

**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  
Кафедра электроники и информационных технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель образовательной  
программы**

**Директор ИИЭ и Р**

\_\_\_\_\_ **А.М. Кармоков**

\_\_\_\_\_ **Н.В. Черкесова**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.В.01.01 «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

Направление подготовки

**11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

**Профиль: Конструирование и технология радиоэлектронных средств**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

**Нальчик 2020**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Твердотельная электроника» /сост. Р. Ш. Тешев – Нальчик: КБГУ, 2020 г. 22 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Твердотельная электроника» предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, 2 курс, 4 семестр.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Твердотельная электроника» составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «19» сентября 2017 г. № 928.

## 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).....	5
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
<i>Структура дисциплины (модуля)</i> .....	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	9
Коллоквиум .....	9
<i>Вопросы, выносимые на коллоквиум</i> .....	9
Образцы тестовых заданий .....	10
<i>Методические рекомендации по подготовке к тестированию</i> .....	12
<i>Критерии оценивания</i> .....	13
Задания для лабораторных занятий .....	13
6. Промежуточная аттестация .....	14
Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2. ....	16
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	16
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) .....	17
<i>Основная литература</i> .....	17
<i>Дополнительная литература</i> .....	17
<i>Периодические издания</i> .....	17
<i>Интернет-ресурсы</i> .....	17
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	17
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	18
Приложение 1. Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) .	20
Приложение 2. Критерии оценки качества освоения дисциплины .....	21

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

### **Целью дисциплины является:**

- подготовка выпускника, владеющего физическими основами и принципами действия приборов твердотельной электроники;
- обучение теоретическим основам и методам экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения и их применению.

### **Основные задачи дисциплины:**

- изучение основных типов полупроводниковых приборов и физических процессов, обеспечивающих их работу;
- овладение методами исследования приборов твердотельной электроники;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний; способностей для самостоятельной работы.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при эксплуатации изделий электронной техники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 июля 2019 года N 540н (зарегистрирован в Минюсте РФ 28 августа 2019 года, регистрационный N 55756).
- 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.07.2019 г. № 480н (зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 г. № 55439).

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

Дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений Б1.В.01.01 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств профиль: «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- **Эксплуатация радиоэлектронной аппаратуры** (профессиональный стандарт 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», код В, уровень квалификации -5);
- **Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники** (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации -6).

Изучение дисциплины «Твердотельная электроника» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Физика», «Теоретические основы радиотехники», «Материалы и компоненты электронных средств», «Основы надежности электронных средств».

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплине: «Микроэлектроника», «Теоретические основы радиотехники», «Схемотехника электронных устройств» и др.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **профессиональной компетенции (ПК-1):**

- **Способен проводить техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры** (профессиональный стандарт 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», **трудовая функция В/01.5 - Техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры).**

**Код и наименование индикатора достижения компетенции:**

- ПК-1.3. Использует средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.

В результате изучения дисциплины (модуля) «Твердотельная электроника» студент должен:

**Знать:**

- принципы работы устройства, возможности средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры;
- методы обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.

**Уметь:**

- работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры;
- использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.

**Владеть:**

- эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры;
- сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.

### 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/ темы	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1	Электронно – дырочный переход.	Классификация и назначения материалов электронной техники. Основные свойства полупроводников. Проводимость полупроводников. Образование электронно – дырочного перехода. Энергетические диаграммы р – n перехода в равновесии и при смещениях. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.	<b>ПК-1</b>	<b>К, Т, ЛР</b>

		<p>Диодная теория ВАХ. Реальная ВАХ <math>p-n</math> перехода. Диффузионная теория. Энергетическая диаграмма <math>p-i-n</math> перехода в равновесии. Ток по диффузионной теории через <math>p-i-n</math> переход. Емкость диода. Барьерная и диффузионная емкость и их зависимости от напряжения. Пробой <math>p-n</math> перехода. Туннельный пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения. Тепловой пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения. Лавинный пробой. Связь коэффициента лавинного размножения с коэффициентом ударной ионизации. Температурная зависимость пробивного напряжения. Тепловой пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения.</p>		
2	<i>Контакт металла с полупроводником.</i>	<p>Энергетические диаграммы контакта металл - полупроводник. Обедненные (запорные) и обогащенные (антизапорные слои). Распределение объемного заряда и электрического поля в переходе металл – полупроводник. Ширина обедненного слоя в равновесии и при смещениях. ВАХ диодов с контактом Шоттки. Омический контакт.</p>	ПК-1	К, Т, ЛР
3	<i>Биполярный транзистор (БТ).</i>	<p>Биполярный транзистор. Структура. Режимы работы. Схемы включения. Принцип работы БТ. Коэффициенты усиления при различных схемах включения. Статические параметры при различных режимах работы БТ. Статические характеристики в схемах с ОБ и ОЭ. Пробой транзистора.</p>	ПК-1	К, Т, ЛР
4	<i>Тиристоры.</i>	<p>Тиристоры. Структура диодного тиристора (динистора). Принцип работы. ВАХ динистора. Триодный тиристор (тринистор). Принцип действия. ВАХ тринистора в закрытом состоянии.</p>	ПК-1	К, Т, ЛР
5	<i>Полевые</i>	Полевой транзистор с	ПК-1	К, Т, ЛР

