

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный**  
**университет им. Х. М. Бербекова» (КБГУ)**

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

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы \_\_\_\_\_ **Тешев Р.Ш.**  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор Института  
\_\_\_\_\_ **Шогенов Б.В.**  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Элементы и приборы нанoeлектроники»**

Направление подготовки  
**11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Направленность  
**Современные информационные технологии в электронной технике**

Квалификация выпускника  
**бакалавр**  
Форма обучения  
**Очная**

**2024**

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Элементы и приборы наноэлектроники»** /сост. Р. Ш. Тешев – Нальчик: КБГУ, 2024 г. 21 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Элементы и приборы наноэлектроники»** предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, 8 семестра, 4 курса.

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Элементы и приборы наноэлектроники»** составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г за № 927.

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО .....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) .....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....	5
<i>Структура дисциплины (модуля)</i> .....	6
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	7
5.1. Коллоквиум .....	7
<i>Вопросы, выносимые на коллоквиум</i> .....	7
5.2. Образцы тестовых заданий .....	9
<i>Методические рекомендации по подготовке к тестированию</i> .....	10
<i>Критерии оценивания</i> .....	11
5.3. Задания для лабораторных занятий .....	11
6. Промежуточная аттестация .....	12
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности .....	14
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) .....	15
<i>Основная литература</i> .....	15
<i>Дополнительная литература</i> .....	16
<i>Периодические издания</i> .....	16
<i>Интернет-ресурсы</i> .....	16
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий .....	16
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	17
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) .....	19

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

**Целью дисциплины является:** приобретение и углубление знаний в области физики низкоразмерных систем, позволяющих понимать принцип работы как отдельных элементов, так и приборов в составе нанoeлектронных интегральных схем и функциональных устройств.

**Основные задачи дисциплины:** изучение физических эффектов, лежащих в основе функционирования нанoeлементов; изучение характеристик экспериментальных образцов нанoeлементов; формирование знаний в области зарубежных достижений по созданию элементной базы нанoeлектроники.

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

Дисциплина включена в вариативную часть обязательных дисциплин Б1.В.08 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: «Современные информационные технологии в электронной технике».

Изучение дисциплины «Элементы и приборы нанoeлектроники» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Материалы и компоненты нанoeлектроники», «Физика наноструктур», «Физические основы электроники и нанoeлектроники», «Нанoeлектроника» и др.

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, нижеперечисленных дисциплин: «Корпускулярно-зондовая нанотехнология», «Физика полупроводников и полупроводниковых наноструктур», «Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур», выполнения выпускной квалификационной работы.

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

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

**Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):**

**ПКС-1.** Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

**ПКС-Б.1.1.** Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков

**ПКС-Б.1.2.** Способен пользоваться методами компьютерного моделирования

В результате изучения дисциплины «Элементы и приборы нанoeлектроники» студент должен:

**знать:** методы самоорганизации и самообразования; простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники; особенности приборно-технологического моделирования микро- и нанoeлектронных устройств; методики экспериментального исследования приборов, схем, устройств и установок электроники, нанoeлектроники и микросистемной техники.

**уметь:** самостоятельно осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии изготовления и применения приборов электронной техники, использовать результаты самообразования в профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного

функционального назначения; использовать стандартные программные средства компьютерного моделирования; аргументированно выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов схем, устройств и установок электроники, нанoeлектроники и микросистемной техники;

**владеть:** методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, связанных с технологической подготовкой производства материалов и структур электронной техники; навыками использования стандартных программных средств компьютерного моделирования;

навыками реализации на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

#### 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

	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1	<b>Тема 1.</b> <i>Мезоскопическая физика и нанотехнологии.</i>	От микроэлектроники к нанoeлектронике. Основные тенденции развития нано- и оптоэлектроники. Характеристические длины в мезоскопических системах. Квантовые ямы, проволоки и точки. Полупроводниковые гетероструктуры.	<b>ПК-1</b>	ЛР, К, Т
2	<b>Тема 2.</b> <i>Полупроводниковые квантовые наноструктуры и сверхрешетки.</i>	Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля. Квантовые ямы. Модуляционно-легированные структуры. Дельта-легированные структуры. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля. Структуры металл/окисел/ полупроводник полевых МОП транзисторов (MOS FET). Структуры с расщеплённым затвором. Квантовые ямы. Модулированно-легированные квантовые ямы. Множественные квантовые ямы. Полупроводниковые сверхрешетки. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы	<b>ПК-1</b>	ЛР, К, Т

