	Промежуточная аттестация	15
<b>7.</b>	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности	15
<b>8.</b>	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	16
8.1	<i>Основная литература</i>	16
8.2	<i>Дополнительная литература</i>	16
8.	<i>Периодические издания</i>	16
8.4	<i>Интернет-ресурсы</i>	17
<b>9.</b>	Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.	17
<b>10.</b>	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	18
	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)	

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

### 1.1. Цель преподавания дисциплины.

Освоение аспирантами физических основ современных методов исследования строения и свойства конденсированных фаз для их использования в процессе научных исследований при выполнении своей диссертационной работы.

**1.2. Для достижения указанной выше цели необходимо решить следующие задачи:**

1. Изучить процессы, происходящие при взаимодействии пучков электронов и ионов с твердым телом.
2. Дать аспирантам конкретные сведения о физических основах методов диагностики поверхности с применением ионных, электронных и световых пучков.
3. Дать сведения о возможностях применения методов электронной и ионной спектроскопии в технологических процессах изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в вариативную часть обязательных дисциплин **Б1.В.ОД.3** учебного плана по направлению подготовки ВО 11.06.01 **Электроника, радиотехника и система связи** и направленности программы: 05.27.01 **Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Изучение дисциплины «**Современные методы исследования строения и свойства конденсированных фаз**» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Физика», «Математика», «Физики конденсированного состояния», «Физическая химия материалов и процессов электронной техники».

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплинам: «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах», а также производственной практики.

## 2. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК–2);
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность применить информационные технологии в научно-исследовательской деятельности (ПК–3).

**В результате изучения дисциплины (модуля) «Современные методы исследования строения и свойства конденсированных фаз» аспирант должен:**

### **ЗНАТЬ:**

- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях;
- базовые принципы информационных технологий;
- основные методы обработки данных, полученных экспериментально или методами численного моделирования.

### **УМЕТЬ:**

- проводить анализ литературных данных в рамках поставленной исследовательской (практической, образовательной) задачи, выявлять основные вопросы и проблемы, суще-

ствующие в современной науке; при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений;

– использовать информационные технологий в практической деятельности исследователя и преподавателя;

– выделять и систематизировать необходимые научные данные; критически оценивать их достоверность.

#### **ВЛАДЕТЬ:**

– навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения;

– навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научных данных; навыками статистического анализа экспериментальных данных; навыками аналитических и численных аппроксимаций функций.

#### **4. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1	Классификация методов электронной спектроскопии.	Понятие электронного спектра. Классификация методов электронной спектроскопии. Особенности анализа поверхности твердого тела. Схема электронного спектрометра. Техника получения высокого вакуума. Источники излучения. Характеристики энергоанализаторов. Детекторы излучения. Способы очистки поверхности проб в вакууме. Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии. Неупругое рассеяние электронов и поверхностная чувствительность. Электронные спектрометры. Распределение электронов по энергии в методах электронной спектроскопии. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Источники фотонов. Форма и сдвиги фотоэлектронных пиков. РФЭС — спектроскопия остовных уровней. Структурные эффекты в РФЭС.	УК-1, ОПК-2, ПК-3	К,Т,ЛР
2	Методы	3. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Основные Оже-процессы. Энергетические		

