

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.  
«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины**

**«Физические основы электроники»**

**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

**Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2017**

Автор программы

Свистова / Т.В. Свистова /

Заведующий кафедрой  
Полупроводниковой элек-  
троники и наноэлектроники

Рембеза / С. И Рембеза./

Руководитель ОПОП

Рембеза / С.И Рембеза./

Воронеж 2017

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины:** изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов и определяющих характеристики и параметры этих приборов;

- изучение основ физики вакуума и плазмы, физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;

- формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров электронных приборов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические основы электроники» относится к базовой части блока Б1 учебного плана. Индекс дисциплины Б1.Б.16.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы электроники» направлен на формирование следующих компетенций:

**ОПК-1:** способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

**ОПК-5:** способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

**ОПК-7:** способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	<b>знать</b> физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;
	<b>уметь</b> применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;

	троники; <b>владеть</b> информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.
ОПК-5	<b>знать</b> конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;
	<b>уметь</b> применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;
	<b>владеть</b> методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.
ОПК-7	<b>знать</b> технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;
	<b>уметь</b> работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;
	<b>владеть</b> методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы электроники» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		5	6	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	54	54	
В том числе:				
Лекции	36	18	18	
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18	
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18	
<b>Самостоятельная работа</b>	45	18	27	
Курсовой проект (работа) (есть, нет)		+		
Контрольная работа (есть, нет)				
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзам- замен)	27	+	27	
Общая трудоемкость	час	180	72	108
	зач. ед.	5	2	3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Фундаментальная система уравнений физики полупроводниковых приборов	Основные свойства полупроводников. Фундаментальная система уравнений физики полупроводниковых приборов.	2	2	-	2	6
2	Контактные явления в полупроводниках	Разновидности электрических переходов и контактов. Изотипные переходы. Контакты металл-полупроводник. Гетеропереходы. Электронно-дырочный (p-n) переход. Прямое и обратное включение p-n-перехода. Вольт-амперная характеристика p-n-перехода. МДП-структура. Режимы смещения. Вольт-фарадная характеристика.	6	6	4	4	20
3	Полупроводниковые диоды	Устройство, схемы включения и модели полупроводниковых диодов. Высокочастотные, импульсные и специальные типы диодов.	4	2	6	4	16
4	Биполярные транзисторы	Структура и принцип действия биполярного транзистора. Статические характеристики биполярных транзисторов. Модели и малосигнальные параметры биполярных транзисторов. Переходные и частотные характеристики биполярных транзисторов.	4	6	8	4	22
5	Тиристоры	Устройство и принцип действия. Способы включения тиристора. Способы выключения тиристора. ВАХ тиристора. Статические и динамические параметры тиристора.	2	2	-	4	8
6	Полевые приборы	Полевые приборы, классификация и основные особенности. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом (ПТУП), принцип действия. Статические характеристики ПТУП. Мало-сигнальная эквивалентная схема ПТУП. Полевой транзистор Шоттки, его статические характеристики. Устройство и принцип действия МДП-транзистора с индуцированным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом. Устройство и принцип действия МДП-транзистора с встроенным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов с встроенным каналом. Эквивалентные схемы МДП-транзисторов.	6	6	6	7	25
7	Физические основы эмиссионной электроники	Эмиссия. Виды эмиссии в твердых телах. Классификация электровакуумных приборов и их устройство. Электровакуумные диоды, принцип действия, характеристики, параметры. Электровакуумные триоды, принцип действия, характеристики, параметры. Многоэлектродные лампы, принцип действия, характеристики, параметры. Фотоэлектронные приборы, принцип действия, характеристики, параметры.	4	4	8	7	23
8	Электронные потоки в вакууме, их формирование и транспортировка	Типы электронных пучков, их основные характеристики. Системы формирования электронного потока. Электронный прожектор. Фокусирующие системы. Отклоняющие системы. Экраны. Особенности электронно-лучевых приборов различного назначения. Осциллографические трубки. Кинескопы.	4	4	-	6	14
9	Физические основы газоразрядной электроники	Электрические явления в газах. Появление и исчезновение заряженных частиц в газах. Несамостоятельный и самостоятельный разряд. Разновидности газовых разрядов: тлеющий, дуговой, искровой, коронный, высокочастотный разряды. Приборы газоразрядной электроники. Газоразрядные индикаторные панели. Плазменные дисплеи и телевизионные экраны. Импульсный водородный тиратрон. Игнитрон.	4	4	4	7	19
<b>Контроль</b>							<b>27</b>
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование вольт-фарадной характеристики МДП-структуры
2. Исследование влияния температуры на вольт-амперные характеристики полупроводниковых диодов
3. Измерение статических вольт-амперных характеристик и основных параметров биполярных транзисторов схема с ОБ и с ОЭ (ЛЭСО-3)
4. Измерение динамических характеристик биполярных транзисторов схема с ОБ и с ОЭ
5. Измерение статических вольт-амперных характеристик и основных параметров полевых транзисторов (ЛЭСО-3)
6. Изучение физических основ работы электровакуумного диода
7. Изучение физических основ работы электровакуумного триода
8. Изучение физических основ работы газоразрядных приборов

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет силового тиристора»

Курсовая работа по дисциплине «Физические основы электроники» предусматривает расчет конкретного полупроводникового прибора, поэтому в курсовую работу входит разработка топологии прибора, выбор его законченной конструкции и расчет основных параметров.