	<i>транзисторы.</i>	управляющим р – n переходом. Структура и принцип работы. Статические характеристики и малосигнальные параметры. Частотные характеристики. МДП - транзистор с индуцированным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики. МДП – транзистор с встроенным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики. Приборы с зарядовой связью. Структура. Принцип действия. Характеристики и параметры.		
6	<i>Приборы на основе объемных эффектов.</i>	Туннельный диод. Принцип действия. Зонные диаграммы ВАХ. Эквивалентная схема ТД. Основные параметры. Обращенный диод. Лавинно – пролетный диод. Условия появления отрицательного динамического сопротивления и его физический смысл. Структура и принцип действия ЛДП. Лавинно – пролетный режим. Режим с захваченной плазмой. Эффект Ганна. Междолинный переход электронов и ОДС. Принцип действия диода Ганна. Пролетный режим.	<b>ПК-1</b>	<b>К, Т, ЛР</b>
7	<i>Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.</i>	Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов. Полупроводниковые приборы отображения информации и инфракрасные излучающие диоды. Лазеры. Принцип действия. Конструкция и технология изготовления инжекционных лазеров. Основные характеристики и параметры. Фоторезисторы и фотодиоды. Технология изготовления и конструкция. Основные характеристики и параметры. Фотоэлементы, фототранзисторы и фототиристоры. Основные параметры и характеристики.	<b>ПК-1</b>	<b>К, Т, ЛР</b>

**Структура дисциплины (модуля)**

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	34	34
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	68	68
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП)	не предусмотрены	не предусмотрены
Самостоятельное изучение разделов/тем	51	51
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	Электронно – дырочный переход.
2.	Контакт металла с полупроводником.
3.	Биполярный транзистор (БТ).
4.	Тиристоры.
5.	Полевые транзисторы.
6.	Приборы на основе объемных эффектов.
7.	Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.

Таблица 4. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1.	Электрические свойства электронно-дырочных переходов.
2.	Температурная зависимость ВАХ и параметров диодов.
3.	Исследование импульсивных характеристик диодов.
4.	Изучение статистических характеристик и параметров биполярного транзистора.
5.	Исследование частотных свойств и параметров БТ.
6.	Исследование полевых транзисторов.
7.	Исследование статистических параметров маломощных транзисторов и диодов.
8.	Изучение статистических характеристик управляемых тиристоров типа р-п-р-п.
9.	Исследование туннельных диодов.
10.	Исследование характеристик полупроводниковых приборов на установке Л2-56.

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Транзистор как линейный четырехполюсник
2.	Разновидности транзисторов и их параметры
3.	Моделирование МДП-транзистора
4.	Области применения полевых транзисторов с зарядовой связью
5.	Вывод информации из ПЗС
6.	Затираемые тиристоры
7.	Тиристоры-диоды
8.	Сравнительная характеристика тиристора и транзистора



9.	Лазерное усиление
10.	Разновидности фотодиодов
11.	Система обозначения оптопар

