

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**Институт информатики, электроники и робототехники**

**СОГЛАСОВАНО**

**Кафедра электроники и цифровых информа-  
ци-  
он- УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель образовательной  
программы

\_\_\_\_\_ Тешев Р.Ш.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Директора института

\_\_\_\_\_ Н.В. Черкесова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

**ных технологий**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.В.02.ДВ.02.01 «ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И МОДИФИКАЦИЯ  
СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР»**

Направление подготовки  
**11.03.04 –Электроника и нанoeлектроника**

Профиль: **Современные информационные технологии  
в электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника:  
**Бакалавр**

Форма обучения:  
**Очная**

## **Нальчик 2021**

Рабочая программа дисциплины: **Измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур** /сост. \_Гаев Д.С. – Нальчик: КБГУ, 2021 - 27с.

Рабочая программа дисциплины предназначена для студентов очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 – Электроника и микроэлектроника, 8 семестра, 4 курса.

Рабочая программа составлена в соответствии с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «Электроника и нанотехнология», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «19» 09 2017 г. №927 и зарегистрированного приказом Министерства юстиции Российской Федерации от 10.10.2017 №48494.

## Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
1.3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины.....	5
Содержание разделов дисциплины.....	5
4.2. Структура дисциплины.....	7
4.3. Лекционные занятия.....	7
4.4. Практические (Семинарские) занятия.....	8
4.5. Лабораторные работы.....	8
4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	8
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
5.1. Коллоквиум.....	9
5.2. Тесты.....	11
5.3. Задания для лабораторных занятий.....	13
5.4. Промежуточная аттестация.....	15
5.4.1. Зачет.....	15
5.4.2. Экзамен.....	17
5.5. Контроль курсовых работ.....	19
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	21
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	23
8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	24
9. Материально-техническое обеспечение работы.....	25
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины	27

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

**Цель изучения дисциплины** сформировать знания у студентов в области теории и практики экспериментальных измерений параметров и основ технологий направленной модификации свойств наноматериалов и наноструктур, составляющих основу элементной базы электроники и нанoeлектроники.

### **Задачи дисциплины:**

- подготовка бакалавра к освоению основными экспериментальными методами и методиками измерения характеристических размеров, химического и фазового состава, структурных параметров и функциональных свойств (электрофизические, оптические, термогальваномагнитные, магнитные) наноматериалов и наноструктур;
- подготовка бакалавра к освоению физико-технологических процессов модификации свойств поверхности и объема наноматериалов и наноструктур.
- подготовка бакалавра к освоению методами статистической обработки результатов и оценки погрешности измерений.

Цели и задачи дисциплины ориентированы на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;

- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина (модуль) относится вариативной части блока 1 дисциплин по выбору Б1.В.ДВ.02.01. учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль: «Современные информационные технологии в электронной технике».

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Сканирующая зондовая микроскопия», «Практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности».

Освоение учебной дисциплины измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур, необходимо для последующего изучения дисциплин: «Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур», «Корпускулярно зондовая нанотехнология», «Физика полупроводников и полупроводниковых наноструктур», выполнения выпускной квалификационной работы и приобретения знаний, умений и навыков частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6).

- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональ-

ный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации 6).

- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации 6).

### 1.3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля)

В соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО направления подготовки ВО 11.03.04 Электроника и наноэлектроника изучение дисциплины (модуля) измерения параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур направлено на частичное формирование элементов следующей компетенции:

Категория компетенции/ тип задач	Код и наименование компетенции	Индикаторы (показатели) достижения компетенций
Тип задач профессиональной деятельности: производственно-технологический	<b>ПКС-4</b> Способен организовать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	<p><b>ПКС-Б.4.1.</b> Способен применять методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирование продукта производства</p> <p><b>ПКС-Б.4.2.</b> Способен осуществлять проверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры</p>

Формирование профессиональных компетенций осуществляется в соответствии с профессиональными стандартами и ориентирована на выполнение обобщенных трудовых функций (ОТФ) и трудовых функций (ТФ):

Профессиональная компетенция	Профессиональный стандарт	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
<b>ПКС-4</b> Способен организовать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	<b>40.104.</b> Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	В. Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники	В/01.6. Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению
			В/02.6. Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники

		С. Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники	С/01.6. Разработка и адаптация типовых технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
			С/02.6. Разработка планировок рабочих мест и участков на производстве изделий микроэлектроники
	40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»	С. Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	С/01.6. Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур.
			С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- -совокупность свойств и параметров необходимых и достаточных для характеристики различных наноматериалов и наноструктур;
- -основные методы измерений свойств наноматериалов и параметров наноструктур;
- -назначение, типовую аппаратную или схемную реализацию методов измерений основных свойств и параметров наноматериалов и наноструктур;
- -методы оценки погрешностей и представления результатов измерений физических величин;
- -основные стандарты нормативные акты по планированию и организации работ по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