Каждый студент получает индивидуальное задание на курсовую работу В задании приводится наименование темы и исходные данные для расчета топологии и структуры полупроводникового прибора.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- научиться самостоятельно работать с технической и научной литературой;
- проработать вопросы теории и конструирования полупроводниковых приборов;
- обоснованно подходить к выбору технических решений при расчете прибора;
- критически оценивать результаты, полученные при расчете топологии прибора, его параметров и характеристик;
- уметь четко и грамотно излагать свои мысли и наглядно представлять результаты расчетов.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

Учебным планом по дисциплине «Физические основы электроники» не предусмотрено выполнение контрольных работ в 5, 6 семестрах.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных, учет погрешности измерений.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5
ОПК-5	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5
	уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	<b>владеть</b> методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5
ОПК-7	<b>знать</b> технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5
	<b>уметь</b> работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>владеть</b> методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях.	Тест  Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100%  Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов  Решено менее 3 заданий из 5

## 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	<b>знать</b> физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	<b>уметь</b> применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<b>владеть</b> информацией об областях приме-	Решение приклад-	Продемонстрирован	Задачи

	нения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.	ных задач в конкретной предметной области	верный ход решения в большинстве задач	не решены
ОПК-5	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	знать технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-1	знать физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электро-	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

	ники; <b>владеть</b> информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ОПК-5	<b>знать</b> конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	<b>уметь</b> применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	<b>владеть</b> методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ОПК-7	<b>знать</b> технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	<b>уметь</b> работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	<b>владеть</b> методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

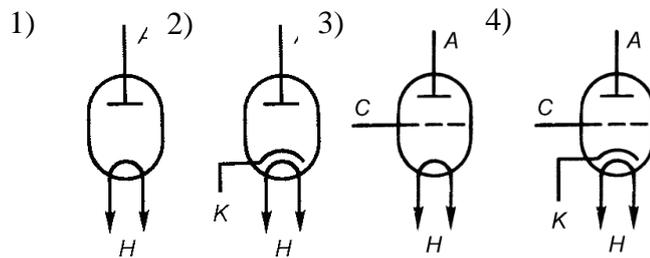
1. *p-n* переход – это:

- 1) область между полупроводниками различных типов, соприкасающимися между собой;
- 2) обедненный подвижными носителями заряда слой на границе раздела двух полупроводников с разным типом проводимости;
- 3) скачок потенциала на границе различных полупроводников;

4) обогащенный подвижными носителями заряда слой на границе раздела двух полупроводников с разным типом проводимости.

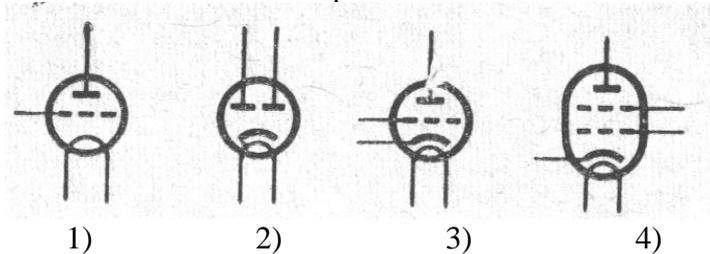
Ответ: 2

2. Укажите условное обозначение в схемах диода с катодом прямого накала



Ответ: 1

3. Укажите условное обозначение в схемах триода с катодом косвенного накала



Ответ: 3

5. Эмиттером называется область транзистора

- 1) с низкой концентрацией примеси;
- 2) назначением которой является инжекция в базу неосновных носителей;
- 3) со стороны открытого  $p-n$ -перехода;
- 4) назначением которой является экстракция из базы неосновных носителей.

Ответ: 2

6. При режиме насыщения транзистора

- 1) эмиттерный и коллекторный переходы закрыты;
- 2) эмиттерный переход открыт, а коллекторный закрыт;
- 3) эмиттерный переход закрыт, а коллекторный открыт;
- 4) эмиттерный и коллекторный переходы открыты.