3	электрон- ной спек- троскопии  Методы ионной спектро- скопии	уровни, сдвиги и форма пиков. ЭОС как метод анализа состава поверхности. Пороговые методы. Спектроскопия потенциала появления (СПП). Спектроскопия ионизационных потерь (СИП). Структурные эффекты в пороговых методах. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Физические основы метода ВИМС. Основные характеристики распыления и формулы, используемые при анализе кристаллов методом ВИМС. Характерные параметры установок ВИМС. Качественный и количественный анализ методом ВИМС. Послойный анализ полупроводниковых структур. Применение метода ВИМС в технологии производства полупроводниковых приборов.		
		Метод спектроскопии обратно-рассеянных ионов низкой энергии (СОРИНЭ). Физические основы методов СОРИНЭ. Особенности спектров распределения вторичных ионов по энергиям. Изучение состава и структуры монокристаллов методом СОРИНЭ. Нейтрализация ионов. Исследование взаимодействия адсорбированных атомов с поверхностью монокристалла кремния методом СОРИНЭ. Изучение дефектной структуры поверхности кристаллов методом СОРИНЭ. Метод резерфордского обратного рассеяния ионов (РОР). Основные концепции метода РОР. Чувствительность метода РОР для определения элементов с различной массой. Взаимосвязь энергии регулируемых частиц и глубины их рассеяния. Глубинное разрешение, достигаемое в экспериментах РОР. Применение метода РОР для анализа состава мишени: анализ тонкой пленки; анализ тонкопленочных слоистых структур; анализ массивных мишеней.	УК-1, ОПК-2, ПК-3	К,Т,ЛР
		Метод ионной оже-спектроскопии (ИОС). Эмиссия оже-электронов при ионном возбуждении. Ионизация внутренних оболочек атомов мишени. Неадиабатические переходы в квазимолекулярных системах. Сечение ионизации внутренних оболочек при ионно-атомных столкновениях. Структура спектров оже-электронов при ионном возбуждении. Оже-спектры химических соединений. Применение спектроскопии	УК-1, ОПК-2, ПК-3	К,Т,ЛР

		<p>оже-электронов при ионном возбуждении для анализа поверхности твердых тел. Методические особенности ИОС. Сравнительная характеристика метода ИОС. Контроль присутствия на поверхности ионов родных частиц. Контроль за очисткой поверхности при ионном распылении. Измерение профилей концентрации по глубине. Спектроскопия фотонов ионного возбуждения. Метод ионно-фотонное спектроскопии (ИФС): механизм возникновения свечения; высвечивание рассеянных и выбитых частиц. Применение метода ИФС для анализа полупроводниковых структур: методика измерения интенсивности излучения; определение скорости вторичных возбужденных частиц; спектры ионно-фотонной эмиссии. Метод спектроскопии рентгеновских фотонов и ионного возбуждения.</p> <p>Применение методов ионной спектроскопии для формирования систем металлизации и полупроводниковых структур в производстве п/п приборов.</p>		
--	--	--	--	--

### Структура дисциплины (модуля)

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	30	30
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
<b>Самостоятельная работа (в часах):</b>	<b>78</b>	<b>78</b>
Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП)		
Самостоятельное изучение разделов/тем		
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	Понятие электронного спектра.
2.	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
3.	Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).
4.	Метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС).
5.	Метод спектроскопии обратно-рассеянных ионов низкой энергии (СОРИНЭ).
6.	Метод резерфордского обратного рассеяния ионов (РОР).
7.	Метод ионной оже-спектроскопии (ИОС).
8.	Спектроскопия фотонов ионного возбуждения.

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Схема электронного спектрометра. Техника получения высокого вакуума.
2.	Источники излучения.
3.	Детекторы излучения.
4.	Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии.
5.	Электронные спектрометры.
6.	Источники фотонов.
7.	Энергетические уровни, сдвиги и форма пиков. ЭОС как метод анализа состава поверхности.
8.	Пороговые методы.
9.	Применение метода ВИМС в технологии производства полупроводниковых приборов.
10.	Особенности спектров распределения вторичных ионов по энергиям.
11.	Нейтрализация ионов.
12.	Основные концепции метода РОР.
13.	Эмиссия оже-электронов при ионном возбуждении.
14.	Сравнительная характеристика метода ИОС.
15.	Спектроскопия фотонов ионного возбуждения.
16.	Метод спектроскопии рентгеновских фотонов и ионного возбуждения.

## 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

#### *Вопросы, выносимые на коллоквиум*

##### *Первый коллоквиум*

1. ВАХ диодов с контактом Шоттки. Омический контакт. Этапы развития методов низкоэнергетических электронных и ионных спектроскопии для диагностики поверхностей полупроводниковых материалов.
2. Основные процессы, происходящие при бомбардировке вещества электронами и ионами и возможности их использования в технологии производства полупроводниковых приборов.
3. Понятие электронного спектра. Классификация методов электронной спектроскопии.
4. Особенности анализа поверхности твердого тела.
5. Схема электронного спектрометра.
6. Техника получения высокого вакуума.
7. Источники излучения.
8. Характеристики энергоанализаторов.
9. Детекторы излучения.
10. Способы очистки поверхности проб в вакууме.
11. Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии.
12. Неупругое рассеяние электронов и поверхностная чувствительность.
13. Электронные спектрометры.
14. Распределение электронов по энергии в методах электронной спектроскопии.