- -основные технологические процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

**Уметь:**

- использовать в измерениях технику работы со стандартными (эталонными, контрольными) образцами и процессами;
- применять методы обработки и представления результатов измерений;
- применять на практике знания организации и проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур;
- анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

**Владеть:**

- основами подготовки наноматериалов и наноструктур к измерениям их параметров и к процессу модификации их свойств;
- навыками метрологического сопровождения технологических процессов и эксплуатации.
- основами проведения измерений параметров наноматериалов и наноструктур;
- основами статистической обработки результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;
- основами проведения процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

#### 4. Содержание и структура дисциплины

##### Содержание разделов дисциплины

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

*Таблица 1. Содержание разделов дисциплины*

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1.	Введение в дисциплину	Классификация нанообъектов, наноматериалов и наноструктур. Метрологические аспекты наноиндустрии. Классификация средств измерений. Погрешности измерений и характеристики средств измерений. Виды измерений. Методы измерений. Виды контроля. Виды испытаний. Методы статистической обработки результатов измерений и формы их представления. Основные стандарты нормативные акты по планированию и организации работ по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	ПКС-4	Т, К, ПЗ
2	Методы измерения характеристик размеров нанообъектов, наноматериалов и	Оптическая микроскопия. Сканирующая атомно-силовая и туннельная микроскопия. Сканирующая растровая и просвечивающая электронная микроскопия. Рентгенодифракционные методы анализа наноматериалов. Методы определения удельной поверхности, пористости и	ПКС-4	Т,К, ПЗ



	наноструктур	размера частиц нанопорошков		
3	Основные методы и методики измерения электрофизических свойств и параметров наноматериалов и наноструктур	Зондовые методы измерения удельного сопротивления: Однозондовый, двухзондовый, трехзондовый, четырехзондовый и пятизондовый методы измерения удельного сопротивления. Метод встречных зондов. измерения сопротивления. Контактные и бесконтактные методы измерения удельного сопротивления: Метод Ван-дер-Пау. Метод Ван-дер-Пау для измерения концентрации и подвижности. Требования к контактам, методы их изготовления, проверка омичности. Емкостной и индуктивный методы. СВЧ-методы. Методы определения параметров полупроводниковых материалов с использованием эффекта Холла в постоянных и переменных электрических и магнитных полях. Квантовый эффект Холла. Методы измерения параметров неравновесных носителей (подвижность, время жизни, диффузионная длина и т.д.: метод стационарной фотопроводимости, релаксации фотопроводимости.	ПКС-4	Т,К, ПЗ
4	Методы исследования зонной структуры	Оптические методы измерения характеристик зонной структур: ширина запрещенной зоны, энергия активация примесей, энергия образования экситонов. Термостимулированные методы. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ).. Основные виды РСГУ: емкостная и токовая РСГУ.	ПКС-4	Т,К, ПЗ
5.	Методы измерения магнитных свойств	Магнитно-силовая микроскопия	ПКС-4	Т,К,ЛР
6.	Методы модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Физические и физико-химические основы направленного изменения свойств и характеристик нанобъектов, наноматериалов и наноструктур: Размерные и квантово-размерные эффекты. Роль поверхности в формировании свойств нанобъектов и наноматериалов. Химические и электрохимические методы модификации нанобъектов и наноструктур. Ионно- и плазменные методы модификации наноматериалов и наноструктур. Лазерные методы модификации. Управление свойствами наноматериалов методами физического и химического диспергирования.	ПКС-4	Т,К,ЛР

#### 4.2. Структура дисциплины

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часов)

Вид работы	Трудоёмкость, часы	
	8 семестр	Всего

Общая трудоемкость (в часах)	<b>108</b>	<b>108</b>
Контактная работа (в часах):	<b>60</b>	<b>60</b>
Лекции (Л)	40	40
Практические занятия (ПЗ)	20	20
Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная:	<b>57</b>	<b>57</b>
Самостоятельное изучение разделов	48	48
Самоподготовка:		
Курсовая работа (КР)	9	9
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации		
Экзамен	<b>27</b>	<b>27</b>
Вид промежуточной аттестации	экзамен, к/р	

