

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования  
первый проректор  
Т.А. Хагуров  
«    »    2024 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.05 ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, КОМПОНЕНТОВ И УСТРОЙСТВ

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Физика и технология радиоэлектронных приборов  
и устройств

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология радиоэлектронных материалов, компонентов и устройств» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

Программу составил:

Ильченко Г.П., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. физ.-мат. наук

  
подпись

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология радиоэлектронных материалов, компонентов и устройств» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий  
протокол № \_\_\_\_\_ 2024 г.

Зав. кафедрой (разработчика)

  
подпись


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий  
протокол № \_\_\_\_\_ 2024 г.

Зав. кафедрой (выпускающей)

  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета  
протокол № \_\_\_\_\_ 2024 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов

  
подпись

Рецензенты:

Клещёв Артём Евгеньевич, директор ООО «ЭЛХАРТ»

Дружинин Валерий Анатольевич,  
начальник конструкторского бюро ООО «Конструкторское бюро «ИС»



## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

Учебная дисциплина «Физика и технология радиоэлектронных материалов, компонентов и устройств» ставит своей целью изучение физических эффектов и процессов в полупроводниках и полупроводниковых приборах.

### 1.2 Задачи дисциплины.

- изучение основных понятий, эффектов, законов и моделей физики полупроводников и соответствующих им математических формул;
- изучение принципов работы полупроводниковых приборов;
- изучение методов экспериментального исследования характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физика и технология радиоэлектронных материалов, компонентов и устройств» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания «Физика полупроводников» и «Радиоэлектроника». Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Полупроводниковая электроника» и «Схемотехника».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3):

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
<b>ПК-1. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследований с целью создания новых перспективных средств для систем передачи информации</b>	
ИПК-1.1. Владеет современными информационными системами и технологиями с целью моделирования сложных технических систем	Владеет программами схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств
ИПК-1.2. Способен применять современное материально-техническое оборудование для исследовательских целей.	Умеет использовать оборудование и ПО для проектирования печатных плат
<b>ПК-2. Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по изучению и созданию новых элементов и компонентов для систем передачи информации</b>	
ИПК-2.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Знает методики проведения исследований параметров полупроводниковых приборов
ИПК-2.2. Осуществляет выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	Умеет проводить исследования параметров полупроводниковых приборов
ИПК-2.3. Подготавливает элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ	Умеет подготавливать элементы документации для проектирования печатных плат

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед., (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.



Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>64</b>	<b>64</b>
Занятия лекционного типа	32	32
Лабораторные занятия	32	32
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	—	—
<b>Иная контактная работа:</b>		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	12	12
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	41	41
Курсовой проект (КП) (подготовка)	—	—
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	31	31
Подготовка к текущему контролю	10	10
<b>Контроль:</b>		
Подготовка к экзамену	26,7	26,7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>76,3</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6-м семестре:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	Материалы электронной техники и их электрофизические свойства. Контактные и поверхностные явления в полупроводниках, р-п-переход.	19	4	—	10	5
2	Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы: технологии изготовления, характеристики, параметры, модели	14	4	—	4	6
3	Электронные и микросистемные компоненты. Дискретные электронные компоненты	14	4	—	4	6
4	Технология изготовления тонкопленочных и полупроводниковых интегральных микросхем	10	4	—	—	6
5	Печатные платы. Технологические процессы изготовления	12	4	—	2	6
6	Сборка и монтаж печатных плат. Методы контроля печатных плат	14	6	—	2	6



7	Компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств. Программы схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств и проектирования печатных плат	22	6	—	10	6
<i>Итого по дисциплине:</i>		<b>105</b>	<b>32</b>	<b>—</b>	<b>32</b>	<b>41</b>

