

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиолокационные системы и комплексы
Уровень высшего образования	Специалитет
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)**

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

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-1 — способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2 — способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
ОПК-4 — способность проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-6 — способность учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

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-2

знания:

материалы электронной техники и их электрофизические свойства; 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;

умения:

умение анализировать работу схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы;

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.

ОПК-4

знания:

оснать принцип работы полупроводниковых приборов;

умения:

уметь снимать характеристики электронных приборов с помощью радиоэлектронной аппаратуры;

навыки:

навыки организации и проведения измерения параметров и характеристик, обработки данных.

ОПК-6

знания:

знание современных технологий изготовления электронных приборов и радиоэлектронной аппаратуры;

умения:

уметь проводить исследования работы полупроводниковых приборов, сравнивать основные характеристики;

навыки:

навык анализа и выбора технологий производства радиоэлектронной аппаратуры.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

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-1	ОПК-2	ОПК-4	ОПК-6
2	4	Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны. 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	25	25	25	25
2	4	Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы. Фотодиод, светоизлучающий диод. Биполярный фототранзистор. Характеристики, параметры и модели полупроводниковых приборов.	12	4	4	0	8	5	5	5	5
2	4	Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ. 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	30	30	30	30
2	4	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ). 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 NEMFET транзисторы. Разновидности транзисторов с высокой подвижностью носителей. МДП транзисторы с двойным затвором. Микро FET транзисторы интегральных схем.	20	10	6	4	10	30	30	30	30
2	4	Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники. Правило Мура. Наноразмерная электроника. Квантовомеханические эффекты. Понятие о Волнах де Бройля, эффект Аарнонова - Бёма, 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	10	10	10	10
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	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). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.	исследование биполярного транзистора	4
3	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).	«исследование полевого транзистора»	4
Всего за 4 семестр			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
Всего за 4 семестр			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. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 86 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

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

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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 - 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:

1. Комплект учебного оборудования "Основы электроники" ОЭ-МР-01.1;
2. Осциллограф АКИП-4115;
3. Проектор.

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 *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*. 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-1 способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения;

ОПК-4 способность проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных;

ОПК-6 способность учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими процессами в полупроводниковых материалах и принципами работы 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.
Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.		
физика полупроводников. ВАХ диодов, ВАХ стабилитрона	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1,2,3)	17
Итого по разделу 1		17
Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.		
фотоэлектрические эффекты	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2)	8
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.		
физика биполярного транзистора	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4)	14
Итого по разделу 3		14
Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).		
физика работы полевых транзисторов	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.		
перспективные транзисторы	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (3, 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-1	ОПК-2	ОПК-4	ОПК-6	
2	4	Раздел 1. Электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Р-п-переход, его свойства. Диоды. Стабилитроны.	34	17	8	9	17	25	25	25	25	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 2. Фотоэлектрические и излучательные приборы.	12	4	4	0	8	5	5	5	5	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 3. Биполярные транзисторы (БТ). Усилительные каскады постоянного и переменного тока на БТ.	28	14	10	4	14	30	30	30	30	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 4. Полевые транзисторы (ПТ).	20	10	6	4	10	30	30	30	30	Вопросы к зачету
2	4	Раздел 5. Перспективные направления транзисторной микроэлектроники.	14	6	6	0	8	10	10	10	10	Вопросы к зачету
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Контакт металл-полупроводник с обедненным слоем носителей заряда в полупроводнике является_____
- № 2 Теоретической основой процесса диффузии является_____
- № 3 Ширина базы транзистора должна быть_____
- № 4 Отношение тока фотодиода к величине монохроматического светового потока называется_____
- № 5 Резкое возрастание обратного тока диода при большом обратном напряжении на p - n переходе обусловлено_____
- № 6 Полупроводник, содержащий в небольшой концентрации примесь с валентностью, отличной от валентности основного вещества называется_____
- № 7 Параметр $h_{21э}$ биполярного транзистора является _____
- № 8 ЭДС Дембера это_____
- № 9 Фоторезистивный эффект это_____
- № 10 Гетеропереход это переход _____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Условно - графическое обозначение I_{JBT} транзистора?

