

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:21

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Биполярные полупроводниковые приборы

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 76

часов на контроль 36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

-, *ст.преп., Черных Сергей Владимирович*;- , *ст.преп., Черных Алексей Владимирович*

Рабочая программа

**Биполярные полупроводниковые приборы**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целью освоения дисциплины является изучение студентами физических явлений, лежащих в основе работы биполярных полупроводниковых приборов, а также их характеристик, режимов работы и факторов, лимитирующих их эксплуатационные характеристики.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.2	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.3	Статистическая физика	
2.1.4	Физические свойства кристаллов	
2.1.5	Методы математической физики	
2.1.6	Основы квантовой механики	
2.1.7	Практическая кристаллография	
2.1.8	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.9	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.10	Физика	
2.1.11	Физическая химия	
2.1.12	Математика	
2.1.13	Органическая химия	
2.1.14	Химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.2	Компьютерные технологии проектирования процессов наноэлектроники	
2.2.3	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.2.4	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.2.5	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.2.6	Оформление результатов научной деятельности	
2.2.7	Полевые полупроводниковые приборы	
2.2.8	Приемники оптического излучения	
2.2.9	Физика импульсного отжига	
2.2.10	Физико-математические модели процессов наноэлектроники	
2.2.11	Физические основы электроники	
2.2.12	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.13	Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике	
2.2.14	Магнитные измерения	
2.2.15	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.16	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.17	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.18	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.19	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.20	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.21	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.24	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.25	Светоизлучающие полупроводниковые приборы	
2.2.26	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 Методы и средства измерения параметров и характеристик опытных образцов изделий электронной техники.
<b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Методы обработки результатов измерений.
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-33 Методы вычисления параметров материала и прибора из его характеристик.
ПК-3-32 Физические принципы испытаний и измерений опытных образцов изделий электронной техники.
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 Физические законы и принципы, лежащие в основе работы биполярных полупроводниковых приборов.
ОПК-1-32 Физические, конструктивные и технологические ограничения при разработке биполярных полупроводниковых приборов.
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У4 Оформлять протоколы измерений и испытаний опытных образцов изделий электронной техники.
ПК-3-У5 Составлять технический отчет по результатам измерений опытных образцов изделий электронной техники.
<b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У2 Составлять протоколы измерений и испытаний опытных образцов изделий электронной техники.
ПК-4-У1 Работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение.
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У3 Интерпретировать результаты испытаний опытных партий полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов.
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У2 Применять методы расчета параметров и характеристик биполярных полупроводниковых приборов.
ОПК-1-У1 Ставить задачи в области разработки биполярных полупроводниковых приборов.
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У2 Проводить измерения и испытания опытных образцов изделий электронной техники.
ПК-3-У1 Производить настройку и калибровку оборудования для проведения измерений и испытаний опытных партий полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов.
<b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В2 Навыками работы в современных математических пакетах и программах для численного анализа экспериментальных данных и научной графики.
ПК-4-В1 Навыками статистической обработки экспериментальных данных.
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Владеть навыками калибровки и настройки измерительного оборудования, находящегося в составе измерительных комплексов.

ПК-3-В2 Владеть навыками измерений и испытаний опытных партий образцов полупроводниковых приборов.
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Методами расчета физических параметров и характеристик полупроводниковых приборов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение в дисциплину. Классификация полупроводниковых приборов и области их применения.</b>							
1.1	Введение в физику полупроводниковых приборов. Классификация полупроводниковых приборов. Области применения. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.3Л2.4 Л2.8 Л2.9 Л2.1Л3.2 Э1 Э2			
1.2	Ознакомление с типами полупроводниковых приборов. Требования к параметрам. /Ср/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
	<b>Раздел 2. Беспереходные полупроводниковые приборы</b>							
2.1	Беспереходные полупроводниковые приборы: терморезисторы, тензорезисторы, фоторезисторы, датчики Холла. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л2.9 Л1.3 Э1 Э2			
2.2	Проработка лекционного материала по теме "Беспереходные полупроводниковые приборы: терморезисторы, тензорезисторы, фоторезисторы, датчики Холла". /Ср/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.1 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
	<b>Раздел 3. Диоды</b>							
3.1	р-п переход при равновесии. Уравнение Пуассона для резкого перехода. Распределение объемного заряда, поля и потенциала в р-п переходе. /Лек/	6	2	ОПК-1-31	Л1.1Л2.7 Л2.9 Л2.14 Э1 Э2			
3.2	Практическое занятие №1 Расчет основных параметров р-п перехода. Построение зонных диаграмм при различных смещениях. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.9 Л2.14Л2.1 Э1		КМ1	