#### 4.3. Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	Метрологические аспекты наноиндустрии.	ПКС-4
2	Оптическая микроскопия.	ПКС-4
3	Рентгенодифракционные методы анализа наноматериалов.	ПКС-4
4	Сканирующая растровая и просвечивающая электронная микроскопия.	ПКС-4
5	Зондовые методы измерения удельного сопротивления.	ПКС-4
6	Контактные и бесконтактные методы измерения удельного сопротивления	ПКС-4
7	Оптические методы измерения характеристик зонной структур	ПКС-4
8	Методы измерения параметров неравновесных носителей	ПКС-4
9	Методы определения удельной поверхности, пористости и размера частиц нанопорошков	ПКС-4
10	Физические и физико-химические основы направленного изменения свойств и характеристик нанообъектов, наноматериалов и наноструктур	ПКС-4
11	Ионно- и плазменные методы модификации наноматериалов и наноструктур.	ПКС-4
12	Химические и электрохимические методы модификации нанообъектов и наноструктур.	ПКС-4
13	Лазерные методы модификации.	ПКС-4
14	Управление свойствами наноматериалов методами физического и химического диспергирования.	ПКС-4

#### 4.4. Практические (Семинарские) занятия

№ п/п	Наименование практических занятий	Код контролиру- емой компе- тенции (или ее части)
1	Определение холловской подвижности и концентрации основных носителей заряда в полупроводниках.	ПК-3
2	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках.	ПКС-4
3	Определение ширины запрещённой зоны методом термостимулирования электропроводности.	ПКС-4
4	Обработка и количественный анализ АСМ изображений.	ПКС-4
5	Модификация поверхности кремния методом анодирования.	ПКС-4
6	Определение удельной поверхности наноструктурированного кремния.	ПКС-4

#### 4.5. Лабораторные работы

Лабораторные занятия не предусмотрены программой

#### 4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п /п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Код контролиру- емой компе- тенции (или ее части)
1	Классификация нанообъектов, наноматериалов и наноструктур.	ПКС-4
2	Сканирующая атомно-силовая и туннельная микроскопия	ПКС-4
3	Метод Ван-дер-Пау. Метод Ван-дер-Пау для измерения концентрации и подвижности. Требования к контактам, методы их изготовления, проверка омичности. Емкостной и индуктивный методы. СВЧ-методы.	ПКС-4
4	Методы определения параметров полупроводниковых материалов с использованием эффекта Холла в постоянных и переменных электрических и магнитных полях. Квантовый эффект Холла.	ПКС-4
5	Термостимулированные методы. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ).. Основные виды РСГУ: емкостная и токовая РСГУ.	ПКС-4
6	Метод встречных зондов. измерения сопротивления.	ПКС-4

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

Оценочные материалы для текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине определяются учебным планом образовательной программы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов обучающихся по программам высшего образования Кабардино-Балкарского университета (Приказ № 159/О от 31 августа 2017г.). При аттестации обучающихся оце-

нивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность чётко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (курсовой работы, лабораторных работ и др.). Текущий и рубежный контроль успеваемости студентов по дисциплине проводится по трем контрольным точкам. В конце 1/3 семестра 1-я контрольная точка, вторая контрольная точка- конец 2/3 семестра, а третья контрольная точка последние две недели семестра.

Распределение баллов в рамках балльно-рейтинговой системы аттестации студентов приведена ниже:

*Таблица 6. Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена*

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
<b>1.</b>	<b>Текущий контроль</b>				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
<b>2.</b>	<b>Рубежный контроль</b>				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
<b>Итого</b>		<b>70 баллов</b>	<b>23 балла</b>	<b>23 балла</b>	<b>24 балла</b>
<b>3.</b>	<b>Экзамен</b>	<b>30 баллов</b>	<b>min – 15, max – 30 баллов</b>		

### 5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, каждый из которых оценивается в пределах от 0 до 8 баллов. Таким образом, максимальное количество баллов, которые может получить студент при условии успешной сдачи трех коллоквиумов равно 24.

На коллоквиумах контролируется формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-4. Ниже приведен примерный перечень вопросов и заданий, выносимых на коллоквиумы:

*1-коллоквиум(Раздел 1,2):*

1. Особенности измерения физических величин в наномасштабах
2. Метрологические аспекты наноиндустрии.
3. Основные стандарты нормативные акты по планированию и организации работ по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
4. Методы статистической обработки результатов измерений и формы их представления.
5. Оптическая микроскопия: виды микроскопии, особенности применения в исследованиях наноматериалов и наноструктур.
6. Сканирующая атомно-силовая: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты и параметры измерения.
7. Сканирующая туннельная микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.
8. Сканирующая электронно- растровая микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.
9. Просвечивающая электронная микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.