##### *Второй коллоквиум*

1. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).
2. Основные Оже-процессы.
3. Энергетические уровни, сдвиги и форма пиков.



4. ЭОС как метод анализа состава поверхности.
5. Пороговые методы. Спектроскопия потенциала появления (СПП).
6. Спектроскопия ионизационных потерь (СИП).
7. Структурные эффекты в пороговых методах.
8. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
9. Источники фотонов.
10. Форма и сдвиги фотоэлектронных пиков.
11. РФЭС — спектроскопия основных уровней.
12. Структурные эффекты в РФЭС.
13. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС).
14. Физические основы метода ВИМС.
15. Основные характеристики распыления и формулы, используемые при анализе кристаллов методом ВИМС.
16. Характерные параметры установок ВИМС.
17. Качественный и количественный анализ методом ВИМС.
18. Послойный анализ полупроводниковых структур.
19. Применение метода ВИМС в технологии производства полупроводниковых приборов.

### *Третий коллоквиум*

1. Метод спектроскопии обратно-рассеянных ионов низкой энергии (СОРИНЭ).
2. Физические основы методов СОРИНЭ.
3. Особенности спектров распределения вторичных ионов по энергиям.
4. Изучение состава и структуры монокристаллов методом СОРИНЭ.
5. Нейтрализация ионов. Исследование взаимодействия адсорбированных атомов с поверхностью монокристалла кремния методом СОРИНЭ.
6. Изучение дефектной структуры поверхности кристаллов методом СОРИНЭ.
7. Метод резерфордского обратного рассеяния ионов (РОР).
8. Основные концепции метода РОР. Чувствительность метода РОР для определения элементов с различной массой.
9. Взаимосвязь энергии регулируемых частиц и глубины их рассеяния.
10. Глубинное разрешение, достигаемое в экспериментах РОР. Применение метода РОР для анализа состава мишени: анализ тонкой пленки; анализ тонкопленочных слоистых структур; анализ массивных мишеней.
11. Метод ионной оже-спектроскопии (ИОС). Эмиссия оже-электронов при ионном возбуждении. Ионизация веутренних оболочек атомов мишени. Неадиабатические переходы в квазимолекулярных системах.
12. Сечение ионизации внутренних оболочек при ионно-атомных столкновениях. Структура спектров оже-электронов при ионном возбуждении. Оже-спектры химических соединений. Применение спектроскопии оже-электронов при ионном возбуждении для анализа поверхности твердых тел.
13. Контроль присутствия на поверхности инородных частиц. Контроль за очисткой поверхности при ионном распылении. Измерение профилей концентрации по глубине.
14. Метод ионно-фотонное спектроскопии (ИФС): механизм возникновения свечения; высвечивание рассеянных и выбитых частиц.
15. Применение метода ИФС для анализа полупроводниковых структур: методика измерения интенсивности излучения; определение скорости вторичных возбужденных частиц; спектры ионно-фотонной эмиссии.
16. Метод спектроскопии рентгеновских фотонов и ионного возбуждения.
17. Применение методов ионной спектроскопии для формирования систем металлизации и полупроводниковых структур в производстве п/п приборов.

### *Рекомендации при подготовке к коллоквиуму*

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;

- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

### ***Критерии оценивания***

<b>Оценка</b>			
<b>Неудовлетворительно 2 балла</b>	<b>удовлетворительно 4 балла</b>	<b>хорошо 6 баллов</b>	<b>отлично 8 баллов</b>
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

### **5.2. Образцы тестовых заданий**

S: В масс-спектрометрах применяется ... массфильтр.

+: квадрупольный

-: квадратурный

-: квадратный

-: квадратичный

-: квадрантный

-: квадрированный

I: Размеры

S: В методе ВИМС образец обычно имеет размеры в несколько ... .

-: метров

+: миллиметров

-: микрометров

-: нанометров

I: Анализатор

S: Основной узел масс-спектрометра - ... .

+: масс-анализатор

-: энергоанализатор

-: газоанализатор

I: Объектив

S: Для улучшения сбора вторичных ионов в приборах ВИМС используют ... объектив.