### 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины:

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Материалы электронной техники и их электрофизические свойства. Контактные и поверхностные явления в полупроводниках, р-п-переход.	Контакт металл-полупроводник: зонные диаграммы, работа выхода, электронное сродство, контактная разность потенциалов, ВАХ. Распределение объемного заряда и поля. Омические контакты. Поверхностные состояния. Эффект поля. Контакт металл-полупроводник. Диод Шоттки. Классификация р-п-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей. Барьерная емкость. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Диффузионная емкость. ВАХ р-п-перехода.	Устный опрос
2	Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы: технологии изготовления, характеристики, параметры, модели	Разновидности полупроводниковых диодов: выпрямительные, импульсные, варикапы, стабилитроны, обращенные, туннельные и т.д. Особенности конструкций, параметров, характеристик и моделей. Влияние внешних условий на характеристики и параметры диодов. Структура и принцип действия биполярного транзистора (БТ). Режимы работы. Схемы включения. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики БТ. Малосигнальные высокочастотные линейные модели БТ. Работа БТ в ключевом режиме. Переходные процессы. Конструктивно-технологические разновидности дискретных транзисторов. Источники собственных шумов в БТ. Классификация полевых транзисторов (ПТ). Устройство и принцип действия ПТ с управляющим р-п-переходом. Физические параметры и их зависимости от температуры. Модели ПТ с управляющим переходом. Устройство и принцип действия МДП-транзисторов. Физические процессы в МДП-структурах и физические параметры МДП-транзисторов. Модели МДП транзисторов. Конструктивно-технологические разновидности ПТ. Особенности структур и параметров интегральных ПТ. Структуры на комплементарных МДП транзисторах.	Устный опрос
3	Электронные и микросистемные компоненты. Дискретные электронные компоненты	Конструктивные элементы. Пассивные электрорадиоэлементы, активные электронные элементы. Магнитные и немагнитные полупроводниковые структуры. Интегральные микросхемы. Резисторы. Конденсаторы. Катушки индуктивности. Трансформаторы. Диоды. Транзисторы. Транзисторы из полимерных материалов.	Устный опрос



4	Технология изготовления тонкопленочных и полупроводниковых интегральных микросхем	Классификация и назначение интегральных микросхем. Назначение интегральных микросхем. Материалы для изготовления тонкопленочных и толстопленочных интегральных схем. Фотолитография. Подготовка поверхности. Нанесение фотослоя. Совмещение и экспонирование. Проявление. Травление. Электрический монтаж кристаллов интегральных микросхем на коммутационных платах. Проволочный монтаж. Ленточный монтаж. Монтаж с помощью жестких объемных выводов. Микросварка. Изготовление системы объемных выводов.	Устный опрос
5	Печатные платы. Технологические процессы изготовления	Основные характеристики печатных плат. Материалы, используемые для изготовления печатных плат. Типы печатных плат. Односторонние печатные платы. Двухсторонние печатные платы. Многослойные печатные платы. Гибкие печатные платы. Рельефные печатные платы. Основные методы изготовления печатных плат. Аддитивная технология. Комбинированный позитивный метод. Тентинг-метод. Струйная печать как способ изготовления электронных плат.	Устный опрос
6	Сборка и монтаж печатных плат. Методы контроля печатных плат	Подготовительные монтажные операции. Фиксация ИЭТ. Групповая обрезка выводов. Нанесение припоя. Вклейка ЭРЭ в ленту. Сборочные автоматы. Система контроля качества печатных плат Aplite 3. Электрический контроль печатных плат. Сетчатые тестеры. Подвижные зонды.	Устный опрос
7	Компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств. Программы схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств и проектирования печатных плат	Пакет программ схемотехнического анализа MicroCAP. Библиотеки аналоговых и цифровых компонентов. Общие сведения о моделях компонентов. Система моделирования и анализа электрических схем NI Multisim. Интерфейс программы. Аналоговые и цифровые компоненты. Аналоговые контрольно-измерительные приборы. Цифровые контрольно-измерительные приборы. Создание схемы. Моделирование электронных схем. Системный подход к проектированию печатных плат. Особенности процесса проектирования печатных плат. Стадии разработки печатных плат. Организация процесса проектирования печатных плат.	Устный опрос

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Семинарские занятия – не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела (темы)	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	Материалы электронной техники и их электрофизические свойства. Контактные и поверхностные явления в полупроводниках, p-n-переход.	Измерение удельного сопротивления полупроводников четырёхзондовым методом. Определение тип полупроводника методом термозонда.	Защита ЛР
2		Изучение характеристик и параметров полупроводниковых диодов.	Защита ЛР
3		Изучение эффекта Холла	Защита ЛР



4	Электронные и микроэлектронные компоненты. Дискретные электронные компоненты	Полупроводниковые датчики физических величин.	Защита ЛР
5		Полупроводниковые фотоприемники.	Защита ЛР
6	Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы: технологии изготовления, характеристики, параметры, модели	Изучение характеристик биполярных транзисторов	Защита ЛР
7		Изучение характеристик полевых транзисторов	Защита ЛР
8	Компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств. Программы схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств и проектирования печатных плат	Изучение пакета программ схемотехнического анализа MicroCAP.	Защита ЛР
9		Изучение системы моделирования и анализа электрических схем NI Multisim.	Защита ЛР
10		Изучение программ для разработки печатных плат.	Защита ЛР

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Курсовые работы – не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2	Оформление и подготовка к защите лабораторных работ	1. Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. 2. Жужа М.А. Физика полупроводников: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,



– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Физика полупроводников» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение.