3.3	р-п переход при обратном смещении. Барьерная емкость р-п перехода. Несимметричный р-п переход. Лавинный и туннельный пробой р-п перехода. Неоднородно легированный р-п переход (линейный, сверхрезкий). Варакторы. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.9 Л2.14 Э1 Э2			
3.4	Практическое занятие №2 Расчет барьерной емкости р-п переходов с различным профилем легирования. Расчет пробивных напряжений для диодов различных конструкций. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.9 Л2.14Л2.1 Э1		КМ1	
3.5	Полупроводниковый диод. Вывод идеальной ВАХ. Диод с короткой базой. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.9 Л2.14 Э1			
3.6	Генерационно-рекомбинационные токи. Высокий уровень инжекции. Последовательное сопротивление базы. Выпрямительный диод /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.9 Л2.14 Э1			
3.7	Практическое занятие №3 Расчет идеальной ВАХ диода. Учет влияния генерационно-рекомбинационной составляющей. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.9 Л2.14Л2.1 Э1		КМ1	
3.8	Частотные характеристики диода. Диффузионная емкость. Малосигнальная эквивалентная схема. Переходные характеристики. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.9 Л2.14 Э1			
3.9	Практическое занятие №4. Расчет частотных и переходных характеристик диодов. Влияние технологических особенностей создания и конструкции на частотные и переходные характеристики. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.4 Л2.9 Л2.14Л2.1 Э1		КМ1	
3.10	СВЧ диоды: туннельный диоды, диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.2 Л2.14 Э1			
3.11	Основы технологии полупроводниковых приборов и ИМС /Лек/	6	2	ОПК-1-32	Л1.1Л2.10 Л2.12 Л2.16Л3.4 Э1			
3.12	Подготовка к контрольной работе №1 «Расчет параметров р-п перехода» /Ср/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.7 Л2.9 Л2.14Л2.1		КМ2	

3.13	Подготовка к контрольной работе №2 «Расчет параметров полупроводникового диода» /Ср/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.9Л2.1		КМ3	
3.14	Подготовка к лабораторным работам №1 "Изучение статических вольтамперных характеристик р-п переходов и исследование зависимости обратного тока диода от температуры" и №2 "Зарядные емкости полупроводниковых приборов". /Ср/	6	12	ОПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-4-31	Л1.1 Л2.9Л2.3 Л2.5 Л3.2Л3.3			
3.15	Лабораторная работа №1 "Изучение статических вольтамперных характеристик р-п переходов и исследование зависимости обратного тока диода от температуры". /Лаб/	6	5	ОПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-У4 ПК-3-У5 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л2.9Л2.3 Л2.5 Л3.2Л3.3 Э1			Р1
3.16	Лабораторная работа №2 "Зарядные емкости полупроводниковых приборов". /Лаб/	6	5	ОПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-У4 ПК-3-У5 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л2.9Л2.3 Л2.5 Л3.2Л3.3 Э1			Р2
3.17	Подготовка расчетно-графической работы №1 «Расчёт характеристик полупроводникового диода» /Ср/	6	20	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л1.1 Л2.9Л2.4 Л2.7Л1.1 Л3.3 Л2.1 Э1 Э2 Э4 Э5 Э6 Э7			Р3
	<b>Раздел 4. Биполярные транзисторы</b>							
4.1	Биполярные транзисторы. Конструкции. Принцип работы. Схемы включения. Режимы работы. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.8 Л2.9 Л2.14 Э1			
4.2	Коэффициент инжекции, коэффициент переноса, коэффициент рекомбинации в эмиттерном переходе. Распределение неосновных носителей в биполярном транзисторе. Входные и выходные ВАХ. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.4 Л2.9 Л2.14 Э1			
4.3	Практическое занятие №5. Изучение входных и выходных ВАХ биполярных транзисторов. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-3-33	Л1.1Л3.3 Л2.1 Э1		КМ1	

