



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
Твердотельная электроника**

Читающее подразделение	<b>базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники</b>
Направление	<b>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</b>
Направленность	<b>Проектирование и технология электронных приборов и устройств</b>
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>5 з.е.</b>

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
6	5	180	32	16	32	82	0,25	17,75	Зачет

Программу составил(и):

*д-р физ.-мат. наук, профессор, Обухов Илья Андреевич* \_\_\_\_\_

*старший преподаватель, Смирнова Александра Константиновна* \_\_\_\_\_

*ассистент, Рогачёв Илья Александрович* \_\_\_\_\_

*старший преподаватель, Богомолова Евгения Александровна* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины  
**Твердотельная электроника**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Борисов Александр Анатольевич \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2023 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Твердотельная электроника» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность:	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Обязательная часть
Общая трудоемкость:	5 з.е. (180 акад. час.).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**УК-1** - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

**ОПК-1** - Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

**ОПК-2** - Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

**ОПК-3** - Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ОПК-3** : Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности

**ОПК-3.3** : Решает задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации

#### **Знать:**

- методы сбора и обработки и хранения информации, стандарты оформления программной документации и причины нарушения компьютерной безопасности

#### **Уметь:**

- составлять обзоры, рефераты и библиографии по тематике научных исследований

#### **Владеть:**

- навыком применения базовых знаний по защите информации на рабочем месте, в корпоративных сетях при входе в глобальные сети

**ОПК-2** : Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

**ОПК-2.1 : Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи****Знать:**

- современные образовательные, информационные технологии и информационные системы в области твердотельной электроники

**Уметь:**

- находить, классифицировать и использовать информационные технологии для решения задач по твердотельной электронике

**Владеть:**

- навыками поиска информации по твердотельной электронике в информационных современных системах

**ОПК-2.2 : Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки****Знать:**

- методы выбора типов полупроводниковых приборов

**Уметь:**

- анализировать условия работы полупроводниковых приборов и принимать решение о возможности их использования

**Владеть:**

- навыком применения базовых принципов рационального выбора типов полупроводниковых приборов в реальных условиях их работы

**ОПК-2.3 : Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение****Знать:**

- методы расчета электрических режимов работы полупроводниковых приборов

**Уметь:**

- определять статические вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов

**Владеть:**

- методами проведения физического эксперимента и обработки полученных результатов

**ОПК-2.4 : Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач****Знать:**

- конструктивное исполнение, параметры и режимы работы полупроводниковых приборов

**Уметь:**

- собирать и настраивать простейшие электрические схемы и рассчитывать их параметры

**Владеть:**

- принципами и способами обеспечения безопасной эксплуатации полупроводниковых приборов

**ОПК-2.6 : Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования****Знать:**

- средства контроля и измерения характеристик полупроводниковых приборов и элементов

**Уметь:**

- использовать основные способы и средства измерений параметров полупроводниковых приборов

**Владеть:**

- методами расчёта параметров полупроводниковых приборов

**ОПК-2.7 : Использует способы обработки и представления полученных данных и способы оценки погрешности результатов измерений**

**Знать:**

- методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации по твердотельной электронике

**Уметь:**

- представлять графические и текстовые документы в соответствии с требованиями стандартов

**Владеть:**

- навыками проведения наблюдений и измерений, составлением их описаний и формулировкой выводов

**ОПК-1 : Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности****ОПК-1.1 : Осваивает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы****Знать:**

- способы решения типовых задач по твердотельной электронике

**Уметь:**

- решать типовые задачи с учётом основных понятий и общих закономерностей по твердотельной электронике

**Владеть:**

- навыками работы с учебной литературой по основным дисциплинам по твердотельной электронике

**ОПК-1.2 : Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера****Знать:**

- устройство, физические принципы действия и электрические параметры полупроводниковых приборов

**Уметь:**

- рассчитывать электрические и тепловые параметры полупроводниковых приборов в заданных условиях

**Владеть:**

- методами расчёта электрических и тепловых режимов работы полупроводниковых приборов