10. Рентгенодифракционные методы анализа наноматериалов: общая характеристика методов, особенности исследования наноматериалов и наноструктур.

*2-коллоквиум(Раздел 3,4):*

- 1.Классификации, характеристика и возможности зондовых методов измерения удельного сопротивления наноматериалов и наноструктур.
- 2.Какие требования предъявляются к геометрической форме образца в методе четырех зондов?
- 3.Четырехзондовый метод измерения величины удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Преимущества, недостатки и возможности метода.
4. Выведите выражение для оценки удельного сопротивления, для случая, когда зонды 2 и 5 являются токовыми, а 1 и 4 потенциальными.
6. Почему включение зондов 1 и 4, в качестве токовых, предпочтительней в методе четырех зондов? Ответ обосновать.
7. Какими причинами обусловлены ограничения на величину тока в методе четырех зондов?
8. Какими причинами обусловлены ограничения на толщину пленок при измерении их удельного сопротивления методом четырех зондов?
9. Теория метода и вывод основной расчетной формулы для объемных (полубесконечных) образцов.
10. Особенность реализации четырехзондовой методики для определения величины удельного сопротивления эпитаксиальных слоев и многослойных структур.
- 11.Понятие величины поверхностного сопротивления и поверхностной проводимости.
12. Основные типы и источники погрешностей двухзондового метода определения величины удельного сопротивления материалов.
- 13.Общие и специфические источники погрешностей метода (в сравнении с четырехзондовым методом).
- 14.Возможности вольт-фарадного метода в исследовании электрофизических параметров структур с пониженной размерностью(МДП-структуры).
- 15.Определение спектральных зависимостей поверхностных параметров методом двух-температурной проводимости.
- 16.Определение типа проводимости и уровня легирования поверхностных слоев вольтфарадным методом
- 17.Поверхностные электронные состояния и их классификация
- 18.Теория приповерхностной области пространственного заряда полупроводника
- 19.Равновесный заряд в поверхностных состояниях.
- 20.Определение типа проводимости и уровня легирования полупроводника

*3-коллоквиум(Раздел 5,6):*

1. Физические и физико-химические основы направленного изменения свойств и характеристик нанообъектов, наноматериалов и нано-структур.
2. Роль размерных и квантово-размерных эффектов в технологии модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
3. Роль поверхности в формировании свойств нанообъектов и наноматериалов.
4. Химические модификации нанообъектов и наноструктур.
5. Электрохимические методы модификации нанообъектов и наноструктур.
6. Ионно- и плазменные методы модификации наноматериалов и наноструктур.
7. Лазерные методы модификации.
8. Управление свойствами наноматериалов методами физического и химического диспергирования.

*Методические рекомендации*

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника. При подготовке к коллоквиуму также рекомендуется посещение консультаций для своевременного снятия возникших вопросов в процессе подготовки. Коллоквиум проводится в виде устного опроса и собеседования со студентом.

### *Критерии оценивания*

Степень подготовленности студента на коллоквиуме оценивается по следующим критериям: - *ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы*; - *владение специальными терминами*; *системность знаний по теме коллоквиума*. Ниже приведена шкала оценивания:

*Таблица 7. Критерии оценивания студента на коллоквиуме*

Оценка			
2 балла «Неудовлетворительно»	4 балла «Удовлетворительно»	6 баллов «Хорошо»	8 баллов «Отлично»
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. Тесты

Тестирование по изучаемым разделам проводится 3 раза в семестр. На тестах контролируется формирование элементов профессиональной компетенции ПКС-4. Ниже приведены примерные образцы тестовых заданий:

1. Отметьте правильный ответ

По какой формуле определяется электропроводность собственного полупроводника:

- ☐  $\sigma = e n_{\text{np}} 1965$
- ☐  $\sigma = e \mu_{\text{np}} 1978$
- ☒  $e n_{\text{np}} + e \mu_{\text{np}} 1998$

2. Отметьте правильный ответ

В .....году создан первый сканирующий туннельный микроскоп

- ☒ 1982
- ☐ 1996
- ☐ 2005

3. Вставьте

В ..... году был разработан сканирующий атомно-силовой микроскоп

- ☒ 1986

4. Отметьте правильный ответ

Частотная область реализации квазистатического вольтфарадного метода

- ☒ период измерительного сигнала больше времени жизни неосновных носителей заряда
- ☐ период измерительного сигнала меньше времени жизни неосновных носителей заряда
- ☐ период измерительного сигнала равен времени жизни неосновных носителей заряда

5. Отметьте правильный ответ

Что означает приставка «нано-»?

