

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Полупроводниковая электроника и устройства

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Масленникова Ю.С. (Кафедра радиофизики, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), yuliams1@gmail.com

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;
ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- принцип действия важнейших полупроводниковых приборов (прежде всего диодов, биполярных и полевых транзисторов, интегральных структур);
- математические модели полупроводниковых приборов с целью определения их характеристик и основных параметров, а также построение эквивалентных схем для различных режимов работы;
- элементы интегральных схем на биполярных и полевых транзисторах.

Должен уметь:

- математически описывать физические процессы, происходящие в электрических переходах;
- строить математические модели полупроводниковых приборов различного назначения, на основе которых рассчитывать их параметры и строить эквивалентные схемы для различных режимов и частотных диапазонов их работы;
- на основе анализа особенностей полупроводниковых приборов правильно выбирать элементную базу для построения радиотехнических устройств.

Должен владеть:

- математическим аппаратом для самостоятельной разработки новых моделей при радиофизических исследованиях;
- методами радиофизических измерений;
- статистическими методами приема, обработки и передачи информационных сигналов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач анализа и синтеза радиоэлектронных устройств на современной элементной базе
- эксплуатировать современную радиоэлектронную аппаратуру и оборудование
- работать с современными образовательными и информационными технологиями.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.33 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Информационные процессы и киберфизические системы)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 64 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Введение в физику полупроводников	5	2	0	2	0	0	0	3
2.	Тема 2. Тема 2. Рекомбинация носителей.	5	2	0	2	0	0	0	3
3.	Тема 3. Тема 3. Законы движения носителей в полупроводниках.	5	2	0	2	0	0	0	3
4.	Тема 4. Тема 4. Электрические переходы.	5	2	0	2	0	0	0	3
5.	Тема 5. Тема 5. Анализ р-п перехода в неравновесном состоянии.	5	2	0	2	0	0	0	3
6.	Тема 6. Тема 6. Полупроводниковые диоды.	5	2	0	2	0	0	0	3
7.	Тема 7. Тема 7. Обратная характеристика реального диода.	5	2	0	2	0	0	0	3
8.	Тема 8. Тема 8. Барьерная и диффузионная емкости диода.	5	3	0	2	0	0	0	3
9.	Тема 9. Тема 9. Биполярный транзистор.	5	3	0	2	0	0	0	3
10.	Тема 10. Тема 10. Малосигнальная эквивалентная схема и статические параметры транзистора ОБ.	5	3	0	2	0	0	0	3
11.	Тема 11. Тема 11. Динамические параметры транзистора ОБ.	5	2	0	2	0	0	0	3
12.	Тема 12. Тема 12. Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером.	5	2	0	0	0	0	0	3
13.	Тема 13. Тема 13. Составные транзисторы. Разновидности дискретных транзисторов.	5	2	0	2	0	0	0	3
14.	Тема 14. Тема 14. Полевые транзисторы.	5	3	0	2	0	0	0	3
15.	Тема 15. Тема 15. МДП-транзисторы.	5	2	0	2	0	0	0	2
16.	Тема 16. Тема 16. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем.	5	2	0	0	0	0	0	
	Итого		36	0	28	0	0	0	44

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Тема 1. Введение в физику полупроводников**

Энергетические уровни твердого тела. Зонная структура полупроводников и типы проводимости p-типа и r- типа проводимости. Законы распределения носителей в зонах полупроводника Ферми-Дирака и

Максвелла-Больцмана. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация носителей в собственном и примесном полупроводниках.

**Тема 2. Тема 2. Рекомбинация носителей.**

Механизм рекомбинации. Непосредственная рекомбинация. Равновесное и неравновесное состояние. Время жизни. Рекомбинация на примесных центрах. Поверхностная рекомбинация. Подвижность носителей. Зависимость подвижности от температуры, от концентрации примеси и напряженности электрического поля. Электропроводность.

**Тема 3. Тема 3. Законы движения носителей в полупроводниках.**

Основные механизмы движения: диффузия и дрейф. Общие уравнения непрерывности. Частные случаи. Кинетика носителей заряда. Биполярная диффузия. Монополярная диффузия. Уровень инжекции. Общее выражение уравнения диффузии. Частные случаи (стационарный и нестационарный варианты). Комбинированное движение. Эффект поля.

**Тема 4. Тема 4. Электрические переходы.**

Основные определения. Разновидности электрических переходов (р-п переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереходы). Классификация р-п переходов ступенчатые и плавные переходы, симметрические, несимметричные, односторонние переходы). Структура р-п перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии.