+: имерсионный

-: длиннофокусный

-: просветленный

I: Имерсионный

S: Для улучшения сбора вторичных ионов в приборах ВИМС используют имерсионный ... .

+: объектив

-: окуляр

-: преобразователь

-: поляризатор

I: Цилиндр

S: Для сбора ионного тока применяют цилиндр ... .

+: Фарадея  
 -: Франкля  
 -: Франклина  
 -: Франкенштейна  
 I: Квадруполь  
 S: Квадрупольный масс-анализатор имеет ... электрода.  
 -: 1  
 -: 2  
 -: 3  
 +: 4  
 I: Монополь  
 S: Монопольный масс-анализатор имеет ... электрода.  
 -: 1  
 +: 2  
 -: 3  
 -: 4  
 I: Внешний  
 S: Внешний электрод монополюсного фильтра ... .  
 +: заземлен  
 -: имеет положительный потенциал  
 -: имеет отрицательный потенциал  
 I: Внутренний  
 S: Внутренний электрод монополюсного фильтра ... .  
 -: заземлен  
 -: имеет положительный потенциал  
 +: имеет отрицательный потенциал  
 I: ВЭУ  
 S: Типичное усиление ВЭУ равно ... .  
 -: 10  
 -: 100  
 +: 1000000  
 -: 1000000000000  
 -: 1  
 I: Массфильтр  
 S: В методе ВИМС используются ... массфильтры..  
 +: магнитный секторный  
 +: квадрупольный  
 +: монопольный  
 -: омегатронный  
 I: Квадруполь  
 S: В квадрупольном масс-фильтре действует ... поле.  
 -: однородное магнитное  
 -: однородное электрическое  
 -: высокочастотное магнитное  
 +: высокочастотное электрическое  
 +: неоднородное электрическое  
 -: неоднородное магнитное  
 I: Магнитный  
 S: В магнитном секторном масс-фильтре действует ... поле.  
 +: однородное магнитное  
 -: однородное электрическое  
 -: высокочастотное магнитное

- : высокочастотное электрическое
- : неоднородное электрическое
- : неоднородное магнитное

### ***Методические рекомендации по подготовке к тестированию***

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

- а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;
- б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.
- в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;
- г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.
- д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.
- е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

#### ***Критерии оценивания***

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

### **5.3. Задания для лабораторных занятий**

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

#### ***Пример типовой лабораторной работы «Определение параметров ионного источника с ионизацией электронным ударом»***

Целью данной работы является исследование характеристик источника ионов в процессе ионизации рабочего газа с помощью электронного удара. В работе определяется зависимости выходного ионного тока от давления рабочего газа в ионизационной камере, предельные значения давления рабочего газа, а также зависимость ионного тока от значения подаваемого потенциала.

#### ***Методические рекомендации***

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

**1. Самостоятельная подготовка студентов к работе.** Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содер-

жащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

**2. Проведение эксперимента.** Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на стенде студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Любые изменения в схеме проводятся при отключении схемы от источника напряжения. Результаты измерения проверяются преподавателем.

**3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:**

3.1. Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- а) Задание
- б) Схема установки и описание методики измерений
- в) Первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя
- г) Результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы.
- д) Общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

3.2. Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

3.3. Полученные зависимости должны сопровождаться теоретическим обоснованным объяснением причин влияющих на их ход, для чего в процессе составления отчета студент обязан по литературным источникам ознакомиться с материалом, который был объектом его исследования в лаборатории. Без такого ознакомления с испытуемым методом студент не будет в состоянии дать правильный анализ процессов, происходящих в материале при эксперименте.

**4. Защита лабораторной работы с представлением отчета.** При сдаче отчета студенты должны показать понимание сущности физических явлений в исследованных материалах, объяснить полученные результаты и сделать выводы. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

## **6. Промежуточная аттестация**

### ***Список основных вопросов к устному экзамену***

1. Основные процессы, происходящие при бомбардировке вещества электронами и ионами и возможности их использования в технологии производства полупроводниковых приборов.
2. Классификация методов электронной спектроскопии.
3. Особенности анализа поверхности твердого тела.
4. Источники излучения.
5. Характеристики энергоанализаторов.
6. Детекторы излучения.
7. Способы очистки поверхности проб в вакууме.
8. Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии.
9. Неупругое рассеяние электронов и поверхностная чувствительность.
10. Электронные спектрометры. Распределение электронов по энергии в методах электронной спектроскопии.
11. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Источники фотонов. Форма и сдвиги фотоэлектронных пиков.
12. Структурные эффекты в РФЭС.

