

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Направление/специальность подготовки	11.03.01 Радиотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиоэлектронные системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	4	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**11.03.01 Радиотехника**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Флёров Александр Николаевич, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 — способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
ОПК-3 — способность 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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-2**

*знания:*

физические процессы, конструкции, принцип действия, характеристики и параметры приборов различного назначения и микроэлектронных устройств;

*умения:*

освоение основных характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

исследование различных схем включения электронных приборов.

### **ОПК-3**

*знания:*

характеристики р-п перехода; полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы; фотоэлектрические и излучательные приборы; характеристики, параметры и модели полупроводниковых приборов; элементы интегральных схем; базовые логические элементы на основе биполярных и полевых транзисторов; запоминающие логические элементы; основы функциональной электроники; понимание современных технологий изготовления электронных приборов;

*умения:*

умение анализировать работу схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы; освоение основных характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

- определение основных характеристик электронных приборов;
- исследование различных схем включения электронных приборов;
- работа с макетными установками, включающими электронные приборы;
- моделирование работы схем с электронными приборами в САПР.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ, ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СХЕМОТЕХНИКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- 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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-2	ОПК-3
2	4	<b>Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.</b> Собственные и примесные полупроводники. Электронно-дырочный р-п переход. Диффузионная разность потенциалов. ВАХ диода. Понятия о зарядной и диффузионной емкостях диода. Эквивалентная схема диода. Особенности диодов различного назначения: выпрямительного, стабилитрона, варикапа, высокочастотного, импульсного, туннельного, диода Шоттки. Пробой диода: туннельный, лавинный, тепловой пробой. Стабилитрон, его устройство и принцип работы. Основные характеристики и параметры стабилитрона.	34	17	8	9	17	30	30
2	4	<b>Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.</b> Фотодиод, светоизлучающий диод. Биполярный фототранзистор. Характеристики, параметры и модели полупроводниковых приборов.	12	4	4	0	8	10	10
2	4	<b>Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.</b> Устройство и работа биполярного транзистора (БТ). Токи прибора, параметры. Схемы включения их свойства. Модель БТ реальные и идеализированные ВАХ. Работа при малом сигнале. Эквивалентные схемы. Зависимости параметров от температуры, режима, частоты сигнала. Работа при большом сигнале. Импульсный режим, способы повышения быстродействия. Мощные БТ: особенности конструкции, работы и применения.	28	14	10	4	14	20	20
2	4	<b>Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).</b> ПТ с управляющим р-п-переходом. ПТ с изолированным затвором и собственным каналом. ПТ с изолированным затвором и индуцируемым каналом. Современные полевые транзисторы. Мощные MOSFET (SIPMOS, HEXFET) полевые транзисторы. Структура и принцип действия. Мощные IGBT полевые транзисторы, структура и принцип действия HEMFET транзисторы. Разновидности транзисторов с высокой подвижностью носителей. МДП транзисторы с двойным затвором. Микро FET транзисторы интегральных схем.	20	10	6	4	10	20	20
2	4	<b>Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.</b> Правило Мура. Наноразмерная электроника. Квантовомеханические эффекты. Понятие о Волнах де Бройля, эффект Ааронова - Боме, эффект Джозефсона, эффект Мейснера. Углеродные нанотрубки. Понятие о квантовых точках. Перспективные транзисторные структуры: молекулярный транзистор; спиновый транзистор, графеновый транзистор, квантово-интерференционный транзистор, транзистор на квантовых точках, транзисторы на основе нанотрубок; ферроэлектрический транзистор. Понятие о кремниевой фотонике.	14	6	6	0	8	20	20
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.	исследование полупроводниковых диодов, исследование стабилитрона	9
2	Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усижительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.	исследование биполярного транзистора	4
3	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).	«исследование полевого транзистора»	4
<b>Всего за 4 семестр</b>			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.	физика полупроводников. ВАХ диодов, ВАХ стабилитрона	17
2	Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.	фотоэлектрические эффекты	8

3	Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.	физика биполярного транзистора	14
4	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).	физика работы полевых транзисторов	10
5	Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.	перспективные транзисторы	8
<b>Всего за 4 семестр</b>			57