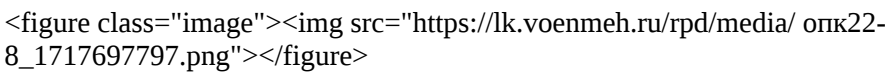
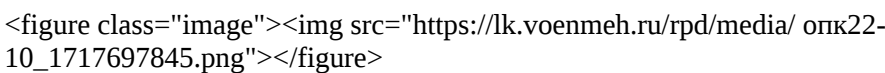
- первое;
 - второе;
 - третье;
 - четвертое
- № 2 Арсенид галлия входит в группу соединений полупроводников:
- $A_{IV}B_{VI}$;
- элементарных;
- $A_{II}B_{VI}$;
- $A_{III}B_{V}$
- № 3 Как изменяется скачок потенциала на p - n -переходе при обратном включении диода?
- уменьшается;
 - увеличивается;
 - не изменяется;
 - увеличивается или уменьшается в зависимости от материала полупроводника
- № 4 От чего зависит проводимость примесных полупроводников в их рабочем диапазоне температур?
- от наличия источника внешнего излучения;
 - от концентрации примесей;
 - от энергии фононов;

- № 5 - от температуры
Примеси какой валентности обеспечивают получение полупроводника Si p -типа?
- Si p - с валентностью меньшей, чем у исходного материала;
- четырехвалентные (C, Sn);
 - пятивалентные (As, Sb);
- № 6 - с валентностью большей, чем у исходного материала
От чего зависит проводимость собственного полупроводника?
- от температуры;
 - от концентрации примесей;
 - от направления протекающего тока;
 - от полярности приложенного напряжения;
- № 7 Примеси какой валентности обеспечивают получение полупроводника Si n -типа?
- трехвалентные (In, Ga);
 - четырехвалентные (C, Sn);
 - с валентностью большей, чем у исходного материала;
 - с Si валентностью меньшей, чем у исходного материала
- № 8 Какова высота потенциального барьера p-n перехода в кремнии при 300К, эВ?
- 1,0;
 - 1,12;
 - 3,0;
 - 0,67
- № 9 Что такое лавинный пробой?
- увеличение тока в полупроводнике вследствие туннельного эффекта;
 - увеличение тока в полупроводнике вследствие ионизации атомов основными носителями заряда;
 - увеличение тока в полупроводнике вследствие; ионизации атомов основными носителями под действием электрического поля
 - увеличение тока в полупроводнике вследствие ионизации атомов неосновными носителями под действием электрического поля
- № 10 Излучательная рекомбинация это:
- образование электронно-дырочной пары благодаря энергии фотона;
 - образование электронно-дырочной пары благодаря энергии фонона;
 - аннигиляция электрона и дырки с образованием фонона;
 - аннигиляция электрона и дырки с образованием фотона

ОПК-2

- Вопросы открытого типа:
- № 1 Резкое увеличение тока в полупроводнике вследствие ионизации атомов полупроводника неосновными носителями заряда под действием электрического