Ответ: 4

7. Укажите определение крутизны полевого транзистора.

$$1) S = \left. \frac{\partial I_u}{\partial U_{cu}} \right|_{U_{zc} = const} \quad 2) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{cz}} \right|_{U_{zu} = const}$$

$$3) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{cu}} \right|_{U_{zc} = const} \quad 4) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{zu}} \right|_{U_{cu} = const}$$

Ответ: 4

8. На чем основано управление током в МДП-транзисторе?

1. На изменении ширины перехода и сечения канала базы при изменении входного напряжения.
2. На изменении сопротивления канала вследствие изменения концентрации носителей.

3. На изменении коэффициента передачи тока под действием входного напряжения.
4. На изменении емкости перехода.

Ответ: 2

9. В изображенной на рис. 1 структуре двухэлектродного тиристора (динистора):

- 1) переходы  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  смещены в обратном направлении, переход  $\Pi_2$  – в прямом;
- 2) переход  $\Pi_2$  смещен в обратном направлении, а переходы  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  – в прямом;
- 3) все переходы смещены в прямом направлении;
- 4) все переходы смещены в обратном направлении.

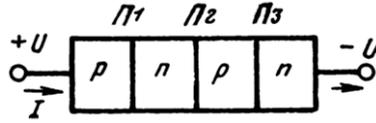


Рис. 1. Структура двухэлектродного тиристора (динистора)

Ответ: 2

10. Диодный тиристор (динистор) – это

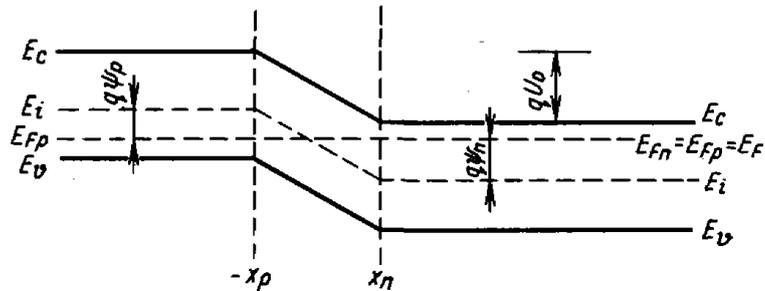
- 1) управляемый переключательный диод, у которого имеется вывод  $p$ -базы, называемый управляющим электродом;
- 2) неуправляемый переключательный диод, у которого базы не имеют выводов;
- 3) управляемый переключательный диод, у которого обе базы снабжены выводами, т.е. в приборе имеются два управляющих электрода.
- 4) симметричный тиристор, т. е. тиристор с симметричной ВАХ.

Ответ: 2

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Энергетическая диаграмма  $p$ - $n$ -перехода

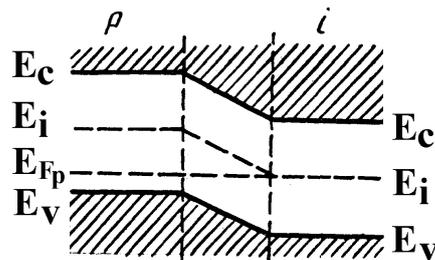
Ответ:



Энергетическая диаграмма  $p$ - $n$ -перехода в состоянии термодинамического равновесия

2. Энергетическая диаграмма  $p$ - $i$ -перехода

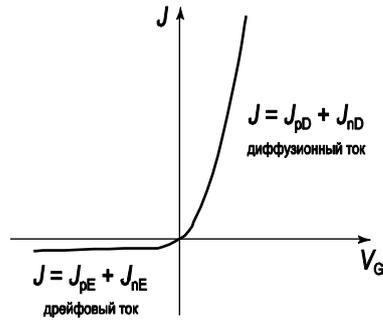
Ответ:



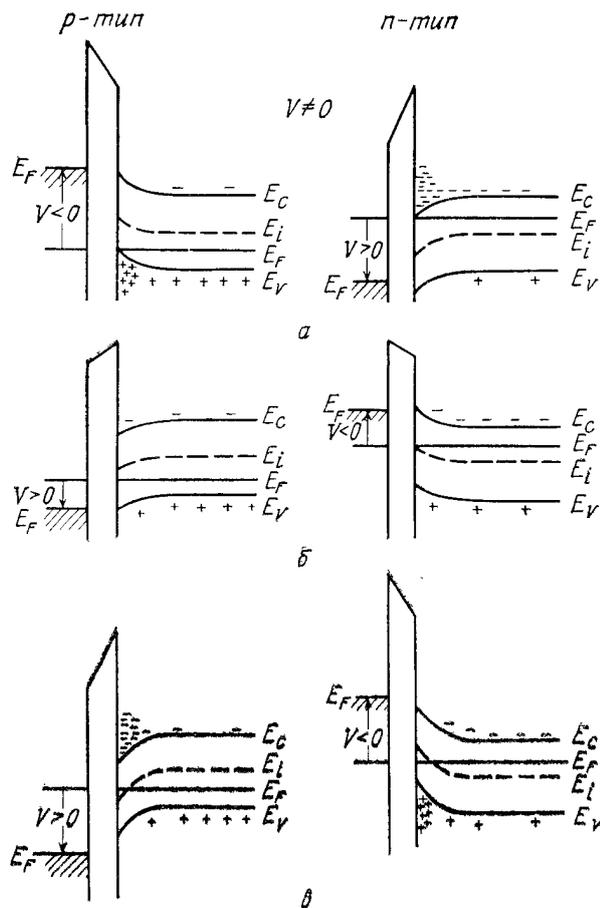
Энергетическая диаграмма  $p$ - $i$ -перехода