**Тема 5. Тема 5. Анализ р-п перехода в неравновесном состоянии.**

Неравновесное состояние р-п перехода. Прямое и обратное включение р-п перехода. Инжекция и экстракция носителей заряда Контакт металл-полупроводник. Типы контактов металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник. Гетеропереходы. Определение гетероперехода. Энергетическая диаграмма гетероперехода.

**Тема 6. Тема 6. Полупроводниковые диоды.**

Условия, при которых диод считается идеализированным. Анализ идеализированного диода. Аналитическое выражение идеализированной вольтамперной характеристики диода. Решение диффузионного уравнения. Графическое представление вольтамперной характеристики идеализированного диода. Характеристические сопротивления.

**Тема 7. Тема 7. Обратная характеристика реального диода.**

Основные причины, по которым реальные прямые и обратные характеристики диода отличаются от идеализированных. Обратная характеристика реального диода (тепловой ток, ток термогенерации, ток утечки). Пробой р-п перехода. Реальная характеристика диода при прямом включении Эквивалентные схемы диода при обратном и прямом включениях по постоянному току.

**Тема 8. Тема 8. Барьерная и диффузионная емкости диода.**

Эквивалентные схемы диода по переменному току. Барьерная и диффузионная емкости полупроводникового диода. Полная и упрощенные схемы полупроводникового диода по переменному току Типы диодов: точечные и плоскостные диоды, силовые диоды, импульсные диоды, стабилитроны, импульсные диоды, диоды Шоттки, варикапы.

**Тема 9. Тема 9. Биполярный транзистор.**

Определение биполярного транзистора. Типы транзисторов: п-р-п и р-п-р транзисторы. Дрейфовые и бездрейфовые транзисторы. Принцип работы. Режимы работы транзистора ( активный режим, режим отсечки и насыщения, инверсный режим). Способы включения транзистора. Распределение носителей в базе. Эффект модуляции толщины базы и его следствия.

**Тема 10. Тема 10. Малосигнальная эквивалентная схема и статические параметры транзистора ОБ.**

Статические параметры транзистора, включенного по схеме с ОБ. Эквивалентная схема для переменных составляющих. Коэффициент передачи эмиттерного тока. Дифференциальные сопротивления эмиттерного и коллекторного переходов. Коэффициент обратной связи по напряжению. Объемное сопротивление базы. Влияние температуры и разброса параметров на параметры транзистора.

**Тема 11. Тема 11. Динамические параметры транзистора ОБ.**

Причины возникновения барьерной и диффузионной емкости в биполярном транзисторе. Аналитические выражения для определения этих емкостей. Частотная зависимость коэффициента передачи тока эмиттера в цепь коллектора. Коэффициенты инжекции и переноса. Коэффициент передачи тока. Предельная и граничная частота. Максимальная частота генерации.

**Тема 12. Тема 12. Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером.**

Электрическая схема включение транзистора с общим эмиттером. Эквивалентная схема транзистора, включенного по схеме с ОЭ для постоянных составляющих. Статические и динамические параметры транзистора. Определение граничной частоты и аналитическое выражение для определения граничной частоты.

Эквивалентная схема для переменных составляющих.

**Тема 13. Тема 13. Составные транзисторы. Разновидности дискретных транзисторов.**

Определение составного транзистора. Электрическая схема составного транзистора и эквивалентная схема по переменному току по переменному току. Определение основных параметров составного транзистора по переменному току: входного сопротивления и коэффициента передачи тока базы в цепь коллектора. Основные достоинства и недостатки составного транзистора.

#### **Тема 14. Полевые транзисторы.**

Классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Принцип действия. Статические характеристики и параметры. Эквивалентная схема с общим истоком по переменному току. МДП-транзисторы с изолированным затвором. Статические характеристики и параметры. Эквивалентная схема по переменному току.

#### **Тема 15. МДП-транзисторы.**

Основные особенности интегральных схем. Интегральные p-p-n транзисторы: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы; супербета транзисторы: транзисторы с барьером Шоттки. Особенности цифровых ИС на биполярных транзисторах: транзисторно-транзисторная логика и интегрально-инжекционная логика. Схемная реализация.

#### **Тема 16. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем.**

Основные особенности интегральных схем. Интегральные p-p-n транзисторы: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы; супербета транзисторы: транзисторы с барьером Шоттки. Особенности цифровых ИС на биполярных транзисторах: транзисторно-транзисторная логика и интегрально-инжекционная логика. Схемная реализация.