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4					Вопр. Зач	ДР				ДР				Вопр. Зач		ДР	Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Электронные и микроэлектронные приборы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, эл. рес.
2. А. А. Шука. . Электроника. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008, эл. рес.
3. Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://urait.com> — Urait.com is for sale | HugeDomains;
2. <Http://e.lanbook.ru> — ЭБС Лань;
3. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-2 способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

ОПК-3 способность 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.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с ознакомления слушателей с основными принципами функционирования электронных и микроэлектронных приборов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.</b>		
физика полупроводников. ВАХ диодов, ВАХ стабилитрона	А. А. Щука. . Электроника: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008 (1,2) . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1,2) Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника: Москва: Юрайт, 2019 (1)	17
Итого по разделу 1		17
<b>Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.</b>		
фотоэлектрические эффекты	Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника: Москва: Юрайт, 2019 (2)	8
Итого по разделу 2		8
<b>Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.</b>		
физика биполярного транзистора	Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника: Москва: Юрайт, 2019 (3)	14
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).</b>		
физика работы полевых транзисторов	Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника: Москва: Юрайт, 2019 (4)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.</b>		
перспективные транзисторы	Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. . Электроника: Москва: Юрайт, 2019 (4)	8
Итого по разделу 5		8

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к зачету;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы к зачету

1. Электронный энергетический спектр кристалла.
2. Энергетические зоны в кристаллах.
3. Туннельный эффект.
4. Образование энергетических зон.
5. Соотношение Гейзенберга для энергии и времени.
6. Зонная диаграмма. Валентная зона и зона проводимости. Проводники, полупроводники и изоляторы.
7. Статистика Ферми- Дирака
8. Тепловое движение электронов, длина свободного пробега.
9. Собственный полупроводник. Электроны и дырки.
10. Генерация и рекомбинация.
11. Световая генерация и рекомбинация. Излучательная рекомбинация.
12. Время жизни неравновесных носителей заряда.
13. Примесные полупроводники (р и n полупроводники). Донорные и акцепторные примеси.
14. Зонные диаграммы примесных полупроводников.
15. Электронно- дырочная проводимость п/п.
16. Основные и неосновные носители заряда.
17. Механизм электронной и дырочной проводимости полупроводника.
18. Концентрация носителей заряда в примесных полупроводниках.
19. Энергия ионизации примесей.
20. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесных полупроводниках.
21. Процессы переноса зарядов в полупроводнике.
22. Дрейф носителей заряда. Дрейфовая скорость насыщения. Подвижность носителей заряда. Плотность дрейфового тока.
23. Диффузия носителей заряда. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Плотность диффузионного тока.
24. Диффузионная длина.
25. Полупроводники в сильном электрическом поле. Трансформация зонной диаграммы.
26. Ударная ионизация. Лавинный пробой.
27. Туннелирование. Туннельный пробой.
28. Электронно-дырочный переход (р-п). Классификация.
29. р-п –переход в равновесном и неравновесном состояниях. Энергетическая диаграмма р-п-перехода. Потенциальный барьер.
30. Прямосмещенный р-п –переход. Инжекция носителей заряда, Прямой ток.
31. Обратносмещенный р-п –переход, Экстракция носителей заряда. Обратный ток.
32. Ширина и емкость р-п –перехода. Барьерная и диффузионная емкость.
33. Вольтамперная характеристика р-п –перехода. Прямая и обратная ветви.
34. Электрический и тепловой пробой р-п перехода.
35. Дифференциальное сопротивление р-п –перехода.
36. Переход полупроводник- полупроводник.
37. Переход металл-полупроводник. Выпрямляющий контакт, омический контакт.
38. Переход Шоттки.
39. Выпрямительный диод. Вольтамперные характеристики.
40. Диод Шоттки. Вольтамперные характеристики.