3. Вольт-амперная характеристика диода

Ответ:



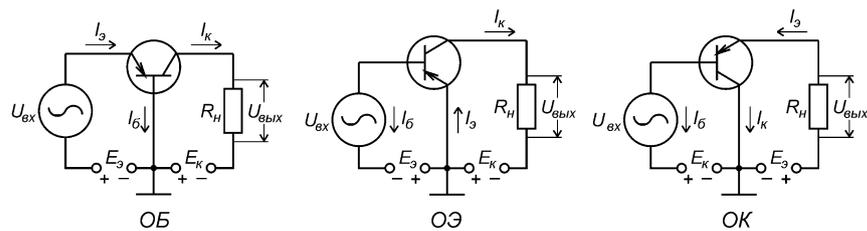
4. Зонные диаграммы идеальных МДП-структур при различных напряжениях на затворе  
 Ответ:



Зонные диаграммы идеальных МДП-структур при напряжении на затворе  $V \neq 0$ : а – режим аккумуляции; б – режим обеднения; в – режим инверсии

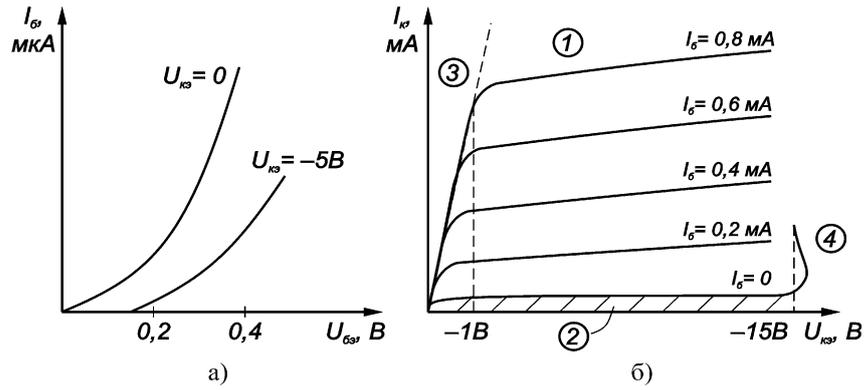
5. Основные схемы включения биполярного транзистора

Ответ:



6. Входные и выходные характеристики биполярных транзистора в схеме с ОЭ

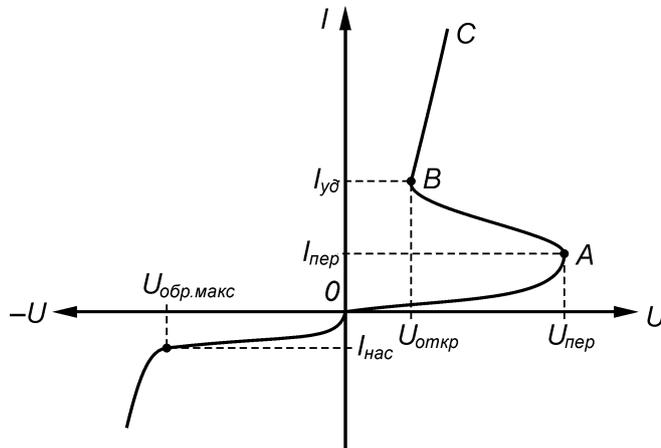
Ответ:



Семейство входных (а) и выходных (б) характеристик *p-n-p*-транзистора в схеме с ОЭ

7. Вольт-амперная характеристика динистора

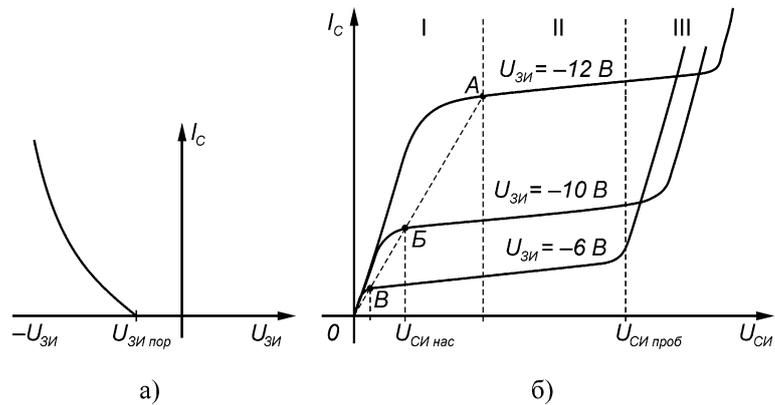
Ответ:



Вольт-амперная характеристика динистора

8. Передаточные и выходные характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом

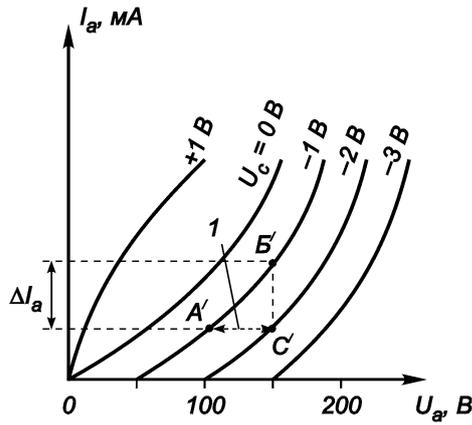
Ответ:



Передаточные (а) и выходные (б) характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом

9. Анодные характеристики электровакуумного триода

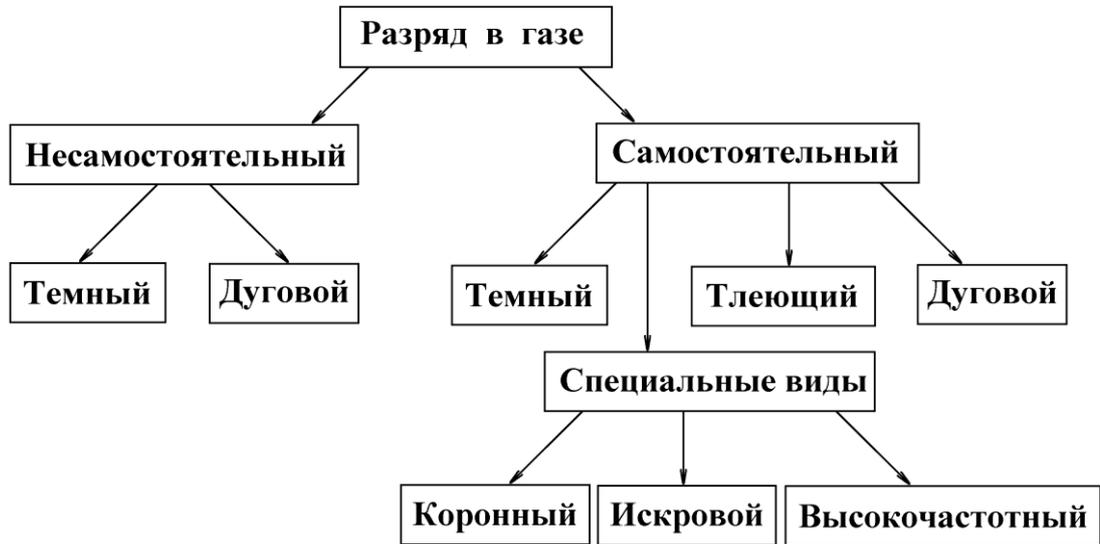
Ответ:



Семейство анодных характеристик триода: 1 –  $\Delta U_a$

10. Классификация электрических разрядов в газе

Ответ:



### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Пусть градиент потенциала в образце кремния собственной проводимости составляет  $400 \text{ В/м}$ , а подвижность электронов и дырок равны  $0,12$  и  $0,025 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  соответственно. Определите для этого образца:

- скорости дрейфа электронов и дырок;
  - удельное сопротивление кремния собственной проводимости, полагая, что концентрация собственных носителей тока  $2,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ ;
  - полный дрейфовый ток, если площадь поперечного сечения образца равна  $3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ .
- Ответ: а)  $48 \text{ м/с}$ ,  $10 \text{ м/с}$ ; б)  $1,72 \cdot 10^3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; в)  $0,696 \text{ мкА}$ .

2. Пластина из германия  $n$ -типа имеет удельное сопротивление  $\rho = 0,1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  и ширину  $d = 10^{-2} \text{ см}$ . К пластине приложена разность потенциалов  $U = 1 \text{ В}$ . Вычислите:

- плотность тока;
- время, которое потребуется для того, чтобы носитель заряда пересек пластину;
- отношение плотностей токов дырок и электронов.

Положите, что  $\mu_n = 3900 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ;  $\mu_p = 1900 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ;  $n_i = 2,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ .

Ответ: а)  $10^3 \text{ А/см}^2$ ; б)  $5,26 \cdot 10^{-8} \text{ с}$ ; в)  $10^{-6}$ .