4.4	Практическое занятие №6. Расчет основных параметров и коэффициентов усиления биполярных транзисторов с учетом эффектов неидеальности. Оптимизация конструкции. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.14Л3 .3 Л2.1 Э1		КМ1	
4.5	Эффекты неидеальности: модуляция ширины базовой области, высокий уровень инжекции, уменьшение ширины запрещенной зоны эмиттера, отеснение эмиттерного тока к периферии, пробой, эффект Кирка. Подходы к оптимизации конструкции. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.4 Л2.9 Э1			
4.6	Моделирование характеристик биполярных транзисторов: модель Эберса-Молла, модель Гуммеля-Пуна, эквивалентные схемы для малого сигнала. /Лек/	6	2	ОПК-1-31	Л1.1 Э1			
4.7	Частотные характеристики биполярных транзисторов. Переходные характеристики. Транзистор Шоттки, конструкция и технология. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.14 Э1			
4.8	Практическое занятие №7. Расчет частотных и переходных характеристик биполярных транзисторов. Конструктивные ограничения и методы повышения быстродействия и частотного диапазона. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.14Л3 .3 Л2.1 Э1		КМ1	
4.9	Транзисторы с Si-Ge базой. Транзисторы с поли-Si эмиттером. Дрейфовые транзисторы. Конструкции и технологические приемы изготовления. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.8 Л2.11 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Э1			
4.10	Гетеробиполярные транзисторы. Материалы, конструкции и технологические приемы изготовления. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.11 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Э1			
4.11	Практическое занятие №8. Расчет конструкций и параметров транзисторов с Si-Ge базой, транзисторов с поли-Si и гетероэмиттером. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.11 Л2.13 Л2.14 Л2.15Л3.3 Л2.1 Э1		КМ1	
4.12	Подготовка к лабораторной работе №3 "Исследование вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов" /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ПК- 3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-4- 31	Л1.1Л2.3 Л2.5 Л3.2Л3.3 Э1 Э2			



4.13	Лабораторная работа №3 "Исследование вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов". /Лаб/	6	7	ОПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-У4 ПК-3-У5 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1Л2.3 Л2.5 Л3.2Л3.3			Р4
4.14	Подготовка к контрольной работе №3 «Расчет параметров биполярного транзистора» /Ср/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.9 Л2.14Л2.1		КМ4	
4.15	Выполнение расчетно-графической работы №2 «Расчёт конструкции и характеристик биполярного транзистора» /Ср/	6	20	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л2.8 Л1.1 Л2.9Л2.4 Л2.14 Э1 Э2 Э4 Э5 Э6 Э7			Р5
<b>Раздел 5. Тиристоры</b>								
5.1	Тиристоры. Конструкции и основные параметры. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.6 Э1		КМ1	
5.2	Изучение литературы по разделу. /Ср/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.6 Э1 Э2 Э4 Э5 Э6 Э7			
5.3	Практическое занятие 9. Изучение конструкций и расчет характеристик тиристор. /Пр/	6	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.6Л2.1 Э1		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Вопросы для подготовки к экзамену и практическим занятиям (6 семестр).	ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-3-33	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация полупроводниковых приборов. Области применения.</li> <li>2. Терморезисторы: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</li> <li>3. Тензорезисторы: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</li> <li>4. Фоторезисторы: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</li> <li>5. Датчики Холла: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</li> <li>6. р-п переход при равновесии. Контактная разность потенциалов.</li> <li>7. Методы получения р-п перехода: диффузия.</li> <li>8. Методы получения р-п перехода: ионная имплантация.</li> <li>9. Методы получения р-п перехода: эпитаксия.</li> <li>10. Уравнение Пуассона для резкого перехода. Распределение объемного заряда, поля и потенциала в р-п переходе.</li> <li>11. р-п переход при обратном смещении.</li> <li>12. Барьерная емкость р-п перехода.</li> <li>13. Несимметричный р-п переход.</li> <li>14. ВФХ р-п перехода.</li> <li>15. Лавинный пробой р-п перехода.</li> <li>16. Туннельный пробой р-п перехода.</li> <li>17. Уравнение Пуассона для линейного перехода. Распределение</li> </ol>