- ☐  $10^{-6}$
- ☐  $10^{-10}$
- ☐  $10^{-9}$
- ☒  $10^{-12}$

6. Отметьте правильный ответ

7. Тонкая пленка это:

- ☐ Одномерная наноструктура
- ☐ Трехмерная наноструктура
- ☒ Двухмерная наноструктура
- ☐ Нульмерная наноструктура

8. Отметьте правильный ответ

В тонкой пленке квантование электронного спектра наблюдается в

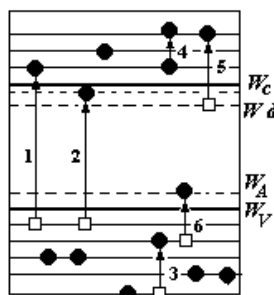
- ☒ Одном направлении
- ☐ В трех направлениях
- ☐ В двух направлениях
- ☐ не наблюдается

9. Отметьте правильный ответ

При увеличении ширины квантовой ямы в 2 раза, значение энергии квантового уровня:

- ☒ Увеличится в 2 раза
- ☐ Уменьшится в 2 раза
- ☐ Увеличится в 4 раза
- ☐ Уменьшится в 4 раза

10. Вставьте



На схеме представлены переходы электронов, отвечающие различным механизмам поглощения квантов света полупроводниками.

Переход ... соответствует примесному поглощению в акцепторных полупроводниках.

+: 6

11. Отметьте правильный ответ

Оптическое возбуждение носителей заряда с последующим переходом электронов и дырок с одного энергетического уровня на другой внутри зоны проводимости и валентной зоны называется: ....

- ☒ поглощением носителями заряда
- ☐ экситонным поглощением
- ☐ собственным поглощением

### Методические рекомендации

*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*

Таблица 8. *Критерии оценивания результатов тестирования*

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 практических занятий**

*(Контролируемые компетенции ПКС-4ф)*

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются практические занятия. Практические занятия помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы над документами и первоисточниками. Тематика практических занятий формируется на основе учебного материала излагаемого на лекциях и предлагаемого для самостоятельной проработки.

Планы практических занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях, включая выдачу индивидуальных тем для мини – доклада с презентацией по ключевым вопросам практического занятия. Доклад готовится одним студентом либо группой студентов. Независимо от того готовит студент доклад по теме или нет требуется самостоятельная проработка обозначенной темы, чтобы обсуждение материала было предметным и взаимно полезным.

Ниже приведен примерный план проведения практического занятия №2 по теме «Влияние размерных факторов на свойства и параметры наноматериалов и наноструктур».

*План практического занятия:*

1. Преподаватель в краткой форме характеризует круг рассматриваемых вопросов, устанавливает акценты на цели и задачи предстоящего занятия.
2. Выступление студента, доклад на тему « Квантовый эффект Холла: природа эффекта, условия наблюдения, области практического применения в электронике.
3. Обсуждение и дополнения доклада.
4. Опрос студентов по ключевым вопросам практического занятия:

*Примерный перечень вопросов и заданий*

1. В чем различие размерных и квантово-размерных эффектов?
2. Какие факторы определяют изменение объемных свойств материала при переходе в наномасштабы.



3. Приведите примеры проявления размерного и квантово-размерного эффектов.
  4. Какова роль поверхности в формировании свойств низкоразмерных систем?.
  5. Какие механизмы генерации приводят к появлению свободных носителей заряда?
  6. Как сказываются размерные факторы на магнитные свойства материала?
  7. Критерии размерного фактора, при котором наблюдается квантование спектра электронных состояний.
5. Заключение преподавателя: резюмирует выступление студентов, указывает на допущенные ошибки и проясняет вопросы, связанные с ними, публично оценивает работу студентов с выставлением баллов, предлагаются темы мини – докладов на следующее занятие.

### *Методические рекомендации*

Начиная подготовку к практическому занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к практическому занятию включает 2 этапа:

- организационный;
- закрепление и углубление теоретических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает: уяснение задания на самостоятельную работу; подбор рекомендованной литературы; составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе. Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов.

В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю.

Подготовка мини- доклада с презентацией материала предполагает более глубокую подготовку по теме доклада. Желательно, чтобы студент при подготовке докладов по темам касающимся методов получения и модификации наноматериалов и наноструктур и способам контроля их параметров обращался к патентным источникам. Мини- доклад готовится на выступление рассчитанное примерно на 7-10 минут.