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

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Бурбаева, Н. В. Основы полупроводниковой электроники: учебное пособие - <https://e.lanbook.com/book/5261>

Игумнов Д.В., Основы полупроводниковой электроники - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785991201803.html>

Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов - <https://e.lanbook.com/book/2244>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.
практические занятия	Посещение и работа студента на практическом занятии позволяет в процессе решения практических задач и коллективного обсуждения результатов их решения глубже усвоить теоретические положения, сформировать отдельные практические умения и навыки, научиться правильно обосновывать методику выполнения расчетов, четко и последовательно проводить расчеты, формулировать выводы и предложения. Работа на практическом занятии дает возможность студенту всесторонне изучить дисциплину и подготовиться для самостоятельной работы. В процессе выполнения аудиторных практических работ студент подтверждает полученные знания, умения и навыки, которые формируют соответствующие компетенции.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Следует отметить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.</p> <p>Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.</p> <p>В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.</p> <p>При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.</p> <p>Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Важно развивать у студентов умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.</p>
экзамен	<p>Подготовка студентов к экзамену включает три стадии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) самостоятельная работа в течение учебного семестра;</li> <li>2) непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену;</li> <li>3) подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билете.</li> </ol> <p>Подготовку к экзамену целесообразно начать с планирования и подбора источников литературы. Прежде всего, следует внимательно перечитать учебную программу и программные вопросы для подготовки к экзамену, чтобы выделить из них наименее знакомые. Далее должен следовать этап повторения всего программного материала. На эту работу целесообразно отвести большую часть времени. Следующим этапом является самоконтроль знания изученного материала, который заключается в устных ответах на программные вопросы, выносимые на экзамен, тестовые попытки самостоятельного доказательства теорем и утверждений, вывода формул и основных математических положений из курса дисциплины. Тезисы ответов на наиболее сложные вопросы желательно записать, так как в процессе записи включаются дополнительные ресурсы памяти.</p> <p>Предложенная методика непосредственной подготовки к экзамену может быть и изменена. Так, для студентов, которые считают, что они усвоили программный материал в полном объеме и уверены в прочности своих знаний, достаточно быстрого повторения учебного материала. Основное время они могут уделить углубленному изучению отдельных, наиболее сложных, дискуссионных проблем.</p> <p>Литература для подготовки к экзамену обычно рекомендуется преподавателем. Она также может быть указана в программе курса и учебно-методических пособиях.</p> <p>Однозначно сказать, каким именно учебником следует пользоваться для подготовки к экзамену, невозможно. Поэтому для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее трех учебников (учебных пособий). Студент сам вправе при-держиваться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе, отличной от позиции преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.</p> <p>Тем не менее, основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Учебный материал в лекции дается в систематизированном виде, основные его положения детализируются, подкрепляются современными фактами. Правильно составленный конспект лекций содержит тот оптимальный объем информации, на основе которого студент сможет представить себе весь учебный материал.</p> <p>Следует точно запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущ-ность и отличить эти понятия от других.</p> <p>Полезным подспорьем для подготовки к экзамену является общение с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.</p>

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**



Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Информационные процессы и киберфизические системы".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.33 Полупроводниковая электроника и устройства

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

**Основная литература:**

1. Игумнов Д.В., Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. - 2-изд., дополн. - М.: Горячая линия-Телеком, 2011. - 394 с. - Текст: электронный. - URL: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785991201803.html> (дата обращения: 2.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов / А. И. Лебедев. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2244> (дата обращения: 2.11.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бурбаева, Н. В. Основы полупроводниковой электроники: учебное пособие / Н. В. Бурбаева. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 312 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5261> (дата обращения: 2.11.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Таюрская Г.В., Масленникова Ю.С. Полупроводниковая электроника. Конспект лекций / Г.В. Таюрская, Ю.С. Масленникова - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 267 с. - Текст: электронный. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/108479/06\\_42\\_A5-000999.pdf;jsessionid=1DCA992A27FBE088BEC9A200481932B5?](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/108479/06_42_A5-000999.pdf;jsessionid=1DCA992A27FBE088BEC9A200481932B5?) (дата обращения: 2.11.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

- Кольцов, Г. И. Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов. Сборник задач: учебное пособие / Г. И. Кольцов, С. И. Диденко, М. Н. Орлова. - Москва: МИСИС, 2012. - 78 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/47460> (дата обращения: 14.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Мовчан Д.А., Полупроводниковая электроника [Электронный ресурс] / Коллектив авторов; глав. ред. Мовчан Д.А. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 592 с. - Текст: электронный. - URL: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970603123.html> (дата обращения: 14.04.2020). - Режим доступа: по подписке.
- Сидоренко, Е. Н. Полупроводниковая электроника : учебное пособие по специальному лабораторному практикуму "Электроника" (специальность 11.03.02 'Инфокоммуникационные технологии и системы связи') / Е. Н. Сидоренко, А. С. Махно, А. В. Шлома ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. - 112 с. - ISBN 978-5-9275-32-05-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088153> (дата обращения: 04.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.33 Полупроводниковая электроника и устройства

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.