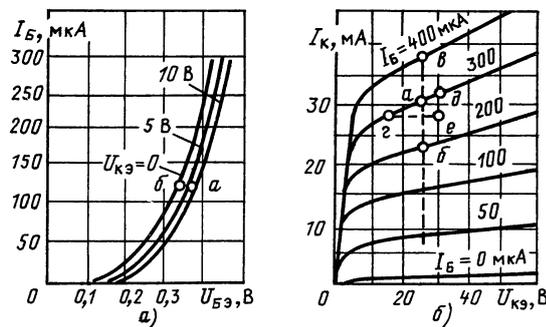
3. Найти тепловой ток для германиевого плоскостного диода при комнатной температуре (300 К), если площадь поперечного сечения  $S = 4 \text{ мм}^2$ ;  $\sigma_p = 1 \text{ Сим/см}$ ;  $\sigma_n = 1 \text{ Сим/см}$ ;  $L_p = L_n = 0,15 \text{ см}$ . Концентрация собственных носителей  $n_i = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ; подвижность электронов  $\mu_n = 3900 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ; подвижность дырок  $\mu_p = 1900 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ .

Ответ: 8,87 мкА.

4. Некоторый диод имеет тепловой ток  $I_S = 10 \text{ мкА}$ , приложенное к диоду напряжение равно 0,5 В. Пользуясь упрощенным уравнением ВАХ диода, найти отношение прямого тока к обратному при комнатной температуре.

Ответ:  $22,5 \cdot 10^7$ .

5. По выходным характеристикам транзистора определить параметры  $h_{11Э}$  и  $h_{12Э}$  в рабочей точке с напряжениями  $U_{БЭ} = 350 \text{ мВ}$  и  $U_{КЭ} = 5 \text{ В}$ .

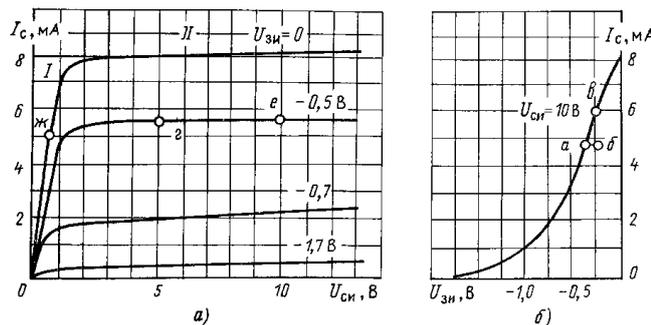


Ответ:  $h_{11Э} = 700 \text{ Ом}$ ;  $h_{12Э} = 6 \cdot 10^{-3}$

6. Найти изменение коэффициента передачи тока базы и изменение фазы выходного тока транзистора в схеме с ОЭ на частоте 150 кГц, если предельная частота этого транзистора для схемы с ОЭ составляет 100 кГц.

Ответ: 0,554;  $-56^\circ 20'$

7. Полевой транзистор с  $p-n$ -переходом имеет вольт-амперные характеристики, показанные на рисунке. Определить тип канала и основные параметры этого транзистора.



Ответ: канал  $n$ -типа, напряжение отсечки  $U_{отс} = -1,75 \text{ В}$ , максимальный ток стока  $I_{Снасыщ} = 8,2 \text{ мА}$ , крутизна  $S = 10 \text{ мА/В}$ , внутреннее сопротивление  $R_i = 50 \text{ кОм}$ .

8. На затворе полевого транзистора с  $p-n$ -переходом напряжение изменилось на 0,5 В. При этом для обеспечения постоянства тока стока потребовалось изменить напряжение стока на 20 В. Определить крутизну характеристики, если внутреннее сопротивление прибора 0,2 МОм.

Ответ:  $S = 0,2 \text{ мА/В}$

9. Изменение анодного тока  $\Delta I_a = 4$  мА получается в триоде либо путем анодного напряжения  $\Delta U_a = 50$  В, либо путем изменения сеточного напряжения  $\Delta U_c = 1,25$  В. Определить крутизну характеристики, внутреннее сопротивление и статический коэффициент усиления.

Ответ:  $S = 3,2$  мА/В;  $R_i = 12,5$  кОм;  $\mu = 40$

10. В газоразрядной трубке находится газ под давлением. Электроды расположены на расстоянии  $d = 5$  мм друг от друга. Трубка помещена в однородное электрическое поле. Пробой наступает при 400 В. Определить коэффициент первичной ионизации  $\alpha$  и коэффициент умножения  $\beta$  при напряжении 200 В и расстоянии между электродами 2,5 мм в том же самом приборе, если коэффициент вторичной эмиссии  $\gamma = 0,02$ .