### *Критерии оценивания*

Студент, успешно работающий на практических занятиях получает в конце семестра 21 балл(см. табл.6). Шкала оценивания работ на занятиях устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

*Таблица 9. Примерная шкала оценивания работы студента на практических занятиях*

№ п/п	Вид работы	Максимально возможное количество баллов за контрольную точку
1.	Доклад с презентацией материала по теме занятия(не менее 3 докладов в семестре)	9
2	Устные либо письменные опросы на практическом занятии	9
3	Активная работа (участие в обсуждениях, дополнения ответов, заинтересованность и т.д.)	3

#### **5.4. Промежуточная аттестация**

##### **5.4.1. Зачет**

*(Не предусмотрено программой)*

##### **5.4.2. Экзамен**

*(Контролируемые компетенции ПКС-4)*

Примерный перечень основных вопросов, выносимых на экзамен приведен ниже:

1. Особенности измерения физических величин в наномасштабах
2. Метрологические аспекты наноиндустрии.
3. Основные стандарты нормативные акты по планированию и организации работ по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
4. Методы статистической обработки результатов измерений и формы их представления.
5. Оптическая микроскопия: виды микроскопии, особенности применения в исследованиях наноматериалов и наноструктур.
6. Сканирующая атомно-силовая: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты и параметры измерения.
7. Сканирующая туннельная микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.
8. Сканирующая электронно- растровая микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.
9. Просвечивающая электронная микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.
10. Рентгенодифракционные методы анализа наноматериалов: общая характеристика методов, особенности исследования наноматериалов и наноструктур.
11. Методы определения удельной поверхности, пористости и размера частиц нанопорошков.
12. Зондовые методы измерения удельного сопротивления: Однозондовый, двухзондовый, трехзондовый, четырехзондовый и пятизондовый методы измерения удельного сопротивления.
13. Методика измерения удельного сопротивления методом встречных зондов.

14. Контактные и бесконтактные методы измерения удельного сопротивления.
15. Метод Ван-дер-Пау. Метод Ван-дер-Пау для измерения концентрации и подвижности.
16. Емкостной и индуктивный методы измерения удельного сопротивления.
17. СВЧ-методы измерения удельного сопротивления.
18. Методы определения параметров полупроводниковых материалов с использованием эффекта Холла в постоянных и переменных электрических и магнитных полях.
20. Измерение подвижности неравновесных носителей заряда методом стационарной фотопроводимости.
21. Измерение диффузионной длины неравновесных носителей заряда методом стационарной фотопроводимости.
22. Измерение времени жизни неравновесных носителей заряда методом релаксации фотопроводимости.
23. Оптические методы измерения характеристик зонной структур: ширина запрещенной зоны, энергия активации примесей, энергия образования экситонов.
24. Термостимулированные методы. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ).
25. Основные виды РСГУ: емкостная и токовая РСГУ.
26. Магнитно-силовая микроскопия: основы метода, аппаратная реализация, режимы сканирования, объекты исследования, параметры измерения и разрешение.

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

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, 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. Механическое запоминание числовых значений характеристик материалов не рекомендуется, но студент должен отчетливо представлять себе порядок этих величин. Непосредственная подготовка студента к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

#### *Критерии оценивания*

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов. Студент, набравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля, к экзамену не допускается. Ниже приведены критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации.

*Таблица 11. Критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации*

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
Неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно / диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
Шкала по балльно-рейтинговой системе			
46 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100

### **5.5. Контроль курсовых работ**

*(контролируемые компетенции ПКС-4).*

Тематика курсовых работ, требования к ним и указания по их выполнению доводятся до сведения студентов в начале соответствующего семестра. Темы курсовых работ предлагаются студентам на выбор. Студент имеет право выбрать одну из заявленных кафедрой тем, предварительно согласовав ее с научным руководителем. Студент совместно с научным руководителем курсовой работы уточняет круг вопросов, подлежащих изучению, выбирает объект исследования, составляет план и определяет структуру работы.

Ниже приводится примерный перечень тематики курсовых работ:

1. Атомно-силовая микроскопия в диагностике наноматериалов и наноструктур.
2. Тунельно-зондовая микроскопия в диагностике наноматериалов и наноструктур.
3. Электронная микроскопия в диагностике наноматериалов и наноструктур..
4. Оптические методы диагностики наноматериалов.
5. Методы локального измерения электрофизических параметров наноматериалов и наноструктур.
6. Программное обеспечение средств диагностики материалов и нанотехнологий.
7. Государственная система аттестации и сертификации в России средств диагностики для исследования, контроля и аттестации материалов и нанотехнологий.
8. Современные методы исследования, применяемые для характеристики нанокompозитных материалов.
9. Современные методы исследования нанокompозитных магнитных материалов.
10. Современные методы исследования нанопористых материалов.