- поля называется _____
- № 2 Дрейф электронов через p - n -переход происходит в направлении _____
- № 3 Подвижность носителей заряда в полупроводнике это _____
- № 4 Модель биполярного транзистора Эберса-Молла является _____ для режима _____
- № 5 Гетеропереходом в полупроводнике называется переход _____
- № 6 _____ квадрант вольтамперной характеристики фотодиода, соответствует фотодиодному режиму
- № 7 Движение носителей заряда в полупроводнике за счет электрического поля называется _____
- № 8 Переход между различными полупроводниками различных по химическому составу и с подобной кристаллической решеткой является _____
- № 9 Энергетические уровни валентных электронов зонной диаграммы собственного полупроводника называются _____
- № 10 Движение носителей заряда за счет разности их концентраций в полупроводнике _____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Каково примерно напряжение открывания кремниевого диода?
- (0,01-0,05) В;
 - (0,05-0,1) В;
 - (0,5-0,7) В;
 - (1,8-2) В
- № 2 Зонные энергетические диаграммы кристалла это:
- энергетический спектр ионов примеси в кристалле полупроводника;
 - энергетический спектр валентных электронов собственного полупроводника;
 - энергетический спектр электронов в кристалле полупроводника;
 - энергетический спектр электронов проводимости в кристалле полупроводника
- № 3 Как изменяется ширина p - n -перехода при прямом включении диода?
- увеличивается при больших значениях внешнего источника напряжения;
 - увеличивается;
 - не изменяется;
 - уменьшается
- № 4 Какова высота потенциального барьера p - n перехода в германии при 300К, эВ?
- 1,12;
 - 3,0;
 - 1,0;
 - 0,67
- № 5 Если эмиттерный и коллекторный переходы биполярного транзистора закрыты, то это режим
- усилительный;
 - отсечки транзистора;
 - насыщения;



- № 6 - ключевой
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
- № 7 Электроны и дырки в полупроводнике подчиняются статистике?
- Гаусса;
 - Бозе-Эйнштейна;
 - Ферми-Дирака;
 - Пуассона
- № 8 Примесные валентные атомы являются донорами для Si полупроводника
- трех;
 - трех и менее;
 - пяти и более;
 - четырех
- № 9 Укажите энергетическую диаграмму примесного полупроводника n -типа
- 
- первая;
 - вторая;
 - третья;
 - четвертая
- № 10 Укажите энергетическую диаграмму примесного полупроводника p -типа:
- 
- первая;
 - вторая;
 - третья;
 - четвертая

ОПК-4

Вопросы открытого типа:

- № 1 Уровень Ферми (энергия уровня Ферми) _____
- № 2 Неопределенность Гейзенберга для энергии и времени в квантовой механике: _____
- № 3 Изменение концентрации носителей заряда в полупроводнике и, следовательно, его электропроводности при облучении световым потоком называется _____





- эффектом
- № 4 Электроны n -полупроводника и дырки p -полупроводника называются _____
- № 5 Рабочей ветвью ВАХ полупроводникового стабилитрона является _____
- № 6 Туннельный пробой p - n перехода развивается при _____
- № 7 Временем жизни неравновесных носителей заряда является _____
- № 8 Оптрон (оптоэлектронная пара, или оптопара) – полупроводниковый прибор _____
- № 9 Структура кристаллической решетки кремния представляет собой _____
- № 10 Переход Джозефсона это _____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какие носители (электроны или дырки) инжектируются в базу транзистора p - n - p ?
- дырки;
 - электроны;
 - дырки и электроны;
 - ионы примеси
- № 2 Что такое режим насыщения транзистора?
- эмиттерный и коллекторный переходы закрыты;
- - эмиттерный и коллекторный переходы открыты;**
- - эмиттерный переход открыт коллекторный переход закрыт;**
- эмиттерный переход закрыт коллекторный переход открыт
- № 3 Соотношение неопределенности Гейзенберга для энергии и времени?
- (Δt , ΔE - неопределенности времени и энергии)
- $\Delta E \Delta t \gg \hbar/2$;
 - $\Delta t \Delta E < \hbar/2$;
 - $\Delta t \Delta E = \hbar/2$;
 - $\Delta t \Delta E = \hbar/2$;
- № 4 Какова величина входного сопротивления полевого МДП транзистора по постоянному току?
- сотни Ом;
 - единицы кило Ом;
 - единицы и десятки мега Ом;
 - единицы Ом;
- № 5 Интегральная чувствительность фотодиода?
- (I_{Φ} - величина фототока, Φ - величина светового потока, $U_{\text{ип}}$ - величина приложенного напряжения)
- $S = I_{\Phi}/U_{\text{ип}}$
- $S = I_{\Phi}/\Phi$
- $S = U_{\text{ип}}/\Phi$