13. Электронная оже-спектроскопия. Основные Оже-процессы.
14. ЭОС как метод анализа состава поверхности.
15. Пороговые методы. Спектроскопия потенциала появления (СПП). Спектроскопия ионизационных потерь (СИП). Структурные эффекты в пороговых методах.
16. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии.
17. Основные характеристики распыления и формулы, используемые при анализе кристаллов методом ВИМС.
18. Физические основы метода ВИМС.
19. Качественный и количественный анализ методом ВИМС. Послойный анализ полупроводниковых структур.
20. Метод спектроскопии обратно-рассеянных ионов низкой энергии.
21. Особенности спектров распределения вторичных ионов по энергиям.
22. Физические основы методов СОРИНЭ.
23. Изучение состава и структуры монокристаллов методом СОРИНЭ.
24. Метод резерфордовского обратного рассеяния ионов.
25. Чувствительность метода ROP для определения элементов с различной массой.
26. Основные концепции метода ROP.
27. Взаимосвязь энергии регулируемых частиц и глубины их рассеяния.
28. Глубинное разрешение, достигаемое в экспериментах ROP.
29. Применение метода ROP для анализа состава мишени: анализ тонкой пленки; анализ тонкопленочных слоистых структур; анализ массивных мишеней.
30. Метод ионной оже-спектроскопии.
31. Ионизация веутренних оболочек атомов мишени.
32. Эмиссия оже-электронов при ионном возбуждении.
33. Сечение ионизации внутренних оболочек при ионно-атомных столкновениях.
34. Структура спектров оже-электронов при ионном возбуждении.
35. Оже-спектры химических соединений.
36. Сравнительная характеристика метода ИОС.
37. Спектроскопия фотонов ионного возбуждения.
38. Метод ионно-фотонное спектроскопии: механизм возникновения свечения; высвечивание рассеянных и выбитых частиц.
39. Применение метода ИФС для анализа полупроводниковых структур: методика измерения интенсивности излучения; определение скорости вторичных возбужденных частиц; спектры ионно-фотонной эмиссии.
40. ). Метод спектроскопии рентгеновских фотонов и ионного возбуждения.

### ***Методические рекомендации при подготовке к экзамену***

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

### ***Критерии оценивания***

Оценка			
неудовлетвори- тельно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 60% лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий.	Посещение не менее 85% лекционных и практических занятий.
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос.	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

### 7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).	<b>ЗНАТЬ:</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях; <b>УМЕТЬ:</b> проводить анализ литературных данных в рамках поставленной исследовательской (практической, образовательной) задачи, выявлять основные вопросы и проблемы, существующие в современной науке; при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Коллоквиум Тестирование
Владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий. (ОПК-2).	<b>ЗНАТЬ:</b> базовые принципы информационных технологий; <b>УМЕТЬ:</b> использовать информационные технологий в практической деятельности исследователя и преподавателя; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> способностью самостоятельно приобретать с помощью инфор-	Коллоквиум Тестирование

	мационных технологий новые знания и умения	
Готовность применить информационные технологии в научно-исследовательской деятельности (ПК-3)	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные методы обработки данных, полученных экспериментально или методами численного моделирования;</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> выделять и систематизировать необходимые научные данные; критически оценивать их достоверность;</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научных данных; навыками статистического анализа экспериментальных данных; навыками аналитических и численных аппроксимаций функций.</p>	Коллоквиум Тестирование

## 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Основная литература:

1. Экман Р., Зильберинг Е., Вестман-Бринкмальм Э., Край А. Масс-спектрометрия: аппаратура, толкование и приложения. Москва: Техносфера, 2013. – 368 с. [http://www.technosphaera.ru/files/book\\_pdf/0/book\\_306\\_769.pdf](http://www.technosphaera.ru/files/book_pdf/0/book_306_769.pdf)
2. . Комаров Ф.Ф., Кумахов М.А. и др. “Неразрушающий анализ поверхностей твердых тел ионными пучками”, Минск, 1987. – 1 экз.
3. Петров Н.Н. и др. “Диагностика поверхностей с помощью ионных пучков”, из-во Ленинградского ун-та, 1977. – 1 экз.