Ответ:  $\alpha = 7,82$  см<sup>-1</sup>;  $\beta = 8,03$

## 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

2. Основные параметры и свойства полупроводников.
3. Электропроводность полупроводников и явления переноса зарядов.
4. Разновидности электрических переходов и контактов.
5. Переход между полупроводниками с одним типом электропроводности. Принцип действия. ( $p^+ - p$ ,  $n^+ - n$ ). Энергетическая диаграмма.
6.  $p-i$ ,  $n-i$  - переход. Принцип действия. Энергетическая диаграмма.
7. Выпрямляющий контакт металл – полупроводник.
8. Омический контакт металл – полупроводник.
9. Анизотипные гетеропереходы.
10. Изотипные гетеропереходы.
11. Классификация электронно-дырочных переходов.
12. Электронно-дырочный переход. Принцип действия. Энергетическая диаграмма
13. Прямое включение  $p$ - $n$ -перехода.
14. Обратное включение  $p$ - $n$ -перехода.
15. Теоретическая вольт-амперная характеристика (ВАХ)  $p$ - $n$ -перехода.
16. Реальная ВАХ  $p$ - $n$ -перехода.
17. Лавинный пробой  $p$ - $n$ -перехода.
18. Туннельный пробой  $p$ - $n$ -перехода.
19. Тепловой пробой  $p$ - $n$ -перехода.
20. Эквивалентные схемы  $p$ - $n$ -перехода.
21. Барьерная емкость  $p$ - $n$ -перехода.
22. Диффузионная емкость  $p$ - $n$ -перехода.
23. Особенности переходных процессов в  $p$ - $n$ -переходе.
24. Частотные свойства  $p$ - $n$ -перехода.
25. Идеальная МДП-структура.
26. Режимы смещения МДП-структуры (полупроводник  $p$ -типа).
27. Режимы смещения МДП-структуры (полупроводник  $n$ -типа).
28. Понятие сильной и слабой инверсии. Пороговое напряжение
29. Емкость идеальной МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.
30. Компоненты заряда в реальном диоксиде кремния. Влияние заряда в реальной двуокиси кремния на вольт-фарадную характеристику МДП-структуры
31. МДП-структура с сильно-легированной областью.
32. Классификация полупроводниковых диодов.
33. Основные параметры диодов.
34. Выпрямительные диоды.
35. Стабилитроны и стабисторы

36. Варикапы.
37. Туннельные и обращенные диоды.
38. Импульсные диоды. Диоды с накоплением заряда
39. СВЧ-, ВЧ-диоды.  $p-i-n$ -диоды. Диоды Шотки
40. Структура и схемы включения биполярного транзистора (БТ).
41. Основные режимы работы БТ.
42. Принцип действия БТ (схема с ОЭ, ОБ).
43. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общей базой (входные, выходные)
44. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (входные, выходные)
45. Эквивалентные схемы транзисторов.
46. Система  $u$ -параметров
47. Система  $h$ -параметров
48. Переходные характеристики БТ
49. Работа транзистора с высокочастотными сигналами.

## 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Полевые приборы. Классификация и основные особенности.
2. Принцип действия полевого транзистора с управляющим  $p-n$ -переходом (ПТУП).
3. Статические характеристики полевого транзистора с управляющим  $p-n$ -переходом (выходные и передаточные).
4. Малосигнальная эквивалентная схема ПТУП.
5. Полевой транзистор Шотки, его статические характеристики.
6. МДП-транзистор с индуцированным каналом.
7. МДП-транзистор с встроенным каналом.
8. Статические характеристики МДП-транзисторов с встроенным каналом.
9. Статические характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом.
10. Эквивалентная схема МДП-транзистора.
11. Устройство и принцип действия тиристора
12. Процессы, происходящие в тиристоре при обратном включении
13. Процессы, происходящие в тиристоре при прямом включении
14. Способы включения тиристора.
15. ВАХ тиристора, ее основные участки.
16. Способы выключения тиристора.
17. Эмиссия. Виды эмиссии в твердых телах.
18. Автоэлектронная эмиссия.
19. Взрывная эмиссия.
20. Фотоэлектронная эмиссия.
21. Вторично-электронная эмиссия.
22. Классификация электровакуумных приборов и их устройство.
23. Термокатоды, фотокатоды, диоды.
24. Аноды. Сетки и сеточные токи.
25. Электровакуумные диоды. Принцип действия. Характеристики. Параметры.
26. Электровакуумные триоды. Принцип действия. Характеристики. Параметры.
27. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.
28. Типы электронных пучков, их основные характеристики.
29. Физические модели электронных потоков.
30. Системы формирования электронного потока.
31. Электронный прожектор.
32. Фокусирующие системы. Электростатические и магнитные электронные линзы.