#### *Требования к структуре и содержанию курсовой работы*

Курсовая работа должна представлять собой завершённое исследование, в котором анализируются исследовательские проблемы в рассматриваемой области, и раскрывается содержание и технологии разрешения этих проблем не только в теоретическом, но и в практическом плане на местном, региональном или федеральном уровнях. Работа должна носить творческий характер, отвечать требованиям логического и чёткого изложения материала, доказательности и достоверности фактов, отражать умения студента пользо-

ваться рациональными приёмами поиска, отбора, обработки и систематизации информации и содержать теоретические выводы и практические рекомендации.

Структурно курсовая работа состоит из следующих разделов: титульный лист, введение, содержательная часть, заключение, литература, приложения (при необходимости). Объем курсовой работы должен быть не менее 25 страниц. Оформление работы проводится на листах формата А4, шрифт Times New Roman (кегель 14), интервал 1, поля (справа 1,2 см, слева 3,0 см, сверху и снизу 2,0 см). Ссылки на цитируемую литературу, рисунки и таблицы сквозные. Глубина литературного поиска по тематике курсовой работы должна включать работы, опубликованные не позднее 10 лет на момент выполнения работы.

Выполнение курсовой работы складывается из нескольких этапов: анализ литературных и иных источников информации, составление плана работы, накопление и обработка фактического материала, написание и оформление работы, защита курсовой работы (проекта).

#### *Критерии оценивания курсовой работы*

Завершенная курсовая работа за неделю до защиты представляется студентом руководителю, который решает вопрос о допуске студента к защите курсовой работы.

Результаты защиты курсовой работы оцениваются дифференцированной отметкой («отлично», «хорошо», «удовлетворительно»). Ниже приведены критерии оценки:

*Таблица 12. Критерии и показатели оценивания курсовой работы*

<b>Оценка</b>			
<b>неудовлетворительно менее 61 балла</b>	<b>удовлетворительно 61-80 баллов</b>	<b>хорошо 81-90 баллов</b>	<b>отлично 91-100 баллов</b>
Работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы.	Работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны собственные выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.	Работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению работы. При защите работы студент владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.	Работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы.

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

*Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке*

<b>Результаты обучения (компетенции)</b>	<b>Основные показатели оценки результатов обучения</b>
Способен организовать технологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники (ПКС-4)	<b>Знать</b> — основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (31); - знает физические принципы основных экспериментальных методов исследования

	материалов и структур, используемых в физике и технологии наноэлектроники, условия и границы применения этих методов (32).
	<b>Уметь</b> -выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств нано- и микросистем(У1). -выбрать и создать модель схемы измерения параметров и технологического маршрута для модификации свойств объектов нанотехнологии в электронике(У2).
	<b>Владеть</b> - методами эффективного поиска информации по современным методам исследований о перспективных направлениях развития устройств для изучения и анализа наноструктур (В1). -первичными навыками использования программных средств для создания математических и физических моделей связанных с оценкой параметров наноматериалов, с выбором режимов модификации свойств объектов нанотехнологии в электронике ПК-3(В2).

Таблица 14. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

№	Состав	Формирование элементов компетенции		
		(31), (32)	(У1), (У2),	(В1), (В2)
1.	Содержание этапов			
2.	Виды занятий	1.Лекции 2.Консультации 3. Самостоятельная работа 4. Курсовая работа	1.Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3. Курсовая работа	1. Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3.курсовая работа
3.	Средства оценивания	1. <i>Посещение занятий</i> (см., разд.5, Табл. 6). 2. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 5. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.11)	1. <i>Допуск и выполнение лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе.</i> (см., разд.5, Табл.9) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 5. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 6. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.12)	1. <i>Защита результатов лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 3. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 4. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 5. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.12)

Степень сформированности элементов компетенций в рамках изучения данной дисциплины включает 3 уровня (см. таблица 13)

*Таблица 13. Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам*

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
«Зачтено» (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном умений, требуемых для решения творческих задач	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
«Зачтено» (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Адаптирует свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
«Зачтено» (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

## **7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### *Основная литература*

1. Блесман, А. И. Теоретические основы методов исследования наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Блесман, В. В. Даньшина, Д. А. Полонянкин. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 78 с. — 978-5-8149-2506-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78478.html>.
2. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике [Электронный ресурс] / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов ; под ред. В. П. Дьяконов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2017. — 688 с. — 978-5-4488-0055-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63585.html>.
3. Павлов Л.П., Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа. 1987. 240 с.
4. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции nanoиндустрии [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. Д. Анашина, С. Е. Андрюшечкин, С. И. Аневский [и др.]; под ред. В. Н. Крутиков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2011. — 591 с. — 978-5-98704-613-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33401.html>