**ОПК-1.3 : Использует навыки применения знаний физики и математики при решении практических задач****Знать:**

- физические основы полупроводниковой микроэлектроники

**Уметь:**

- использовать полученные знания при решении практических задач по твердотельной электронике

**Владеть:**

- навыками решения практических задач по твердотельной электронике

**УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач****УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.****Знать:**

- методики поиска, сбора и обработки информации по твердотельной электронике

**Уметь:**

- применять методики поиска, сбора, обработки информации, системный подход для решения исследовательских и практических задач по твердотельной электронике

**Владеть:**

- методами поиска, сбора и обработки информации для решения практических задач по твердотельной электронике

**УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применяет системный подход для решения поставленных задач****Знать:**

- методы критического анализа и оценки современных научных достижений по твердотельной электронике

**Уметь:**

- осуществлять критический анализ и синтез информации по твердотельной электронике

**Владеть:**

- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений для решения исследовательских задач по твердотельной электронике

**УК-1.3 : Использует методики поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методику системного подхода для решения поставленных задач****Знать:**

- способы поиска, сбора и обработки информации из различных источников и баз данных по твердотельной электронике

**Уметь:**

- представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий по твердотельной электронике

**Владеть:**

- компьютерными и сетевыми технологиями в объеме, необходимом для поиска, хранения, обработки и анализа информации по твердотельной электронике

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН****Знать:**

- конструктивное исполнение, параметры и режимы работы полупроводниковых приборов
- устройство, физические принципы действия и электрические параметры полупроводниковых приборов
- средства контроля и измерения характеристик полупроводниковых приборов и элементов
- способы решения типовых задач по твердотельной электронике
- методы выбора типов полупроводниковых приборов
- современные образовательные, информационные технологии и информационные системы в области твердотельной электроники
- методы расчета электрических режимов работы полупроводниковых приборов
- физические основы полупроводниковой микроэлектроники
- методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации по твердотельной электронике
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений по твердотельной электронике
- методы сбора и обработки и хранения информации, стандарты оформления программной документации и причины нарушения компьютерной безопасности
- способы поиска, сбора и обработки информации из различных источников и баз данных по твердотельной электронике
- методики поиска, сбора и обработки информации по твердотельной электронике

**Уметь:**

- использовать основные способы и средства измерений параметров полупроводниковых приборов
- составлять обзоры, рефераты и библиографии по тематике научных исследований
- анализировать условия работы полупроводниковых приборов и принимать решение о возможности их использования
- собирать и настраивать простейшие электрические схемы и рассчитывать их параметры
- представлять графические и текстовые документы в соответствии с требованиями стандартов
- определять статические вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов
- находить, классифицировать и использовать информационные технологии для решения задач по твердотельной электронике
- представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий по твердотельной электронике
- осуществлять критический анализ и синтез информации по твердотельной электронике
- решать типовые задачи с учётом основных понятий и общих закономерностей по твердотельной электронике
- использовать полученные знания при решении практических задач по твердотельной электронике
- рассчитывать электрические и тепловые параметры полупроводниковых приборов в заданных условиях
- применять методики поиска, сбора, обработки информации, системный подход для решения исследовательских и практических задач по твердотельной электронике

#### **Владеть:**

- навыком применения базовых знаний по защите информации на рабочем месте, в корпоративных сетях при входе в глобальные сети
- методами расчёта параметров полупроводниковых приборов
- навыками проведения наблюдений и измерений, составлением их описаний и формулировкой выводов
- методами поиска, сбора и обработки информации для решения практических задач по твердотельной электронике
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений для решения исследовательских задач по твердотельной электронике
- навыком применения базовых принципов рационального выбора типов полупроводниковых приборов в реальных условиях их работы
- методами расчёта электрических и тепловых режимов работы полупроводниковых приборов
- навыками поиска информации по твердотельной электронике в информационных современных системах
- навыками решения практических задач по твердотельной электронике
- принципами и способами обеспечения безопасной эксплуатации полупроводниковых приборов
- компьютерными и сетевыми технологиями в объеме, необходимом для поиска, хранения, обработки и анализа информации по твердотельной электронике
- методами проведения физического эксперимента и обработки полученных результатов
- навыками работы с учебной литературой по основным дисциплинам по твердотельной электронике