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

### Коллоквиум

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

#### **5.1.1. Вопросы, выносимые на коллоквиум** (контролируемая компетенция ПК-1)

##### ***Первый коллоквиум***

1. Классификация и назначения материалов электронной техники.
2. Основные свойства полупроводников. Проводимость полупроводников.
3. Образование электронно – дырочного перехода.
4. Энергетические диаграммы  $p - n$  перехода в равновесии и при смещениях.
5. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.
6. Диодная теория ВАХ. Реальная ВАХ  $p - n$  перехода.
7. Диффузионная теория. Энергетическая диаграмма  $p - i - n$  перехода в равновесии. Ток по диффузионной теории через  $p - i - n$  переход.
8. Емкость диода. Барьерная и диффузионная емкость и их зависимости от напряжения.
9. Пробой  $p - n$  перехода. Туннельный пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения.
10. Лавинный пробой. Связь коэффициента лавинного размножения с коэффициентом ударной ионизации.
11. Температурная зависимость пробивного напряжения. Тепловой пробой.
12. Энергетические диаграммы контакта металл - полупроводник.
13. Обедненные (запорные) и обогащенные (антизапорные слои).
14. Распределение объемного заряда и электрического поля в переходе металл – полупроводник.
15. Ширина обедненного слоя в равновесии и при смещениях.
16. ВАХ диодов с контактом Шоттки. Омический контакт.

##### ***Второй коллоквиум***

1. Биполярный транзистор. Структура. Режимы работы. Схемы включения.
2. Принцип работы БТ. Коэффициенты усиления при различных схемах включения.
3. Статические параметры при различных режимах работы БТ.
4. Статические характеристики в схемах с ОБ и ОЭ.
5. Пробой транзистора.
6. Тиристоры. Структура диодного тиристора (динистора). Принцип работы. ВАХ динистора.
7. Триодный тиристор (тринистор). Принцип действия. ВАХ тринистора в закрытом состоянии.
8. Полевой транзистор с управляющим  $p - n$  переходом. Структура и принцип работы.
9. Статические характеристики и малосигнальные параметры полевого транзистора. Частотные характеристики.
10. МДП - транзистор с индуцированным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики.

11. МДП – транзистор с встроенным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики.
12. Приборы с зарядовой связью. Структура. Принцип действия. Характеристики и параметры.

### ***Третий коллоквиум***

1. Туннельный диод. Принцип действия. Зонные диаграммы ВАХ.
2. Эквивалентная схема ТД. Основные параметры. Обращенный диод.
3. Лавинно – пролетный диод. Условия появления отрицательного динамического сопротивления и его физический смысл.
4. Структура и принцип действия ЛДП. Лавинно – пролетный режим. Режим с захваченной плазмой.
5. Эффект Ганна. Междолинный переход электронов и ОДС. Принцип действия диода Ганна. Пролетный режим.
6. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов.
7. Полупроводниковые приборы отображения информации и инфракрасные излучающие диоды.
8. Лазеры. Принцип действия.
9. Конструкция и технология изготовления инжекционных лазеров. Основные характеристики и параметры.
10. Фоторезисторы и фотодиоды. Технология изготовления и конструкция.
11. Основные характеристики и параметры фоторезисторов и фотодиодов. Фотоэлементы, фототранзисторы и фототиристоры. Основные параметры и характеристики.

### ***Рекомендации при подготовке к коллоквиуму***

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

### ***Критерии оценивания***

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

### **Образцы тестовых заданий**

*(контролируемая компетенция ПК-1)*

1. При увеличении площади р-п перехода на обратную ветвь ВАХ р-п перехода при постоянном напряжении обратный ток

- а) Уменьшается;
- б) Увеличивается;
- в) Не изменяется;
- г) Равен нулю.

2.  $I_d$ - это

- а) Ток дрейфа р-п перехода;
- б) Прямой ток р-п перехода;
- в) Диффузионный ток;
- г) Ток насыщения или тепловой ток.

3. Прямой ток на ВАХ р-п перехода возрастает с повышением температуры, т.к.

- а) Потенциальный барьер увеличивается при постоянном напряжении;
- б) Потенциальный барьер уменьшается при постоянном напряжении;
- в) Потенциальный барьер не изменяется при постоянном напряжении.

4. При лавинном пробое с увеличением температуры пробивное напряжение увеличивается, т.к.

- а) Длина свободного пробега увеличивается, а, следовательно, увеличивается и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
- б) Длина свободного пробега не изменяется, а, следовательно, не изменяется и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
- в) Длина свободного пробега уменьшается, а, следовательно, уменьшается и энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника;
- г) Длина свободного пробега уменьшается, а, следовательно, увеличивается энергия, которую может приобрести носитель на длине свободного пробега, для ионизации атома полупроводника.

5. Тепловым пробоем называется

- а) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура начнет повышаться, что приведет к пробое;
- б) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно не превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура начнет повышаться, что приведет к пробое;
- в) Прохождение обратного тока в р-п переходе, при котором выделяется определенное количество тепла и если оно превосходит количество тепла, отводимое от р-п перехода, то температура не изменится, что приведет к пробое;

6. Укажите формулу ширины ОПЗ в общем виде.

$$\text{а) } d = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0 \cdot Na+Nd \cdot (\varphi_k \pm u)}{e \cdot Na \cdot Nd}};$$

$$\text{б) } d = \sqrt{\frac{e \cdot Na+Nd \cdot (\varphi \pm u)}{2\varepsilon\varepsilon_0 \cdot Na \cdot Nd}};$$

$$\text{в) } d = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0 \cdot Na+Nd \cdot (\varphi_k \pm u)}{e \cdot Na-Nd}};$$

$$\text{г) } d = \sqrt{\frac{2\varepsilon \cdot Na+Nd \cdot (\varphi \pm u)}{e\varepsilon_0 \cdot Na \cdot Nd}}.$$

7. При прямом смещении в р-п переходе происходит

- а) Экстракция;
  - б) Инжекция;
  - в) Экстракция и инжекция;
  - г) Дрейф носителей заряда.
8. Диффузионная теория – это теория толстого перехода, когда
- а) Ширина ОПЗ много меньше диффузионной длины  $d \ll L$ ;
  - б) Ширина ОПЗ много больше диффузионной длины  $d \gg L$ ;
  - в) Ширина ОПЗ равна диффузионной длине  $d = L$ ;
  - г) Ширина ОПЗ меньше либо равна диффузионной длине  $d \leq L$ .
9. Пробивное напряжение уменьшается, при туннельном пробое с увеличением температуры, т.к.
- а) Ширина запрещенной зоны уменьшается, и уменьшается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при меньших напряжениях;
  - б) Ширина запрещенной зоны увеличивается, и увеличивается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при меньших напряжениях;
  - в) Ширина запрещенной зоны увеличивается, и уменьшается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при больших напряжениях;
  - г) Ширина запрещенной зоны уменьшается, и увеличивается толщина потенциального барьера, что позволяет туннелировать, при больших напряжениях.
10.  $\tau_i$  – это
- а) Время жизни дырок;
  - б) Время жизни электронов;
  - в) Время жизни ионов;
  - г) Время жизни носителей собственного п/п.

### ***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.

### **Задания для лабораторных занятий**

*(контролируемая компетенция 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 «Температурная зависимость ВАХ и параметров диодов»***

Целью данной работы является исследование вольт-амперных характеристик, дифференциальной емкости, дифференциального сопротивления р-п перехода (диода) и их изменения с температурой.

### ***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**

*(контролируемая компетенция ПК-1)*

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

1. Диффузионный ток в полупроводниках. Закон полного тока.
2. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина носителей заряда.
3. Виды электрических контактов, требования к ним.
4. Р-п-переход в равновесии.
5. Р-п-переход в смещении.
6. ВАХ идеального и реального р-п-перехода.
7. Принцип действия, режимы работы, характеристики, условное графическое обозначение и маркировка диодов: выпрямительных, ВЧ, импульсных.
8. Принцип действия, режимы работы, характеристики, условное графическое обозначение и маркировка диодов: варикапов, стабилитронов, стабилиторов.
9. Принцип действия, ВАХ, обозначение туннельного диода.
10. Выпрямляющий контакт металл-полупроводник в равновесии.
11. Выпрямляющий контакт металл-полупроводник в смещении. Диодная и диффузионная теории выпрямления.
12. Контакт металл – полупроводник с омическими свойствами. Способы формирования.
13. Структура и принцип действия биполярных транзисторов.
14. Режимы работы, схемы включения, параметры биполярных транзисторов.
15. Особенности ВАХ, дифференциальные коэффициенты передачи биполярного транзистора, включенного по схеме ОБ.
16. Особенности ВАХ, дифференциальные коэффициенты передачи биполярного транзистора, включенного по схеме ОЭ.
17. Структура и принцип действия тиристоров.
18. Типы тиристоров. Схемы включения, параметры и ВАХ тиристоров.
19. Эффект поля. МДП-структура. Поверхностная проводимость.
20. Вольтфарадные характеристики МДП-структуры. Поверхностный варикап.
21. Структура и принцип действия МДП-транзисторов с индуцированным каналом.
22. ВАХ и параметры МДП-транзисторов с индуцированным каналом.
23. Структура и принцип действия МДП-транзисторов со встроенным каналом.
24. ВАХ и параметры МДП-транзисторов со встроенным каналом.
25. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов.
26. Полупроводниковые приборы отображения информации и инфракрасные излучающие диоды.
27. Лазеры. Принцип действия. Конструкция и технология изготовления инжекционных лазеров. Основные характеристики и параметры.
28. Фоторезисторы. Технология изготовления и конструкция. Основные характеристики и параметры.
29. Фотодиоды. Технология изготовления и конструкция. Основные характеристики и параметры.
30. Фотоэлементы, фототранзисторы и фототиристоры. Основные параметры и характеристики.

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

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

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

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

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

<b>№</b>		<b>Общая сумма</b>	<b>1-я точка</b>	<b>2-я точка</b>	<b>3 точка</b>
<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>		

### ***Критерии оценивания***

При освоении дисциплины формируется компетенция ПК-1. Указанная компетенция 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).

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- базовый уровень (**оценка «удовлетворительно»**) является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

- продвинутый уровень (**оценка «хорошо»**) характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- высокий уровень (**оценка «отлично»**) характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

**Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2.**

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

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

<b>Результаты обучения (компетенции)</b>	<b>Основные показатели оценки результатов обучения</b>	<b>Вид оценочного материала</b>
Способен проводить техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры ( <b>ПК-1</b> ) <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b> ПК-1.3. Использует средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы работы устройства, возможности средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры;</li> <li>– методы обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.</li> </ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры;</li> <li>– использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.</li> </ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры;</li> <li>– сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.</li> </ul>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<b>раздел 5.1.1</b>); типовые тестовые задания (<b>раздел 5.2</b>.); типовые оценочные материалы к экзамену (<b>раздел 6</b>.).</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<b>раздел 5.1.1</b>); типовые тестовые задания (<b>раздел 5.2</b>.); типовые оценочные материалы к экзамену (<b>раздел 6</b>.).</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<b>раздел 5.1.1</b>); типовые тестовые задания (<b>раздел 5.2</b>.); типовые оценочные материалы к экзамену (<b>раздел 6</b>.).</p>



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

### ***Основная литература***

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов. / В. А. Гуртов. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2008. – 408 с. (14 экз., имеется электронная версия)
2. Троян, П.Е. Твердотельная электроника. М.: ТУСУР, 2006. — 330 с. ЭБС «IPR Books»
3. Викулин И., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Радио и связь, 1990 (17 экз.)

### ***Дополнительная литература***

4. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008. - 488с.
5. О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. Электроника. Учебник для вузов 4-е изд., стер. - М.: ВШ. 2008. (Электронный учебник в библиотеке КБГУ, режим доступа <http://lib.kbsu.ru>).
6. А.Л. Марченко. Основы электроники, уч. пос. для вузов. изд. ДМК Пресс. 2000.
7. Н.М. Тугов и др. Полупроводниковые приборы. - М.: Энергоатомиздат. 1996.

### ***Периодические издания***

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

- Физика. (Физика полупроводниковых проводников и диэлектриков, квантовая электроника). Известия ВУЗов.
- Электроника.
- Физика и техника полупроводников.
- Микроэлектроника.
- Квантовая электроника.
- Радиоэлектроника
- Материалы электронной техники.
- Физика твердого тела
- Известия вузов.

### ***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 через Интернет доступ к единому образовательному portalу, где в открытом доступе имеются ресурсы учебно-методической литературы, являющиеся 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, условный номер-14, 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 материалом в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №136 «Вакуумная и твердотельная электроника», расположенной по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, условный номер - 14, 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, условный номер -1, 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)  
«Твердотельная электроника» по направлению подготовки  
11.03.03 Конструирование и технология электронных средств направленность  
(профиль) «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» на 20 – 20  
учебный год**

[illegible]

**Заведующий кафедрой**

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

Критерии оценки качества освоения дисциплины

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
<b>ПК-1</b> Способен проводить техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b> ПК-1.3. Использует средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	<b>Знать:</b> - принципы работы устройства, возможности средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методы обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники	Не знает	отсутствие знаний о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.	неполные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники	в целом успешные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники	полностью сформированные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники
	<b>Уметь:</b> - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического	Не умеет	отсутствие или частичное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического	недостаточное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического	в целом успешное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического	полностью сформированное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
	состояния радиоэлектронной аппаратуры.		состояния радиоэлектронной аппаратуры.	радиоэлектронной аппаратуры. .	состояния радиоэлектронной аппаратуры.	контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.
	<b>Владеть:</b> - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.	Не владеет	отсутствие навыков владения: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.	недостаточное владение: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры..	наличие навыков владения: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.	успешное владение: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.