### *Дополнительная литература*

1. Афонский, А. А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения [Электронный ресурс] / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. — Электрон. текстовые данные. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 541 с. — 5-98003-290-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8696.html>

2. Нанотехнологии. Физика. Процессы. Диагностика. Приборы. // Под редакцией В.В. Лучининой, Ю.М. Таирова. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006 – 551с.
3. Крутиков, В. Н. Нормативно-правовое обеспечение единства измерений. Том 1 [Электронный ресурс] / В. Н. Крутиков, С. А. Кононогов, Ю. М. Золотаревский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2014. — 736 с. — 978-5-98704-793-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33077.html>
4. Смирнов, С. В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Смирнов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 115 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13944.html>
5. Фомин Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Фомин Д.В.— Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2017. — 185 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57258>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Уч. пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. Российская академия наук, Институт физики микроструктур. Н. Новгород, 2004.-114 с.
7. Компьютерная микроскопия [Текст] / В. Г. Пантелеев, О. В. Егорова, Е. И. Клыкова. - Москва : Техносфера, 2005. - 303 с. : ил. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр.: с. 302-303. - ISBN 5-94836-025-3 (в пер.).

#### *Интернет - ресурсы*

1. <http://lib.kbsu.ru/> - Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> -Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> - ЭБС «Консультант студента»
5. [www.rusnano.com](http://www.rusnano.com) -ОАО «РОСНАНО» – флагман российских нанотехнологий
6. [www.nanometr.ru](http://www.nanometr.ru) -Интернет-журнал «Нанометр» – маяк российской нанонауки
7. [www.ntmdt.ru](http://www.ntmdt.ru) -Компания НТ-МДТ – форпост российской наноинженерии
8. [www.portalnano.ru](http://www.portalnano.ru) -Федеральный интернет-портал «Нанотехнологии и наноматериалы»
9. [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru) -Информационно-аналитический портал в области nanoиндустрии
10. [www.rusnanonet.ru](http://www.rusnanonet.ru) -Информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети
11. [www.nanojournal.ru](http://www.nanojournal.ru) -Российский электронный наножурнал
12. [www.kiae.ru](http://www.kiae.ru) Российский научный центр «Курчатовский институт»

### **8. 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 пакетов Microsoft Exell, MathCad (Academic MathCAD License).
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерных класса с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.



5. Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829.
6. Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-180427-050836-287-197.
7. Архиватор 7z (бесплатное ПО).
8. Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО).
- 10 Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО).
11. Система построение графиков SciDAVis (бесплатное ПО).
12. Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО).

## **9. Материально-техническое обеспечение работы**

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

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 учебников.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории «Материалы и компоненты твердотельной электроники», оснащенной следующим оборудованием и измерительной техникой:

1. Лабораторный стенд по изучению термоэлектрических явлений.
2. Установка магнетронного распыления материалов
3. Установка вакуум-термического напыления тонких пленок
3. Установка для измерения удельного сопротивления тонких пленок.
4. Лабораторный стенд изучения магнитных свойств.
5. Лабораторный стенд по измерению удельного сопротивления методом 4-х зондов.
6. Лабораторный стенд по измерению вольтамперных характеристик полупроводниковых элементов.
7. Лабораторный стенд по электрохимическому анодированию.
8. Лабораторный стенд измерения параметров полупроводниковых материалов по релаксации фотопроводимости.
9. Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56;
10. Оптический микроскоп высокого разрешения LATIMET-20.
11. Установка контактной сварки.
12. Лабораторный стенд измерения ЭДС Холла.
13. Цифровые вольтметры, амперметры, мосты постоянного и переменного тока, генераторы, осциллографы, источники питания, мультиметры и др.
14. ПК-4 шт.
15. Ноутбук- 1 шт.

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 и др. используются:  
**лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:**

- ✓ Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- ✓ архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- ✓ Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.
- ✓ . Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО)
- ✓ Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО)
- ✓ Система построение графиков SciDAVis (бесплатное ПО)
- ✓ Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО)

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

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 изменений (дополнений)  
в рабочей программе дисциплины**

**Б1.В.02.ДВ.02.01 «ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И МОДИФИКАЦИЯ  
СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР»**

**11.03.04 – Электроника и наноэлектроника на 2021-2022 учебный год**

№ п/п	Элемент (пункт)РДП	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры\_  
электроники и цифровых информационных технологий,*  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Заведующий кафедрой** \_\_\_\_\_ / **Р.Ш. Тешев** / \_\_\_\_\_  
подпись                      расшифровка подписи                      дата