41. Параметры диодов.
42. Стабилитрон. Вольтамперные характеристики.
43. Параметры стабилитрона.
44. Биполярные транзисторы. Устройство и принцип действия биполярного транзистора.
45. Коэффициенты инжекции, переноса и усиления тока.
46. Статические характеристики биполярного транзистора.
47. Параметры БТ транзисторов.
48. Малосигнальные параметры биполярного транзистора.
49. Эффект поля. Режимы обеднения, обогащения и инверсии приповерхностного слоя полупроводника.
50. Структура металл-диэлектрик- полупроводник (МДП).
51. Полевой транзистор с изолированным затвором. Устройство и принцип действия МОП транзистора с встроенным и индуцированным каналами.
52. Статические характеристики МОП (MOSFET) транзисторов.
53. Параметры полевых транзисторов.

### **Зачет**

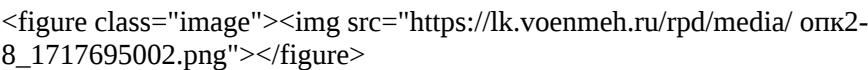


На зачете студенту предлагается 2 теоретических вопроса, на которые студент должен развернуто ответить. После этого он получает зачет по дисциплине.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-2	ОПК-3	
2	4	Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-n-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.	34	17	8	9	17	30	30	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.	12	4	4	0	8	10	10	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.	28	14	10	4	14	20	20	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).	20	10	6	4	10	20	20	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.	14	6	6	0	8	20	20	Вопросы к зачету
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Зонные энергетические диаграммы кристалла определяют:  
\_\_\_\_\_ в кристалле полупроводника.
- № 2 \_\_\_\_\_ квадрант вольтамперной характеристики фотодиода, соответствует фото  
диодному режиму
- № 3 Наибольшую ширину запрещенной энергетической зоны зонной диаграммы  
имеют \_\_\_\_\_
- № 4 Примесные \_\_\_\_\_ валентные атомы являются донорами  
для  
*Si*  
полупроводника
- № 5 Примесные трех и менее валентные атомы являются \_\_\_\_\_ для *Si*  
полупроводника?
- № 6 Движение носителей заряда в полупроводнике за счет электрического поля  
называется \_\_\_\_\_
- № 7 Переход между различными полупроводниками с подобной кристаллической  
решеткой \_\_\_\_\_
- № 8 Энергетические уровни валентных электронов зонной диаграммы собственного  
полупроводника называются \_\_\_\_\_
- № 9 Вольтамперная характеристика \_\_\_\_\_ имеет участок отрицательной  
проводимости?
- № 10 Движение носителей заряда за счет разности их концентраций в полупроводнике  
\_\_\_\_\_
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Каково, примерно, напряжение открывания германиевого диода?  
- (0,8-1)В  
- (0,5-0,7)В  
- (0,2-0,3) В  
- (0,05-0,1)В
- № 2 Какое включение  $p-n$  перехода называется прямым?  
- способствующее уходу подвижных носителей от  $p-n$  перехода;  
- увеличивающее скачок потенциала на  $p-n$  переходе;  
**-** плюс внешнего источника питания к  $p$ -области, минус к  $n$ -области  
- плюс внешнего источника питания к  $n$ -области, минус к  $p$ -области
- № 3 Электроны и дырки в полупроводнике подчиняются статистике?  
- Гаусса;  
- Бозе-Эйнштейна;  
- Ферми-Дирака;  
- Пуассона

- № 4 Какие носители заряда инжектируются в базу транзистора  $\text{p-n-p}$ ?
- электроны;
  - дырки;
  - дырки и электроны;
- № 5 Что такое фонон?
- реальная частица, характеризующая энергетический обмен электрона с узлом кристаллической решетки;
  - квазичастица, характеризующая энергетический обмен электрона с узлом кристаллической решетки;
  - фотон с большой энергией;
  - ядро иона кристаллической решетки
- № 6 Укажите энергетическую диаграмму примесного полупроводника  $\text{n}$ -типа
- 
- первая;**
  - вторая;
  - третья;
  - четвертая
- № 7 Укажите вольтамперную характеристику кремниевого диода
- 
- первая;
  - вторая;
  - третья;
  - четвертая
- № 8 Укажите энергетическую диаграмму примесного полупроводника  $\text{p}$ -типа:
- 
- первая;
  - вторая;
  - третья;
  - четвертая
- № 9 Укажите, как распределен объемный заряд в области симметричного  $\text{p-n}$  перехода