		сверхрешеток. Свойства электронного газа в сверхрешетке. Устройства на основе сверхрешеток.		
3	<b>Тема 3.</b> <i>Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях.</i>	Продольный перенос. Продольный перенос горячих электронов. Поперечный перенос. Резонансное туннелирование. Квантовый перенос в наноструктурах. Кулоновская блокада.	ПК-1	К, Т
4	<b>Тема 4.</b> <i>Электронные приборы на наноструктурах.</i>	Модуляционно-легированные полевые транзисторы. (MODFET). Биполярные транзисторы на гетеропереходах. Транзисторы с резонансным туннелированием. Одноэлектронные транзисторы.	ПК-1	ЛР, К, Т
5	<b>Тема 5.</b> <i>Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур.</i>	Полупроводниковые фотоприборы. Характеристика фотоприемников и их параметры, р- I-n – фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Фотоприемники на наноразмерных гетероструктурах. Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.	ПК-1	К, Т, ЛР

### *Структура дисциплины (модуля)*

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

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	8 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>88</b>	<b>80</b>
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	44	44
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	44	44
<b>Самостоятельная работа (в часах):</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП)	не предусмотрены	не предусмотрены
Самостоятельное изучение разделов/тем	29	29
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	9	9
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	Мезоскопическая физика и нанотехнологии.
2.	Полупроводниковые квантовые наноструктуры и сверхрешетки.
3.	Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях.

4.	Электронные приборы на наноструктурах.
5.	Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур.

Таблица 4. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1.	Исследование ВАХ туннельного диода
2.	Исследование статических характеристик биполярного транзистора
3.	Исследование статических характеристик малосигнальных параметров полевых транзисторов
4.	Исследование параметров структур с квантовыми ямами Вольт-фарадным методом
5.	Измерения спектров фотолюминесценции германия кремния
6.	Генерация микроволнового излучения в квантово-размерных диодных резонансных диодных резонансно-туннельных структурах
7.	Оптические свойства полупроводниковых наноструктур

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Квантово-механическая когерентность. Плотность состояния и размерность системы.
2.	Свойства электронного газа в сверхрешетке. Устройства на основе сверхрешеток.
3.	Напряжение гетероструктуры на основе SiGe. Модель сверхрешетки Крони-Гамма. Расщепление зон. Сверхрешетки типа <i>pn</i> .
4.	Спинтронные приборы. Полупроводниковые фотоприборы.

## 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.

#### 5.1.1. Вопросы, выносимые на коллоквиум (контролируемые компетенции ПК-1)

##### Первый коллоквиум

1. От микроэлектроники к нанoeлектронике.
2. Основные тенденции развития нано- и оптоэлектроники.
3. Характеристические длины в мезоскопических системах.
4. Квантовые ямы, проволоки и точки.
5. Полупроводниковые гетероструктуры.
6. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных объектах.
7. Важнейшие квантовомеханические характеристики тел.
8. Энергетический спектр неограниченного кристалла 3D –электронного газа.
9. Энергетический спектр квантовой ямы. (2D –электронного газа).
10. Электронный газ в квантовой проволоке (1D – газ).
11. Электронный газ в квантовой точке (0D – газ).
12. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля.

13. Квантовые ямы.
14. Модуляционно-легированные структуры.
15. Дельта-легированные структуры.

### ***Второй коллоквиум***

1. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля.
2. Структуры металл/окисел/ полупроводник полевых МОП транзисторов (MOS FET).
3. Структуры с расщеплённом затвором.
4. Квантовые ямы.
5. Модулированно-легированные квантовые ямы.
6. Множественные квантовые ямы.
7. Полупроводниковые сверхрешетки.
8. Сверхрешетки.
9. Энергетические диаграммы сверхрешеток.
10. Свойства электронного газа в сверхрешетке.
11. Устройства на основе сверхрешеток.
12. Продольный перенос.
13. Продольный перенос горячих электронов.
14. Поперечный перенос.
15. Резонансное туннелирование.