		<p>объемного заряда, поля и потенциала в р-п переходе.</p> <p>18. Сверхрезкий р-п переход.</p> <p>19. Варикап: назначение, основные параметры, требования к конструкции.</p> <p>20. р-п переход при прямом смещении.</p> <p>21. Идеальная ВАХ диода.</p> <p>22. Диод с короткой базой.</p> <p>23. Генерационно-рекомбинационная составляющая тока на прямой ветке ВАХ.</p> <p>24. Генерационно-рекомбинационная составляющая тока на обратной ветке ВАХ.</p> <p>25. Высокий уровень инжекции в диоде.</p> <p>26. Диффузионное сопротивление диода.</p> <p>27. Диффузионная емкость диода.</p> <p>28. Малосигнальная эквивалентная схема диода.</p> <p>29. Переходные характеристики диода</p> <p>30. Выпрямительный диод: назначение, основные параметры, требования к конструкции.</p> <p>31. Туннельный диод: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</p> <p>32. Диод Ганна: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</p> <p>33. Лавинно-пролетный диод: конструкция, принцип работы, основные параметры, области применения.</p> <p>34. Биполярный транзистор. Конструкция. Принцип работы.</p> <p>35. Токи в биполярном транзисторе.</p> <p>36. Коэффициент инжекции.</p> <p>37. Коэффициент переноса через базу.</p> <p>38. Коэффициент рекомбинации в эмиттерном переходе</p> <p>39. Распределение неосновных носителей в биполярном транзисторе.</p> <p>40. Режимы работы биполярного транзистора.</p> <p>41. Схемы включения биполярного транзистора.</p> <p>42. Входные и выходные ВАХ биполярного транзистора по схеме с общей базой</p> <p>43. Входные и выходные ВАХ биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером.</p> <p>44. Входные и выходные ВАХ биполярного транзистора по схеме с общим коллектором.</p> <p>45. Эффект модуляции ширины базовой области. Напряжение Эрли.</p> <p>46. Высокий уровень инжекции в биполярном транзисторе.</p> <p>47. Эффект уменьшения ширины запрещенной зоны эмиттера.</p> <p>48. Эффект отгеснения эмиттерного тока к периферии.</p> <p>49. Эффект Кирка.</p> <p>50. Транзистор с неоднородно-легированной базой.</p> <p>51. Пробой биполярного транзистора.</p> <p>52. Частотные характеристики биполярных транзисторов.</p> <p>53. Малосигнальная эквивалентная схема биполярного транзистора.</p> <p>54. Модель Эберса-Молла.</p> <p>55. Переходные характеристики биполярного транзистора. Транзистор Шоттки.</p> <p>56. Биполярный транзистор с Si-Ge базой.</p> <p>57. Биполярный транзистор с поликремниевым эмиттером.</p> <p>58. Гетеробиполярный транзистор.</p> <p>59. Тиристоры: типы, принцип работы.</p> <p>60. Симисторы: конструкция, назначение, основные параметры.</p>
--	--	---

КМ2	Контрольная работа 1 «Расчет параметров р-перехода» (6 сем)	ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	<p>Примеры задач (в варианте 1 задача):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электронно-дырочный переход сформирован сплавлением алюминия в кремний n-типа с концентрацией доноров <math>ND=1e15\text{см}^{-3}</math>.</li> <li>3. Концентрацию акцепторов в рекристаллизованной области принять равной <math>1e19\text{см}^{-3}</math>. Построить зонную диаграмму р-n перехода при обратном смещении 5 В, рассчитать общую ширину пространственного заряда и соотношение между областями пространственного заряда соответствующих областей при заданном смещении.</li> <li>2. Равновесная ширина несимметричного р-n перехода, созданного в германии, составляет величину 0,5 мкм, а контактный потенциал равен 0,3 В. Найти концентрацию примеси в слабо- и сильнолегированных областях.</li> <li>3. Во сколько раз изменится величина контактного потенциала в ассиметричном р-n переходе, изготовленном из кремния, если а) уровень легирования n- и р-областей увеличить в 3 раза; б) уровень легирования n- и р-областей увеличить на 3 порядка.</li> <li>4. Электронно-дырочный переход создавали ионной имплантацией фосфора в кремниевую пластину марки ЭКДБ-0.5, доза имплантации составляла величину <math>5e13\text{см}^{-2}</math>. Чему равно значение контактного потенциала, если принять, что распределение имплантированных ионов аппроксимировано ступенчатым распределением, а глубина перехода <math>x_j=0,5\text{мкм}</math>, считать, что все внедренные ионы электрически активны.</li> </ol>
КМ3	Контрольная работа 2 «Расчет параметров полупроводникового диода» (6 сем)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-3-31	<p>Примеры задач (в варианте 2 задачи):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В планарном переходе, изготовленном из кремния с удельным сопротивлением n-области 2 Ом.см времени жизни дырок 1мкс и удельным сопротивлением р-области 0,4 Ом.см и временем жизни электронов 5мкс, найти отношение дырочного тока к электронному и плотность тока через переход при прямом смещении 0,25 В.</li> <li>2. Полупроводниковый диод изготовлен из материала, в котором соотношение диффузионных длин <math>L_n/L_p=5</math>, а соотношение удельных электропроводимостей <math>\sigma_n/\sigma_p=10</math>. Найти отношение электронного тока к дырочному.</li> <li>3. Рассчитать диффузионную емкость р-n перехода диаметром 1 мм изготовленного из кремния марки КДБ-1/0.03, если известно, что концентрация примеси в n-области много больше, чем в р-области. На переход подано прямое смещение 0,3 В.</li> <li>4. Определить барьерную емкость германиевого сплавного диода, работающего при обратном смещении в 2 В, если площадь перехода равна 0,5 см<sup>2</sup>, а удельное сопротивление соответственно n и р-области <math>\rho_n=0,01\text{ Ом.см}</math> и <math>\rho_p=1,0\text{ Ом.см}</math>.</li> <li>5. Рассчитать и сравнить между собой ток насыщения в германиевом и кремниевом диодах площадью 2 мм<sup>2</sup> с одинаковыми параметрами р- и n- областей. Концентрация акцепторов <math>N_a = 1e17\text{см}^{-3}</math>, доноров <math>ND = 1e18\text{см}^{-3}</math>. Время жизни носителей заряда одинаково в обеих областях и равно <math>1e-5\text{ с}</math>.</li> </ol>