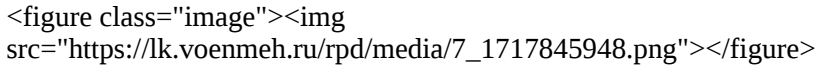


- № 6 $S = U_{\text{ип}}/I_{\text{ф}}$
Как связан ток базы с током эмиттера и коллектора в биполярном транзисторе?
- $I_{\text{б}} = I_{\text{э}} + I_{\text{к}}$
- $I_{\text{б}} = I_{\text{к}} - I_{\text{э}}$
- $I_{\text{б}} = I_{\text{э}} - I_{\text{к}}$
- № 7 $I_{\text{б}} = - (I_{\text{э}} + I_{\text{к}})$
Крутизна полевого транзистора при постоянном напряжении на затворе:
- 
- 
- № 8 Наибольшую ширину запрещенной энергетической зоны имеют?
- металлы;
- примесные полупроводники
- диэлектрики;
- собственный полупроводник
- № 9 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
- № 10 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

ОПК-6

Вопросы открытого типа:

- № 1 Ток базы в биполярном транзисторе это _____ тока эмиттера и тока коллектора?
- № 2 Тепловой пробой полупроводникового диода развивается при _____
- № 3 Светодиод - полупроводниковый прибор _____
- № 4 Фотодиод - полупроводниковый прибор _____
- № 5 Электрическим переходом называется _____
- № 6 Емкость, обусловленная объемными зарядами инжектированных электронов и дырок по обе стороны от $p-n$ -перехода, где их концентрация в результате диффузии через $p-n$ -переход велика _____

- № 7 Емкость, связанная с изменением потенциального барьера на *p-n* переходе, возникающая при обратном смещении называется_____
- № 8 Вариакп - электронный прибор, работа которого основана на_____
- № 9 Коэффициент диффузии в полупроводнике это _____
- № 10 Диффузия носителей заряда в полупроводниках это _____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какова теоретическая зависимость тока через *p-n*-переход от величины приложенного внешнего напряжения?
- I_0 - обратный ток насыщения *p-n* перехода; U – напряжение приложенное к переходу; T – абсолютная температура; k – постоянная Больцмана
- № 2  Укажите вольтамперную характеристику кремниевого диода
- 
- первая;
- вторая;
- третья;
- четвертая
- № 3 Укажите вольт - амперную характеристику туннельного диода:
- 
- первая;
- вторая;
- третья;
- четвертая
- № 4 Укажите выходную характеристику биполярного транзистора типа при $I_B = \text{const}$
- 
- первая;
- вторая;
- третья;
- четвертая
- № 5 Транзистор *MOSFET* (*metal – oxide-semiconductor field- effect transistor*) это:
- биполярный транзистор;
- МДП транзистор;

№ 6		<ul style="list-style-type: none"> - транзистор с переходом Шоттки; - транзистор с управляющим р-п переходом <p>Крутизной полевого транзистора называется</p> <ul style="list-style-type: none"> - значение напряжения отсечки транзистора; - значение максимального тока транзистора в усилительном режиме работы; - значение второй производной стоко - затворной характеристики при постоянном напряжении на затворе - значение первой производной стоко - затворной характеристики при постоянном напряжении на затворе
	№ 7	<p>Укажите стоко - затворную характеристику МДП транзистора с встроенным каналом:</p> <p></p> <ul style="list-style-type: none"> - первая; - вторая ; - третья; - четвертая
№ 8		<p>Укажите стоко-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим <i>р-п</i> переходом</p> <p></p> <ul style="list-style-type: none"> - первая; - вторая; - третья; - четвертая
	№ 9	<p>Условно- графическое обозначение МДП-транзистора с индуцированным каналом р- типа:</p> <p></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 1234 </div> <ul style="list-style-type: none"> - первый; - второй; - третий; - четвертый
№ 10		<p>Условно- графическое обозначение МДП-транзистора с индуцированным каналом п- типа:</p>

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

1 2 3 4

- первый;
- второй;
- третий;
- четвертый