### 8.2 Дополнительная литература:

4. Черепин В.Т. “Ионный зонд”, Наукова думка, 1990.
5. Курбанов М., Кутлиев У. Распыление кристаллов при бомбардировке моно- и полиатомными ионами. Экспериментальные результаты. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013, 128 с.
6. Аброян И.А. и др. “Физические основы электронной и ионной техники”, М.: Высшая школа, 1984.
7. Поп С.С., Белик С.Ф., Дробич В.Г., Ферлечер В.Х. “Ионно-фотонная эмиссия металлов”, Ташкент, из-во “ФАН”, 1989, с.164-176.
8. Дорожкин А.А. и др. “Ионная оже-спектроскопия”, Ленинград, 1983.
9. Кармоков А.М., Молоканов О.А., Созаев В.А., Дедегкаева Л.М. Вторично-ионная масс-спектрометрия в исследованиях материалов электронной техники. Владикавказ. 2012, 85 с.
10. Волков С.С. и др. “Спектроскопия обратно-рассеянных ионов низких энергий”. Обзоры по электронной технике, серия 7, вып. 15 (820), 1981.
11. Электронная и ионная спектроскопия твердых тел. М.: Мир, 1981.
12. Фрейдман Л., Мойер Д. “Основы анализа поверхностей и тонких пленок”, М.: Мир, 1981.
13. Тонкие пленки. Взаимная диффузия и реакции (под ред. Дж. Поута, К.Ту, Дж.Мейера). М.: Мир, 1982.
14. Зарубежная электронная техника, №9, 10, 1986.
15. “Распыление твердых тел ионной бомбардировкой”, под ред. Р.Бериша, М.: Мир, 1986. – 1 экз.

### 8.3 Периодические издания.

Научные журналы:

1. Успехи физических наук.



2. Физика твердого тела.
3. Известия АН РФ, Серия физическая.
4. Неорганические материалы.
- и др.

#### **8.4. Интернет-ресурсы**

Электронная библиотека КБГУ .....<http://lib.kbsu.ru>  
 единое окно доступа к образовательным ресурсам.....<http://window.edu.ru>  
 Информационно-справочный портал.....[library.ru](http://library.ru)  
 Публичная электронная библиотека.....[Public- library.narod.ru](http://Public-library.narod.ru)  
 Российский общеобразовательный портал.....[www.school.edu.ru](http://www.school.edu.ru)  
 Федеральный портал «Российское образование».....[www.edu.ru](http://www.edu.ru)  
 Энциклопедии, словари, справочники.....[www.enciklopedia.by.ru](http://www.enciklopedia.by.ru)  
 Российская государственная библиотека (РГБ).....E-mail: [post@rsl.ru](mailto:post@rsl.ru)  
 Библиотека Российской академии наук (БАН).....E-mail: [ban@info.rasl.spb.ru](mailto:ban@info.rasl.spb.ru).  
<http://www.ban.ru>

#### **Методические указания к лабораторным занятиям**

1. Учебное пособие к лабораторным работам по теме «Методы диагностики материалов и изделий электронной техники с помощью ионных пучков» Нальчик, КБГУ, 2015 г.  
Составили: Кармоков А.М., Кармокова Р.Ю., Дышекова А.Х.
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий
  1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
  2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
  3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excell, MathCad.
  4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерных класса с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет

#### **9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий**

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excell, MathCad.
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерных класса с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

#### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №153 «Физика конденсированного состояния», оснащенной необходимым оборудованием и стендами для изучения структуры и свойств твердых тел.

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
- AltLinux (Альт Образование 8);

свободно распространяемые программы:

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

## Лист

в рабочую программу по дисциплине «**Современные методы исследования строения и свойства конденсированных фаз**» по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Направленность программы 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

на \_\_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры  
электроники и цифровых информационных технологий,  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.*

**Заведующий кафедрой**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
подпись

**Р.Ш. Тешев**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
расшифровка подписи

\_\_\_\_\_  
дата