33. Электростатические и магнитные отклоняющие системы.
34. Экраны электронно-лучевых трубок.
35. Особенности электронно-лучевых приборов различного назначения.
36. Осциллографическая трубка.
37. Кинескоп
38. Электрические явления в газах.
39. Виды электрических разрядов в газах.
40. Несамостоятельный и самостоятельный разряд.
41. Тлеющий разряд.
42. Дуговой разряд.
43. Искровой разряд.
44. Коронный разряд.
45. Высокочастотный разряд.
46. Особенности газоразрядных приборов различного назначения.
47. Газоразрядные индикаторные панели, их разновидности, принцип работы, режимы работы
48. Плазменные дисплеи и телевизионные экраны
49. Импульсный водородный тиратрон
50. Игнитрон

### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 15 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 15. Оценка знаний студентов производится по следующему критерию:

- оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

- оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 15 баллов.

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Оценка знаний студентов производится по следующему критерию:

- оценка «отлично» выставляется, если на все вопросы даны отличные ответы или 2 вопроса из 3-х оценены на «отлично», а 1 вопрос – на «хорошо»;

- оценка «хорошо» выставляется, если 2 вопроса оценены на «отлично» или «хорошо», а 1 вопрос – на «удовлетворительно»;

- оценка «удовлетворительно» выставляется, если 2 вопроса оценены на «удовлетворительно» или один из вопросов оценен на «неудовлетворительно» при любых оценках на оставшиеся вопросы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если более 1-го вопроса оценены на «неудовлетворительно».

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Фундаментальная система	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных

	уравнений физики полупроводниковых приборов		работ, устный опрос
2	Контактные явления в полупроводниках	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
3	Полупроводниковые диоды	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
4	Биполярные транзисторы	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
5	Тиристоры	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
6	Полевые приборы	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
7	Физические основы эмиссионной электроники	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
8	Электронные потоки в вакууме, их формирование и транспортировка	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
9	Физические основы газоразрядной электроники	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>Основная литература</b>				
1	Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В.	Физические основы электроники [Электрон. ресурс]: учебн. пособие - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2013. - 560 с. Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856</a>	2013. Электронный ресурс	1
2	Свистова Т.В.	Вакуумная и плазменная электроника: учеб. пособие. Ч. 1 - Воронеж: ВГТУ, 2005. - 178 с.	2005. Печат.	0,79
3	Свистова Т.В.	Вакуумная и плазменная электроника: учеб. пособие. Ч. 2. - Воронеж: ВГТУ, 2005. - 103 с.	2005. Печат.	0,77
4	Свистова Т.В.	Твердотельная электроника: учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 193 с.	2006. Печат.	0,94
5	Свистова Т.В.	Твердотельная электроника: учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 173 с.	2006. Печат.	0,94
6	Свистова Т.В.	Приборы твердотельной электроники [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Электрон. текстовые, граф. дан. (11,9 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012.	2012. Электронный ресурс	1
<b>Дополнительная литература</b>				
1	Щука А.А.	Электроника: учеб. пособие / А. А. Щука; под ред. А.С.Сигова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.	2005. Печат	0,28
2	Тугов, Н.М, Глебов Б.А., Чарыков Н.А.	Полупроводниковые приборы: учеб. пособие / Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков; Под ред. В.А.Лабунцова. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576с.	1990. Печат.	1
3	Пасынков В.В., Чиркин Л.К.	Полупроводниковые приборы: Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб.: Лань, 2003. - 480 с.	2003. Печат.	0,05
4	Терехов, В.А.	Задачник по электронным приборам. - СПб.: Лань, 2003. - 280 с	2003. Печат.	0,43
<b>Методические разработки</b>				
1	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения. Ч. 1. / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Т.В. Свистова. Воронеж, 2016. 36 с. ( <b>№ 107-2016</b> )	2016. Электронный ресурс	1,0
2	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения. Ч. 2 / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Т.В.	2016. Электронный ресурс	1,0

		Свистова. Воронеж, 2016. 63 с. (№ 108-2016)		
4	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению контрольной работы № 1 по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и нанoeлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Т.В. Свистова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2013. 33 с. (№ 116-2013)	2013. Электронный ресурс	1,0
4	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению контрольной работы № 2 по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и нанoeлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Т.В. Свистова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2013. 20 с. (№ 206-2013)	2013. Электронный ресурс	1,0
5	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1 - 2 по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и нанoeлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Т.В. Свистова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2013. 43 с. (№ 115-2013).	2013. Электронный ресурс	1,0
6	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3 - 5 по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и нанoeлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Т.В. Свистова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2013. 44 с. (№ 207-2013)	2013. Электронный ресурс	1,0

## **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/>

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista.

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, Fire-Fox, LabVIEW, Elektronik Workbench.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Учебное, научное и технологическое оборудование кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

## 10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы электроники» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета устройств функциональной электроники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проектирования студенты должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение

	задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1		31.08.2018	
2		31.08.2019	
3		31.08.2020	