На лекции выносятся 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение и поисковая беседа. Часть учебного материала предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники и разбирать конкретные проблемные ситуации, возникавшие в процессе исторического развития производства полупроводниковых материалов и приборов.

На лабораторных занятиях студенты, работая в малых группах по 2 человека, измеряют характеристики полупроводников и полупроводниковых приборов, применяя на практике теоретические знания, учатся работать с цифровыми и аналоговыми измерительными приборами.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по рейтинговой системе.

В учебном процессе используются следующие **активные и интерактивные формы** проведения занятий: презентация с обсуждением, поисковая беседа, работа в малых группах, дискуссия.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль:

- устный опрос по контрольным вопросам по разделам учебной программы;
- защита лабораторных работ;
- внутрисеместровая аттестация.

Промежуточная аттестация:

- экзамен.

#### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.

##### 4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.

Контрольные вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- для внутрисеместровой аттестации;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов при сдаче студентами отчетов по лабораторным работам.

**Раздел 1. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства.  
Контактные и поверхностные явления в полупроводниках, p-n-переход.**  
Назовите основные специфические особенности полупроводников.



С какой целью легируют полупроводники?  
Как формируются разрешенные и запрещенные зоны в полупроводнике?  
Как объяснить температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике?

В каких полупроводниках концентрация неосновных носителей выше: в сильнолегированных или в слаболегированных?

Какие слагаемые входят в уравнение полного тока?

Какие физические величины связывают соотношения Эйнштейна?

Какие физические процессы в полупроводниках учитывает уравнение непрерывности?

При каких условиях контакт металл-полупроводник является невыпрямляющим?

В чём заключается эффект инверсии электропроводности у поверхности?

Что такое контактная разность потенциалов? Как она образуется?

Почему в состоянии равновесия ток через p-n-переход равен нулю?

Обязательно ли при поглощении фотона полупроводником появляются свободные носители заряда?

Какие конструкции имеют полупроводниковые магниторезистивные структуры, в которых устраняется мешающий эффект Холла?

Каким образом в полупроводниковых термоэлементах возникает термо-ЭДС?

Какие физические эффекты изменяют концентрацию и подвижность носителей заряда в сильных электрических полях?

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Основы электронной теории электропроводности. Отличительные свойства электропроводности полупроводников. Энергия активации проводимости. Равновесные и неравновесные носители заряда.
2. Дрейфовая скорость носителей заряда и ее оценка. Формула удельной электропроводности полупроводников. Подвижность носителей заряда.
3. Модельные представления об электропроводности полупроводников. Генерация. Дырка. Рекомбинация. Удельная электропроводность собственных, примесных и скомпенсированных полупроводников.
4. Основные и неосновные носители. Температурный диапазон применения полупроводниковых приборов.
5. Элементы зонной теории. Особое место валентных электронов. Противоречия классической электродинамики. Принцип запрета Паули. Образование энергетических зон.
6. Объяснение отличия проводников, полупроводников и диэлектриков на основе зонной теории. Энергетическая диаграмма полупроводника с донорной и акцепторной примесями.
7. Определение ширины запрещенной зоны и глубины залегания примесных уровней по температурной зависимости электропроводности.
8. Равновесные и неравновесные носители. Квазиуровни Ферми. Высокий и низкий уровень инжекции.
9. Оптическая биполярная генерация и линейная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда.
10. Основные виды рекомбинации: межзонная, через ловушки, рекомбинация Оже. Поверхностная рекомбинация. Центры прилипания. Демаркационные уровни.
11. Диффузионные и дрейфовые токи. Уравнение полного тока. Соотношения Эйнштейна.



12. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда при монополярной и биполярной проводимости. Длина экранирования. Максвелловское время релаксации. Диффузионная длина. Длина дрейфа.