<figure class="image"></figure>

- первый;
- второй;
- третий;
- четвертый

№ 10 Укажите вольт - амперную характеристику туннельного диода:

<figure class="image"></figure>

- первая;
- вторая;
- третья;
- <strong> </strong>
- четвертая

### ОПК-3

*Вопросы открытого типа:*

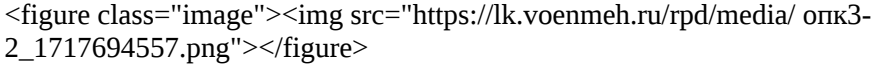
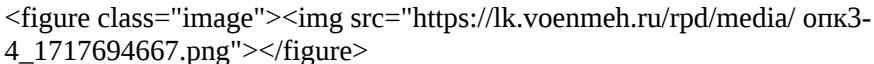

- № 1 Если эмиттерный и коллекторный переходы биполярного транзистора открыты, то это режим \_\_\_\_\_
- № 2 Если коллекторный и эмиттерный переходы биполярного транзистора закрыты, то это режим \_\_\_\_\_
- № 3 Полную функциональную группу Буля (базис) составляют логические элементы\_\_
- № 4 Параметр  $h_{11э}$  биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером, является \_\_\_\_\_
- № 5 Обратный ток коллектора биполярного транзистора обусловлен движением\_\_\_\_\_
- № 6 Введение неосновных носителей в область базы биполярном транзисторе на переходе эмиттер-база называется\_\_\_\_\_
- № 7 Состояние биполярного транзистора, при котором эмиттерный переход открыт, а коллекторный переход закрыт \_\_\_\_\_
- № 8 Ток базы в биполярном транзисторе это \_\_\_\_\_ тока эмиттера и тока коллектора?
- № 9 Крутизной полевого транзистора называется\_\_\_\_\_
- № 10 Элементы Шеффера и Пирса это \_\_\_\_

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Условно-графическое обозначение МДП транзистора с встроенным каналом <i>n</i>- типа?

<figure class="image"></figure>

- первое;

- второе;
- третье;
- четвертое
- № 2 Укажите выходную характеристику биполярного транзистора типа  $\text{p-n-p}$  при  $I_B = \text{const}$
- 
- первая;
- вторая;
- третья;
- четвертая
- № 3 Структура кристаллической решетки кремния?
- с кубической симметрией;
- объемно-центрированный октаэдр;
- гранецентрированный тетраэдр;
- объемно-центрированный тетраэдр
- № 4 Условно - графическое обозначение полевого транзистора с управляющим  $\text{p-n-p}$  переходом и каналом  $\text{p}$ - типа?
- 
- 
- первое;
- второе;
- третье;
- четвертое
- № 5 Укажите стоко-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим  $\text{p-n-p}$  переходом
- 
- первая;
- вторая;
- третья;
- четвертая
- № 6 В каком направлении смещен электронно-дырочный переход полевого транзистора с управляющим  $\text{p-n-p}$  переходом в штатном режиме его работы?
- в обратном направлении;
- в прямом направлении;
- направление смещения зависит от материала

- полупроводника;
- № 7 - переход находится в равновесном состоянии  
Кремний входит в группу соединений полупроводников:
- <i>- AIVBVI ;</i>
- <strong>- </strong>элементарных полупроводников;
- <i>- AIIIBVI </i>;
- № 8 <i>- AIIIBV</i>  
Укажите стоко - затворную характеристику МДП транзистора с встроенным каналом:
- <figure class="image"></figure>
- первая;
- вторая ;
- третья;
- четвертая
- № 9 Сколько электронно - дырочных переходов имеет полевой транзистор с управляющим <i>р-п</i> переходом?
- один переход;
- два перехода;
- три перехода;
- № 10 - не имеет р-п переходов  
Транзистор <i>MOSFET</i> (<i>metal – oxide-semiconductor field- effect transistor</i>) это:
- биполярный транзистор;
- МДП транзистор;
- транзистор с переходом Шоттки;
- транзистор с управляющим р-п переходом