### ***Третий коллоквиум***

1. Квантовый перенос в наноструктурах.
2. Кулоновская блокада.
3. Модуляционно-легированные полевые транзисторы. (MODFET).
4. Биполярные транзисторы на гетеропереходах.
5. Транзисторы на горячих электронах.
6. Транзисторы с резонансным туннелированием.
7. Одноэлектронные транзисторы.
8. Спинтронные приборы.
9. Спиновой транзистор Джонсона.
10. Спин-полевые транзисторы.
11. Основные характеристики фотоприемников.
12. Фотодиоды.
13. Лавинные фотодиоды.
14. Фотоприемники на основе квантовых ям.
15. Фотоприемники на основе гетероструктур со встроенным массивом квантовых точек.

### ***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>
<b>Студент</b> 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 (контролируемые компетенции ПК-1)

- Укажите расстояние между транзисторами.
  - 0,1 мкм;
  - 0,01 мкм;
  - 1 мкм;
  - 10 мкм.
- Укажите топологический размер в современной электронике.
  - 10 мкм;
  - 1 мкм;
  - 0,1 мкм;
  - 0,01 мкм.
- Скорость переключения транзистора в секунду?
  - $10^{10}$ ;
  - $10^{15}$ ;
  - $10^{20}$ ;
  - $10^{25}$ .
- При уменьшении длины канала в N раз:
  - Величина порогового напряжения  $U_{пор}$  и проводимости канала  $\sigma$  увеличиваются в N раз, а быстродействие  $\tau$ , ток канала  $I_k$  и рассеиваемая мощность  $W_p$  уменьшаются в N раз.
  - $U_{пор}$  и  $\sigma$  не изменяются,  $\tau$  возрастает, а  $I_k$  уменьшается в N раз, а  $W_p$  увеличивается в  $N^2$  раз;
  - $U_{пор}$  и  $\sigma$  уменьшаются в N раз,  $\tau$  и  $I_k$  уменьшаются в N раз, а  $W_p$  – уменьшается в  $N^2$  раз;
  - $U_{пор}$  и  $\sigma$  не изменяются,  $\tau$  возрастает в N раз,  $I_k$  уменьшается в N раз, а  $W_p$  – уменьшается в  $N^2$  раз.
- $d$  – ширина p-n-перехода, смещенного в обратном направлении определяется формулой:
  - $d = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0}{e} \cdot \frac{1}{N_a} (\varphi_k + U_c)}$
  - $d = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0}{e} \cdot \frac{1}{N_a} (\varphi_k - U_c)}$
  - $d = \sqrt{\frac{e}{2\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{N_a} (\varphi_k + U_c)}$
  - $d = \sqrt{\frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2e} \cdot \frac{1}{N_a} (\varphi_k - U_c)}$

6. Увеличение разрешающей способности при оптической литографии и соответствующее уменьшение минимальных размеров формируемых элементов идет по пути...
- а) ...увеличения длины волны излучения;
  - б) ...постоянства длины волны излучения;
  - в) ...уменьшения длины волны излучения;
  - г) ...уменьшения чувствительности фоторезиста.
7. Формула, определяющая длину волны де Бройля:
- а)  $\lambda_B = \frac{h}{P}$ , где  $P = mv$ ;
  - б)  $\lambda_B = \frac{h}{P}$ , где  $P = 2mv$ ;
  - в)  $\lambda_B = \frac{h}{2P}$ , где  $P = \frac{mv}{2}$ ;
  - г)  $\lambda_B = \frac{h}{2P}$ , где  $P = mv^2$ .
8. Длина экранирования в полупроводниках  $\lambda_{СП}$ :
- а) больше чем в металлах  $\lambda_{SM}$ ;
  - б)  $\lambda_{СП} \gg \lambda_{SM}$ ;
  - в)  $\lambda_{СП} < \lambda_{SM}$ ;
  - г)  $\lambda_{СП} \ll \lambda_{SM}$ .
9. Квантовая проволока - одномерный (1D) объект, движение электронов в котором ограничено:
- а) вдоль оси  $x$  и  $y$  размерами  $dx$  и  $dy$  соизмеримыми с длиной волны де Бройля -  $\lambda_B$ ;
  - б) вдоль оси  $y$  и  $z$  размерами  $dy$  и  $dz$  соизмеримыми с длиной волны де Бройля -  $\lambda_B$ ;
  - в) вдоль оси  $x$  и  $z$  размерами  $dx$  и  $dz$  соизмеримыми с длиной волны де Бройля -  $\lambda_B$ ;
  - г) вдоль оси  $x$  размером  $dx$ , соизмеримыми с длиной волны де Бройля.
10. Квантовая точка - это...
- а) одномерный (1D) объект;
  - б) двумерный (2D) объект;
  - в) трехмерный (3D) объект;
  - г) нульмерный (0D) объект.

### ***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***

<b>Оценка</b>			
<b>неудовлетворительно 0 баллов</b>	<b>удовлетворительно 3 балла</b>	<b>хорошо 4 балла</b>	<b>отлично 5 баллов</b>
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** *(контролируемые компетенции ПК-1)*

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 «Исследование ВАХ туннельного диода»***

**Целью данной работы является** изучение принципа действия особенности работы туннельного диода, снятие вольт-амперной характеристики и определение параметров туннельного диода.

#### ***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, содержащий 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.

При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

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

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

- задание;
- схема установки и описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

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.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

## **6. Промежуточная аттестация** *(контролируемые компетенции ПК-1)* **Список основных вопросов к зачету**

1. От микроэлектроники к наноэлектронике.
2. Основные тенденции развития nano- и оптоэлектроники.
3. Характеристические длины в мезоскопических системах.
4. Квантовые ямы, проволоки и точки.
5. Полупроводниковые гетероструктуры.
6. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных объектах.
7. Важнейшие квантовомеханические характеристики тел.
8. Энергетический спектр неограниченного кристалла 3D –электронного газа.
9. Энергетический спектр квантовой ямы. (2D –электронного газа).
10. Электронный газ в квантовой проволоке (1D – газ).
11. Электронный газ в квантовой точке (0D – газ).
12. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля.
13. Квантовые ямы.
14. Модуляционно-легированные структуры.
15. Дельта-легированные структуры.
16. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля.
17. Структуры металл/окисел/ полупроводник полевых МОП транзисторов (MOS FET).
18. Структуры с расщеплённым затвором.
19. Квантовые ямы.
20. Модулированно-легированные квантовые ямы.
21. Множественные квантовые ямы.
22. Полупроводниковые сверхрешетки.
23. Сверхрешетки.
24. Энергетические диаграммы сверхрешеток.
25. Свойства электронного газа в сверхрешетке.
26. Устройства на основе сверхрешеток.
27. Продольный перенос.
28. Продольный перенос горячих электронов.
29. Поперечный перенос.
30. Резонансное туннелирование.
31. Квантовый перенос в наноструктурах.
32. Кулоновская блокада.
33. Модуляционно-легированные полевые транзисторы. (MODFET).
34. Биполярные транзисторы на гетеропереходах.
35. Транзисторы на горячих электронах.
36. Транзисторы с резонансным туннелированием.
37. Одноэлектронные транзисторы.

38. Спинтронные приборы.
39. Спиновой транзистор Джонсона.
40. Спин-полевые транзисторы.
41. Основные характеристики фотоприемников.
42. Фотодиоды.
43. Лавинные фотодиоды.
44. Фотоприемники на основе квантовых ям.
45. Фотоприемники на основе гетероструктур со встроенным массивом квантовых точек.

### ***Методические рекомендации при подготовке к зачету***

Подготовка студентов к зачету включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защите.

Для подготовки к ответам вопросы зачета (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 зачету 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 зачету должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

### ***Распределение баллов текущего, рубежного контроля***

№		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>

### ***Критерии оценивания***

При освоении дисциплины формируются компетенции **ПК-1**. Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

- формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);

- приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);
- закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, практики, выпускная квалификационная работа).

**Критерии оценки качества освоения дисциплины, завершающейся зачетом**

Баллы (рейтинговой оценки)	Результат освоения	Требования уровню сформированности компетенций
61-70	Зачтено (без процедуры сдачи зачета)	Обучающийся освоил знания, умения и навыки входящие в состав компетенций: ПК - 1 - Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.
36-61	Зачтено (с процедурой сдачи зачета)	Обучающийся проявляет компетенции ПК-1, но не в полном объеме входящих в их состав действий. Обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы.
менее 36 балла	не допущен к зачету	Компетенции не сформированы

**«Зачтено»** выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всестороннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ логично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершенствованию.

При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправлять допущенные ошибки и неточности.

**«Не зачтено»** может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное, неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки, неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может быть признан достаточным для профессиональной деятельности.

**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 строить	<u>Знать:</u> простейшие физические и	Выполнение и

<p>простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования. (ПК-1)</p>	<p>математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники; особенности приборно-технологического моделирования микро- и наноэлектронных устройств.</p> <p><b><u>Уметь:</u></b> строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства компьютерного моделирования.</p> <p><b><u>Владеть:</u></b> навыками использования стандартных программных средств компьютерного моделирования.</p>	<p>защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>).</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>).</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>).</p>
--	---	---

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

### Основная литература

1. Шишкин, Г.Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие. / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев-М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2012. — 408 с.
2. Евдокимов, А.А. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2011. — 146 с.

3. Мишина, Е.Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям.— М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2014. — 184 с.
4. Борисенко, В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2013. — 371 с

### *Дополнительная литература*

5. Н.Н. Герасименко. Кремний – материал нанoeлектроники. - М.: Техносфера. 2007. - 32 экз.
6. В.Н. Лозовский и др. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность: уч. пособие. - СПб: Изд-во «Лань». 2008. - 336 с.
7. А.А. Щука. Нанoeлектроника. М.: Физматкнига - 2007, 464 с.
8. Нанотехнология. Физика. Процессы. Диагностика. Приборы. / Под ред. В.В. Лучинина, М.М. Таирова. М.: Физматлит. 2006. - 554 с.
9. Мартинес-Дуарт и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: Техносфера. - 2007.

### *Периодические издания*

Перечень периодических изданий, получаемых библиотекой КБГУ, в которых студент может ознакомиться с современными достижениями в области электроники, микро и нанoeлектроники:

- Физика. (Физика полупроводниковых проводников и диэлектриков, квантовая электроника). Известия ВУЗов;
- Электроника;
- Физика и технология полупроводников;
- Микроэлектроника;
- Квантовая электроника.

### *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. [http://www.ph4s.ru/book\\_electronika.html](http://www.ph4s.ru/book_electronika.html) - Образовательный проект А.Н. Варгина
6. <http://www.Russianelectronics.ru> -портал «Время электроники»;
7. <http://www.platan.ru> – каталог электронных компонентов;
8. <http://metodist.lbz.ru/iumk/nano/lections.php> - видеоролики по нанотехнологии;
9. <http://nano.fcior.edu.ru> – каталог научно- образовательных ресурсов для наноиндустрии.
10. <https://www.sciencedirect.com/> - Полнотекстовая база данных ScienceDirect.

## **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 Excel, MathCad.

4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы 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 №136, 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:

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

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №136 «Твердотельная электроника», расположенной по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенной необходимым оборудованием:

- измерительные приборы и оборудование по исследованию статических, динамических и частотных параметров и характеристик диодов, транзисторов (биполярных и полевых) и тиристоров (диодных и триодных);
- измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56;
- стенд для измерения параметров и характеристик ЛПДО-2;
- цифровые вольтметры, амперметры, мосты постоянного и переменного тока, генераторы, осциллографы, источники питания, мультиметры и др.

Студенты имеют доступ через Интернет 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 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>.

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 (модуля)**

## «Элементы и приборы нанoeлектроники» по направлению подготовки

**11.03.04 Электроника и нанoeлектроника на 202\_\_\_ – 202\_\_\_ учебный год**

[illegible]

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры  
электроники и цифровых информационных технологий,  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » 202\_\_ г*

**Заведующий кафедрой**

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