13. Физические процессы в контакте металл-полупроводник. Зонные диаграммы металла и полупроводника до контакта и структуры после контакта в состоянии равновесия и при подаче внешнего напряжения.

14. Работа выхода, электронное сродство, контактная разность потенциалов. Распределение объемного заряда и поля. Омические контакты. ВАХ.

15. Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Классификация р-п-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей.

16. Расчет высоты потенциального барьера р-п-перехода. Ширина и барьерная емкость резкого и плавного р-п-перехода.

17. Неравновесное состояние р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Изменения высоты, ширины барьера и барьерной емкости при прямом и обратном включении.

18. Определение контактной разности потенциалов по вольт-фарадной характеристике. Диффузионная емкость. Расположение квазиуровней Ферми. ВАХ р-п-перехода.

19. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Классификация и характеристики приемников оптического излучения. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Солнечная батарея.

20. Гальваномагнитные эффекты в полупроводниках: Холла, Гаусса, магнитоконцентрационный. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы.

21. Термоэлектрические явления и эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Физическая сущность и применение в промышленности. Метод термомозда.

22. Разновидности полупроводниковых диодов: выпрямительные, импульсные, варикапы, стабилитроны, обращенные, туннельные и т.д. Особенности конструкций, параметров, характеристик и моделей. Влияние внешних условий на характеристики и параметры диодов.

23. Структура и принцип действия биполярного транзистора (БТ). Режимы работы. Схемы включения. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики БТ.

24. Малосигнальные высокочастотные линейные модели БТ. Работа БТ в ключевом режиме. Переходные процессы. Конструктивно-технологические разновидности дискретных транзисторов. Источники собственных шумов в БТ.

25. Классификация полевых транзисторов (ПТ). Устройство и принцип действия ПТ с управляющим р-п-переходом.

26. Физические параметры полевых транзисторов и их зависимости от температуры. Модели ПТ с управляющим переходом.

27. Устройство и принцип действия МДП-транзисторов. Физические процессы в МДП-структурах и физические параметры МДП-транзисторов. Модели МДП транзисторов.

28. Конструктивно-технологические разновидности ПТ. Особенности структур и параметров интегральных ПТ. Структуры на комплементарных МДП транзисторах.

29. Дискретные электронные компоненты: Пассивные электрорадиоэлементы, активные электронные элементы.

30. Дискретные электронные компоненты: Интегральные микросхемы.

31. Дискретные электронные компоненты: Резисторы. Конденсаторы. Катушки индуктивности. Трансформаторы. Диоды. Транзисторы. Транзисторы из полимерных материалов.

32. Классификация и назначение интегральных микросхем. Назначение интегральных микросхем.



33. Материалы для изготовления тонкопленочных и толстопленочных интегральных схем.

34. Фотолитография. Подготовка поверхности. Нанесение фотослоя. Совмещение и экспонирование. Проявление. Травление.

35. Электрический монтаж кристаллов интегральных микросхем на коммутационных платах. Проволочный монтаж. Ленточный монтаж. Монтаж с помощью жестких объемных выводов. Микросварка. Изготовление системы объемных выводов.

36. Основные характеристики печатных плат. Материалы, используемые для изготовления печатных плат.

37. Типы печатных плат. Односторонние печатные платы. Двухсторонние печатные платы. Многослойные печатные платы. Гибкие печатные платы. Рельефные печатные платы.

38. Основные методы изготовления печатных плат. Аддитивная технология. Комбинированный позитивный метод. Тентинг-метод. Струйная печать как способ изготовления электронных плат.

39. Подготовительные монтажные операции. Фиксация ИЭТ. Групповая обрезка выводов. Нанесение припоя. Вклейка ЭРЭ в ленту. Сборочные автоматы.

40. Система контроля качества печатных плат Aplite 3. Электрический контроль печатных плат. Сетчатые тестеры. Подвижные зонды.

41. Пакет программ схемотехнического анализа MicroCAP. Библиотеки аналоговых и цифровых компонентов. Общие сведения о моделях компонентов.

42. Система моделирования и анализа электрических схем NI Multisim. Интерфейс программы. Аналоговые и цифровые компоненты. Аналоговые контрольно-измерительные приборы. Цифровые контрольно-измерительные приборы.

43. Система моделирования и анализа электрических схем NI Multisim. Создание схемы. Моделирование электронных схем.

44. Системный подход к проектированию печатных плат. Особенности процесса проектирования печатных плат. Стадии разработки печатных плат. Организация процесса проектирования печатных плат.