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Сем.</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>
--------------------	--	-------------	--------------	--------------------



<b>1. Интегральные схемы</b>				
<b>1.1</b>	<b>Определение и классификация твердотельных приборов. История развития твердотельной электроники.</b> (Лек). Предмет и содержание дисциплины. Классификация и маркировка ИС, базовые технологические операции их производства, надёжность и защита твердотельных приборов. Достоинства и недостатки полупроводниковых приборов.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>1.2</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>2. Основы зонной теории твердых тел</b>				
<b>2.1</b>	<b>Элементы зонной теории полупроводников.</b> (Лек). Классификация твердых тел по электрофизическим свойствам. Энергетические уровни и зоны. Проводники, полупроводники и диэлектрики.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>2.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение положения уровня Ферми и расчёт удельного сопротивления.	6	2	ОПК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.3
<b>2.3</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение положения уровня Ферми и расчёт удельного сопротивления.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>2.4</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	4	ОПК-3.3
<b>2.5</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	ОПК-3.3
<b>3. Полупроводники с собственной, электронной и дырочной электропроводностью</b>				
<b>3.1</b>	<b>Собственные полупроводники. Полупроводники с электронной и дырочной электропроводностью.</b> (Лек). Собственная электропроводность полупроводников. Распределение электронов по энергетическим уровням. Донорные и акцепторные примеси. Процессы переноса зарядов в полупроводниках: дрейф и диффузия носителей заряда.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>3.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение концентрации основных и неосновных носителей заряда	6	2	ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.1
<b>3.3</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>3.4</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3

<b>4. Полупроводниковый диод</b>				
<b>4.1</b>	<b>Типы электронно-дырочного перехода. Физическая модель р-п перехода. (Лек).</b> Виды электрических переходов. Электронно-дырочный переход и его свойства. Вывод и анализ вольт-амперной характеристики идеализированного р-п-перехода.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>4.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на нахождение контактной разности потенциалов п/п, определение ёмкости и величины тока диодов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>4.3</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>4.4</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
<b>4.5</b>	<b>Понятие полупроводникового диода и технологии его изготовления. (Лек).</b> Вентильное свойство р-п-перехода. Виды пробоев р-п-перехода. Ёмкость р-п-перехода. Контакт «металл-полупроводник». Гетеропереходы.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>4.6</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на нахождение контактной разности потенциалов п/п, определение ёмкости и величины тока диодов.	6	2	ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.1
<b>4.7</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>4.8</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
<b>4.9</b>	<b>Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные, импульсные и высокочастотные диоды, их параметры и характеристики. Варикапы. (Лек).</b> Общие сведения о диодах. Назначение, устройство, принцип действия, ВАХ и параметры выпрямительных, импульсных, высокочастотных диодов и варикапов.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>4.10</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение сопротивлений и барьерной ёмкости диода.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>4.11</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>4.12</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3

4.13	<b>Определение характеристик выпрямительного диода и диода Шоттки и сравнение их ВАХ. (Лаб).</b> Ознакомиться с основными характеристиками, собрать схемы для исследований, снять ВАХ и параметры выпрямительного диода и диода Шоттки.	6	4	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.6, ОПК-2.7
4.14	<b>Назначение, устройство, принцип работы, ВАХ и параметры туннельных и обращённых диодов. (Лек).</b> Назначение, устройство, принцип действия, ВАХ и параметры туннельных и обращённых диодов. Схемы выпрямления.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
4.15	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение концентрации носителей заряда, подвижности, коэффициента диффузии п/п материала.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.16	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчёта, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	4	ОПК-3.3
4.17	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	ОПК-3.3
<b>5. Стабилитроны</b>				
5.1	<b>Назначение, устройство и принцип действия стабилитрона, основные параметры и способы включения. (Лек).</b> Назначение, устройство и принцип действия стабилитрона и стабилитора. Их основные параметры и способы включения.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
5.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров и ВАХ стабилитрона.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.3	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчёта, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	4	ОПК-3.3
5.4	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	ОПК-3.3
5.5	<b>Определение статических характеристик биполярного транзистора. (Лаб).</b> Ознакомиться с лабораторным модулем для исследования транзисторов и снять статические характеристики, характеристику прямой передачи по току, определить максимальный ток.	6	4	ОПК-2.7, ОПК-2.6, ОПК-2.4, ОПК-2.3, ОПК-2.2, ОПК-2.1
<b>6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы</b>				
6.1	<b>Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта (Лек).</b> Назначение, устройство и принцип действия фотоэлементов и их основные параметры.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
6.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров фотодиодов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

6.3	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
6.4	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
6.5	<b>Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта. Оптоэлектронные устройства. (Лек).</b> Назначение, устройство и принцип действия фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов, светодиодов, оптронов и их основные параметры.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
6.6	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров фотодиодов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
6.7	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	4	ОПК-3.3
6.8	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	ОПК-3.3
<b>7. Биполярные транзисторы</b>				
7.1	<b>Классификация транзисторов. Назначение, устройство, принцип работы и виды БТ. (Лек).</b> Структура и основные режимы работы БТ. Физические процессы и основные параметры и характеристики БТ.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
7.2	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров БТ.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
7.3	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
7.4	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
7.5	<b>Принцип работы БТ. (Лек).</b> Включение транзисторов по схеме с ОЭ, ОБ и ОК. Предельные параметры. Методы улучшения динамических и частотных свойств БТ.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
7.6	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров БТ.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
7.7	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
7.8	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
7.9	<b>Определение характеристик полевого транзистора (Лаб).</b> Ознакомиться с лабораторным модулем для исследования транзисторов и снять сток-затворные и стоковые характеристики.	6	4	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.6, ОПК-2.7

<b>8. Полевые транзисторы</b>				
<b>8.1</b>	<b>Назначение, устройство, семейства ВАХ полевого транзистора с управляющим р-п переходом.</b> (Лек). Назначение, устройство, принцип действия, основные параметры и статические характеристики полевого транзистора с управляющим р-п-переходом.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>8.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров п/п материалов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>8.3</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>8.4</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
<b>8.5</b>	<b>Определение характеристик стабилитрона (Лаб).</b> Собрать схему для исследования стабилитрона на постоянном токе, определить напряжение стабилизации и величину дифференциального сопротивления по полученной ВАХ.	6	4	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.6, ОПК-2.7
<b>8.6</b>	<b>Полевые транзисторы с изолированным затвором. IGBT-транзисторы. (Лек).</b> Назначение, устройство, принцип действия и основные параметры полевого транзистора с изолированным затвором.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>8.7</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров п/п материалов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>8.8</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>8.9</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3
<b>8.10</b>	<b>Полевые транзисторы с изолированным затвором. IGBT-транзисторы. (Лек).</b> Конструкция и характеристики IGBT-транзисторов.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>8.11</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров п/п материалов.	6	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<b>8.12</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>8.13</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	2	ОПК-3.3

<b>9. Тиристоры</b>				
<b>9.1</b>	<b>Структура и классификация тиристоров. Динистор и тринистор. Статические параметры тиристоров. Включение и выключение тиристоров. (Лек).</b> Структура и классификация тиристоров. Динистор и тринистор. Основные параметры и применение тиристоров.	6	2	УК-1.1, УК-1.3, УК-1.2
<b>9.2</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на определение параметров диодов и транзисторов.	6	2	ОПК-1.3, ОПК-1.2, ОПК-1.1
<b>9.3</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	6	2	ОПК-3.3
<b>9.4</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Изучение и повторение изученного материала	6	4	ОПК-3.3
<b>10. Промежуточная аттестация (зачёт)</b>				
<b>10.1</b>	<b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Зачёт).</b>	6	17,75	ОПК-3.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3
<b>10.2</b>	<b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>	6	0,25	УК-1.3, ОПК-1.3, УК-1.1, УК-1.2, ОПК-3.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-1.1, ОПК-1.2

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **5.1. Перечень компетенций**

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Твердотельная электроника», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### **5.2. Типовые контрольные вопросы и задания**

Текущий контроль:

к практическим занятиям:

1. Отличия полупроводников от диэлектриков и проводников. ОПК-1.3
2. Явления генерации и рекомбинации носителей заряда в примесных полупроводниках. ОПК-1.3
3. Статистика Ферми-Дирака в собственных и примесных полупроводниках. ОПК-1.3
4. Влияние температуры на состояние полупроводников. ОПК-1.3
5. Электронно-дырочный переход, его виды. ОПК-1.3

К лабораторным работам:

1. Вольт-амперная характеристика электронно-дырочного перехода, ее зависимость от изменения температуры, материала исходного полупроводника и площади перехода.

**ОПК-2.6**

2. Семейства ВАХ биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером и особенности схемы с ОЭ. ОПК-2.4

3. Какие параметры диодов относятся к эксплуатационным, а какие к предельным? ОПК-1.3

4. Что представляют собой входные и выходные характеристики транзистора. ОПК-1.3

5. Какой участок вольт-амперной характеристики обращенного диода, является рабочим? ОПК-1.3

Промежуточная аттестация:

1. Явления в системе металл-диэлектрик-полупроводник.

2. Импульсные диоды. Работа диодного ключа.

3. Рассчитать дрейфовую скорость электронов проводимости в серебре, если его удельное сопротивление  $\rho = 1,54 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а концентрация электронов проводимости  $n = 5,8 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ , напряженность электрического поля  $\epsilon$  принять равной  $100 \text{ В/м}$ . ОПК-1.1

### 5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
Учебная лаборатория электроники и электротехники	Функциональный генератор, измеритель фазы, мультиметры, пассивные элементы из блока модуль реактивных элементов и модуля резисторов, измерительный модуль, модуль питания, измерительный модуль постоянного тока, модуль резисторов, модуль "логические элементы и триггеры", модуль "операционный усилитель", осциллограф, модуль "тиристоры", модуль "миллиампертры", однофазный выпрямитель, модуль "транзисторы"

### 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### 6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.3.1. Основная литература

1. Сорокин В. С., Антипов Б. Л., Лазарева Н. П. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168852>
2. Скорняков В. А., Фролов В. Я. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс]:учебник для впо. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 176 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/142339>

3. Александров Ю. А. Электроника и оптические устройства [Электронный ресурс]:метод. указания по выполнению лаб. работ. - М.: РТУ МИРЭА, 2019. - – Режим доступа: <http://library.mirea.ru/secret/28082019/2159.iso>
4. Андрюхин А. Г., Дронов Ю. В. Электроника и оптические устройства [Электронный ресурс]:метод. указания по выполнению лаб. работ. - М.: РТУ МИРЭА, 2019. - – Режим доступа: <http://library.mirea.ru/secret/05062019/2036.iso>
5. Андрюхин А. Г., Дронов Ю. В. Интегральные устройства электроники [Электронный ресурс]:метод. указания по выполнению лаб. работ. - М.: РТУ МИРЭА, 2018. - – Режим доступа: <http://library.mirea.ru/secret/04122018/1905.iso>
6. Щука А. А. Нанoeлектроника:учебное пособие для вузов. - М.: Лаборатория знаний, 2019. - 342 с.
7. Лозовский В. Н., Лозовский С. В. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность [Электронный ресурс]:учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 332 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113943>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. База данных Web of Science  
<http://www.webofknowledge.com>
2. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями  
<https://www.researchgate.net>
3. Электроника НТБ - научно-технический журнал  
  
<http://www.electronics.ru>
4. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»  
  
<https://www.scholar.google.ru>
5. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;



до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;  
в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;  
в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;  
на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);

- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