КМ4	Контрольная работа 3 «Расчет параметров биполярного транзистора» (6 сем)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	<p>Примеры задач (в варианте 2 задачи):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитать и сравнить между собой ток насыщения в германиевом и кремниевом диодах площадью <math>2 \text{ мм}^2</math> с одинаковыми параметрами p- и n- областей. Концентрация акцепторов <math>N_a = 1e17 \text{ см}^{-3}</math>, доноров <math>N_D = 1e18 \text{ см}^{-3}</math>. Время жизни носителей заряда одинаково в обоих областях и равно <math>10^{-5} \text{ с}</math>.</li> <li>2. Германиевый p-n-p транзистор имеет следующие параметры. Ширина квазинейтральной области базы <math>0.0005 \text{ см}</math>. Площадь коллекторного перехода <math>0.085 \text{ см}^2</math>, время жизни дырок в базе <math>\tau_p = 20 \text{ мкс}</math>, время жизни электронов в эмиттере <math>\tau_n = 0.15 \text{ мкс}</math>, концентрация примеси в базе <math>8.1e14 \text{ см}^{-3}</math>, в эмиттере и коллекторе <math>N_A = 5.1e17 \text{ см}^{-3}</math>. Рассчитать коэффициенты передачи по току в схеме с общей базой и общим эмиттером.</li> <li>3. Расстояние между переходами сплавного n-p-n транзистора, изготовленного из кремния марки КДБ-1/0.5, равно <math>1.1e-3 \text{ см}</math>. Концентрация доноров в эмиттере и коллекторе равна концентрации предельной растворимости фосфора в кремнии. Рассчитать эффективную ширину квазинейтральной базы, если транзистор работает в режиме смещения на эмиттере <math>0.25 \text{ В}</math>, на коллекторе <math>-6 \text{ В}</math>.</li> <li>4. Чему равна предельная частота коэффициента передачи по току в схеме с общим эмиттером, если предельная частота коэффициента передачи по току в схеме с общей базой равна <math>15 \text{ МГц}</math>, а коэффициент передачи по току в статическом режиме <math>0.985</math>.</li> <li>5. Вычислить во сколько раз изменится значение коэффициента переноса в базе n-p-n транзистора, изготовленного из кремния, если толщина квазинейтральной области базы <math>30 \text{ мкм}</math>, время жизни носителей заряда в ней <math>300 \text{ мкс}</math> при повышении частоты до <math>f = 25 \text{ МГц}</math>. Чему равен коэффициент переноса на этой частоте?</li> <li>6. Построить зонную диаграмму и рассчитать параметры биполярного транзистора: База: ГДГ-1, эмиттер/коллектор: ГЭС-0,1; <math>U_{прБЭ} = 0,1 \text{ В}</math>; <math>U_{обрКБ} = 2 \text{ В}</math>.</li> </ol>
-----	--	-------------------------------------	--

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Лабораторная работа №1 "Изучение статических вольт-амперных характеристик p-n переходов и исследование зависимости обратного тока диода от температуры".	ОПК-1-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-У4;ПК-3-У5;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1;ПК-4-В2	Измерение статических вольт-амперных характеристик p-n переходов и исследование зависимости обратного тока диода от температуры. Расчет параметров диода и вольт-амперной характеристики из экспериментальных зависимостей.
Р2	Лабораторная работа №2 "Зарядные емкости полупроводниковых приборов"	ОПК-1-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-У4;ПК-3-У5;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1;ПК-4-В2	Измерение зарядных емкостей полупроводниковых приборов. Расчет параметров диода и материала из экспериментальных зависимостей барьерной емкости от напряжения.

P3	Задание на расчетно-графическую работу 1 «Расчёт характеристик полупроводникового диода» (6 семестр)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ПК-4-В2;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразить равновесную зонную диаграмму p-n перехода.</li> <li>2. Рассчитать ширину обеднённой области включая ширину обеднённого слоя в полупроводнике n- и p-типа.</li> <li>3. Изобразить распределение электрического поля и потенциала в p-n переходе.</li> <li>4. Изобразить зонную диаграмму p-n перехода при обратном смещении.</li> <li>5. Рассчитать ширину обеднённой области, включая ширину обеднённого слоя в полупроводнике n- и p-типа при обратном смещении.</li> <li>6. Изобразить распределение электрического поля и потенциала в p-n переходе при обратном смещении.</li> <li>7. Определить величину барьерной ёмкости p-n перехода при обратном смещении.</li> <li>8. Определить обратный ток насыщения диода, включая его электронную и дырочную составляющие.</li> <li>9. Построить вольт-амперную характеристику диода (с учётом генерационно-рекомбинационной составляющей тока).</li> <li>10. Построить эквивалентную схему и определить её параметры в рабочей точке при прямом включении диода к источнику питания через ограничительный резистор сопротивления.</li> </ol>
P4	Лабораторная работа №3 "Исследование вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов"	ОПК-1-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-У4;ПК-3-У5;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1;ПК-4-В2	Измерение вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов для различных схем включения, их анализ, расчет коэффициентов усиления для различных типов биполярных транзисторов
P5	Задание на расчетно-графическую работу 2 «Расчёт характеристик биполярного транзистора» (6 семестр)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ПК-4-У1;ПК-4-В2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразить зонную диаграмму транзистора при равновесии и в рабочей точке;</li> <li>2. Рассчитать и обозначить на зонной диаграмме ширину обеднённой области коллекторного и эмиттерного переходов, включая части обеднённого слоя в различных областях при равновесии и в рабочей точке;</li> <li>3. Определить и построить распределения неосновных носителей заряда в различных областях транзистора при равновесии и в рабочей точке;</li> <li>4. Рассчитать коэффициент эффективности эмиттера, коэффициент переноса через базу, коэффициент рекомбинации в переходе база-эмиттер, коэффициент усиления по схеме с общей базой и коэффициент усиления по схеме с общим эмиттером;</li> <li>5. Определить напряжение прокола базы;</li> <li>6. Определить напряжение Эрли;</li> <li>7. Определить параметры модели Эберса-Молла;</li> <li>8. Построить малосигнальную эквивалентную схему транзистора и определить её параметры в рабочей точке;</li> <li>9. Определить граничную и предельные частоты;</li> <li>10. Построить частотные зависимости коэффициентов усиления.</li> </ol>
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
<p>Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины.</p> <p>Билеты хранятся на кафедре.</p>			

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- 1) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- 2) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- 3) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- 4) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы;
- 5) «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
Л1.2	Кольцов Г. И.	СВЧ-приборы и интегральные микросхемы: Разд.: Полевые транзисторы GaAs с затвором в виде барьера Шоттки: учеб. пособие для студ. спец. 200.200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л1.3	Мартынов В. Н., Кольцов Г. И.	Полупроводниковая оптоэлектроника: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направл. 'Электроника и микроэлектроника' и спец. 'Микроэлектроника и полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1999

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Тищенко Н. М., Машлыкин В. Г.	Динисторы и тиристоры и их применение в автоматике	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Энергия, 1966
Л2.2	Соколова Ж. М.	Приборы и устройства СВЧ, КВЧ И ГВЧ диапазонов: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012
Л2.3	Попов В. С.	Электротехнические измерения и приборы	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1963
Л2.4	Николаевский И. Ф.	Транзисторы и полупроводниковые диоды: монография	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1963
Л2.5	Горбунова Т. С.	Измерения, испытания и контроль. Методы и средства: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012
Л2.6	Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С.	Полупроводниковая силовая электроника	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2013

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.7	Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г.	Физика полупроводников	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1977
Л2.8	Колесников В. Г., Никишин В. И., Сыдоров В. Ф., др., Федотов Я. А.	Кремниевые планарные транзисторы	Библиотека МИСиС	М.: Сов.радио, 1973
Л2.9	Наумкина Л. Г.	Полупроводниковые приборы и физические основы их работы	Библиотека МИСиС	, 2005
Л2.10	Кольцов Г. И., Мадоян С. Г., Ладыгин Е. А.	Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем. Разд.: Расчет и технология планарных полупроводниковых приборов: Учеб. пособие для курсового проектирования	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978
Л2.11	Кольцов Г. И.	СВЧ-приборы и интегральные микросхемы: Разд.: Гетеробиполярные СВЧ-транзисторы: учеб. пособие для студ. спец. 200.200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.12	Груздева Г. А.	Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем: Разд.: Фотолитография и окисление в планарной технологии: Учеб. пособие для студ. спец. 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л2.13	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанoeлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.14	Ковалев А. Н.	Твердотельная электроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.15	Ковалев А. Н.	Транзисторы на основе полупроводниковых гетероструктур: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.16	Пархоменко Ю. Н., Полисан А. А.	Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1		Полупроводниковые приборы: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1965
Л3.2	Горюнов Н. Н., Клейман А. Ю., Комков Н. Н., др., Горюнов Н. Н.	Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1972
Л3.3	Кольцов Г. И., Диденко С. И., Орлова М. Н.	Теория и расчет полупроводниковых приборов. Твердотельная электроника: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Ладыгин Е. А., Курносов А. И., Савков Г. Н., Мельников А. Л., Ладыгин Е. А.	Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем: Разд.: Основные процессы планарной технологии полупроводниковых приборов и интегральных схем: лаб. практикум для студ. спец. 20.02, 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989
ЛЗ.5	Кольцов Г. И., Диденко С. И., Орлова М. Н.	Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов: сб. задач	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1		<a href="http://lib.misis.ru/elcat.html">http://lib.misis.ru/elcat.html</a>
Э2		<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
Э3	ГОСТ Р 57436-2017 Приборы полупроводниковые. Термины и определения	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200144924">http://docs.cntd.ru/document/1200144924</a>
Э4	elibrary.ru	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
Э5	Springer	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
Э6	Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
Э7	Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr	
П.2	Microsoft Office	
П.3	LMS Canvas	
П.4	MATLAB	
П.5	MATCAD	
П.6	CorelDRAW Graphics Suite X4	

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научные журналы и статьи	
И.2	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	
И.3	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>	
И.4	Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>	
И.5	Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>	
И.6	Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>	
И.7		
И.8	Курс "Физика полупроводниковых приборов" на платформе LMS Canvas	
И.9	<a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>	
И.10		
И.11	Электронная библиотека МИСиС	
И.12	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>	
И.13	Электронная библиотека издательство "Лань"	
И.14	<a href="https://e.lanbook.co">https://e.lanbook.co</a>	
И.15		
И.16	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	
И.17	<a href="https://window.edu.ru">https://window.edu.ru</a>	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------



К-509	Лаборатория	измеритель параметров пп Л2-31; анализатор импульсов АИ-1024-95; измеритель мощности М3-22А; измеритель RCL Е7-21; автоматизированный лабораторный стенд МЭ - ВФ; междисциплинарная лабораторная платформа с комплектом ПО NI ELVIS II+ (4 шт.); платы для изучения аналоговых элементов информационно-измерительной техники (5шт.); плата "Аналоговая электроника"; плата "Силовая электроника"(2 шт.); ноутбуки с ПО для проведения лабораторных работ 4 шт.; ПК; пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина «Биполярные полупроводниковые приборы» требует значительного объема самостоятельной работы студента. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Подготовка к лабораторным занятиям предусматривает проработку теоретического материала по теме предстоящей лабораторной работы, блок-схемы измерительной установки, программы исследования и методических указаний по выполнению лабораторной работы. Результатом подготовки к лабораторной работе является домашняя заготовка отчета.