Экзамен по дисциплине «Физика полупроводников» проводится в письменной форме по билетам, утвержденным в установленном порядке.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- незнание основных законов, формул, понятий и терминов учебной дисциплины;
- поверхностное знание теоретического материала.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объеме, необходимом для продолжения учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на экзаменационные вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса, приводят без математических выводов необходимые физические формулы;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;
- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«хорошо»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твердое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;
- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;



- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- не полностью приводят математические выводы для физических формул в письменных ответах;

- в устных ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «отлично» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);

- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;

- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;

- владеют научным стилем речи;

- делают математические выводы физических формул;

- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,

- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник / К.В. Шалимова. – Изд. 4-е, стер. – СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 392 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Наумкина, Л.Г. Электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2007. — 331 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3504>. — Загл. с экрана.



3. Сигов, А.С. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Ионно-плазменные технологии [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. С. Сигов , В. И. Иванов , П. А. Лучников , А. П. Суржиков ; под ред. А. С. Сигова. - М. : Издательство Юрайт, 2018. - 270 с. - <https://biblionline.ru/book/82A99727-612E-4C43-A9E7-5013DA6B8925>.

4. Музылева, Инна Васильевна. Элементная база для построения цифровых систем управления [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / И. Музылева. - М. : Техносфера, 2006. - 137 с. : ил. - (Мир электроники). - Библиогр. : с. 112. - ISBN 5948360997

5. Головицына, М. В. Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов [Электронный ресурс] : курс / Головицына М. В. - 2-е изд., исправ. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 250 с. - [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=429255](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=429255).

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### 5.2 Дополнительная литература:

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебник для академического бакалавриата / В.И. Старосельский; Нац. исслед. ун-т. – М.: Юрайт, 2016.

2. Бурбаева Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – Электрон. дан. – М.: Физматлит, 2012. – 312 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5261>.

3. Смирнов Ю.А. Физические основы электроники: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – СПб. [и др.]: Лань, 2013.

4. Жужа М.А. Физика полупроводников: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. – 35 с.

5. Руководство пользователя системы NI Multisim.

6. Руководство пользователя системы Micro-CAP.

### 5.3 Периодические издания:

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

В мире науки.

Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.

Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.

Известия ВУЗов. Серия: Физика.

Инженерная физика.

Микроэлектроника.

Радиотехника и электроника.

Радиотехника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Сенсор.

Физика и техника полупроводников.

Электроника.

Электроника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Электроника: наука, технология, бизнес.



## 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru/>.
2. Федеральный образовательный портал – URL: [http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm).
3. Каталог научных ресурсов – URL: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>.
4. Большая научная библиотека – URL: <http://www.sci-lib.com/>.
5. Раздел «Физика» Естественно-научного образовательного портала – URL: <http://www.en.edu.ru/catalogue/304>.
6. Раздел «Полупроводники» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/books\\_tehnika.html](http://www.ph4s.ru/books_tehnika.html).
7. Раздел «Технические науки (Радиофизика. Радиоэлектроника. Полупроводниковая электроника и др.)» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/book\\_ph\\_poluprovodnik.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html).
8. Информационные ресурсы Научной библиотеки КубГУ – URL: <http://www.kubsu.ru/ru/university/library/resources>.

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

Для успешного освоения дисциплины «Физика полупроводников» при самостоятельной работе студент должен иметь:

- 1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;
- 2) учебник (учебное пособие) в соответствии со списком литературы;
- 3) тетрадь для лабораторных работ.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к экзамену по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии).

Приступая к изучению «Физики полупроводников» студенты должны хорошо владеть необходимым математическим аппаратом: интегрированием и дифференцированием, а также решать дифференциальные уравнения.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к экзамену) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами. Методические рекомендации по запоминанию можно найти в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге –



сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам устных опросов, внутрисеместровой аттестации и защит лабораторных работ.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

1. Консультирование посредством электронной почты.

### **8.2 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (<http://212.192.134.46/MegaPro/Web>).
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» ([http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)).
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<https://www.biblio-online.ru/>).

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 227С, оснащенная интерактивной доской.
2.	Семинарские занятия	- (Учебным планом семинарские занятия не предусмотрены.)
3.	Лабораторные занятия	Аудитория 311с, оснащенная оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ.
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и меловой доской.
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и меловой доской.
6.	Самостоятельная работа	Аудитория 311с, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет.