

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

Авторы-составители: **Вольхин Игорь Львович**
Лунегов Игорь Владимирович

Рабочая программа дисциплины
ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Код УМК 81422

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Твердотельная электроника

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **03.03.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Твердотельная электроника** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и нанoeлектроника)

ПК.1 Способен к техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры

Индикаторы

ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры

ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры

ПК.2 Способен разрабатывать электрические схемы и техническую документацию на радиоэлектронные средства различного назначения

Индикаторы

ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	6
Объем дисциплины (ак.час.)	216
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	84
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	0
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	42
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (5)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Твердотельная электроника. Первый семестр

В дисциплине "Твердотельная электроника" представлены разделы:

1. Зонная теория твердых тел.
2. Полупроводниковые диоды.
3. Биполярные транзисторы.
4. Тиристоры.
5. Полевые транзисторы.
6. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью.
7. Интегральные микросхемы.
8. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.
9. Терморезисторы.
10. Подготовка к экзамену.

Зонная теория твердых тел

В разделе "Зонная теория твердых тел" представлена:

Лекция "Зонная теория твердых тел" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Образование энергетических зон.
2. Энергетические диаграммы металлов, полупроводников и диэлектриков.
3. Электропроводность металлов.
4. Электропроводность собственных полупроводников.
5. Электропроводность примесных полупроводников.

Полупроводниковые диоды

В разделе полупроводниковые диоды подробно рассмотрены:

1. Контактные явления.
2. р-п-переход.
3. Барьерная емкость р-п-перехода.
4. Гетеропереходы.
5. Контакты металл-полупроводник.
6. Виды полупроводниковых диодов.

Контактные явления

В теме "Контактные явления" представлены:

1. Классификация электрических контактов твердых тел.
2. Переходы металл-металл.
3. Переходы металл-полупроводник.
4. Основные способы создания р-п-переходов.

р-п-переход

В теме "р-п-переход" представлены:

Лекция "р-п-переход" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Образование р-п-гомоперехода.
2. Зонная диаграмма р-п-перехода в состоянии термодинамического равновесия.
3. Соотношения концентраций носителей заряда одного знака по обе стороны р-п-перехода.
4. Прямое смещение р-п-перехода.
5. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода идеального и реального.
6. Виды пробоя р-п-перехода: лавинный, туннельный и тепловой.

Лабораторная работа "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" в которой

приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Барьерная емкость р-п-перехода

В теме "Барьерная емкость р-п-перехода" представлены:

Лекция "Барьерная емкость р-п-перехода" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Барьерная емкость р-п-перехода как проявление токов смещения.
2. Общее соотношение для барьерной емкости р-п-перехода.
3. Соотношения для барьерной емкости различных р-п- переходов.
4. Вариакпы.

Лабораторная работа "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Переходные процессы в полупроводниковых диодах

В теме "Переходные процессы в полупроводниковых диодах " представлены:

Лекция "Переходные процессы в полупроводниковых диодах" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Переходные процессы в полупроводниковом диоде с р-п-переходом.
2. Переходные процессы при малых напряжениях.
3. Диффузионная емкость р-п-перехода.
4. Переходные процессы при большом импульсе напряжения.

Лабораторная работа "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Гетеропереходы

В теме "Гетеропереходы" представлена:

Лекция "Гетеропереходы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Классификация гетеропереходов.
2. Анизотипные гетеропереходы.
3. Изотипные гетеропереходы.

Контакты металл-полупроводник

В теме "Контакты металл-полупроводник" представлена:

Лекция "Контакты металл-полупроводник" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник.
2. Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник.

3. Омические контакты металл-полупроводник.
4. Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник.

Виды полупроводниковых диодов

В теме "Виды полупроводниковых диодов" представлена:

Лекция "Виды полупроводниковых диодов" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник.
2. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды.
3. Импульсные диоды.
4. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления.
5. Диоды Шоттки.
6. p-i-n-диоды.
7. Стабилитроны.
8. Стабисторы.
9. Шумовые диоды.
10. Туннельные диоды.
11. Обращенные диоды.
12. Варикапы.
13. Лавинно-пролетный диод.
14. Диод Ганна.

Биполярные транзисторы

В разделе "Биполярный транзистор" представлены:

Лекция "Биполярный транзистор" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Биполярные транзисторы с управляемым p-n-переходом.
2. Три схемы включения транзистора.
3. Зонные диаграммы биполярного транзистора.
4. Частотные свойства биполярного транзистора.
5. Типы биполярных транзисторов.
6. Технологии изготовления транзисторов.

Лабораторная работа "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Тиристоры

В разделе "Тиристоры" представлены:

Лекция "Тиристоры" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Полупроводниковые четырехслойные структуры типа p-n-p-n.
2. Зонная диаграмма диодного тиристора.
3. Схема включения и вольт-амперная характеристика динистора.
4. Физические процессы в динисторе.
5. Физические процессы в тринисторе.

Лабораторная работа "Исследование статических характеристик тринисторов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.

2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Полевые транзисторы

В разделе полевые транзисторы подробно рассмотрены:

1. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом.
2. Полевые транзисторы с изолированным затвором.

Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом

В теме "Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом" представлены:

Лекция "Полевые транзисторы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Конструкция и принцип действия полевого транзистора.
2. Вольт-амперные характеристики полевых транзисторов.
3. Основные параметры полевого транзистора.
4. Три схемы включения полевого транзистора.

Лабораторная работа "Изучение статических характеристик полевых транзисторов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Полевые транзисторы с изолированным затвором

В теме "Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом" представлены:

Лекция "Полевой транзистор с изолированным затвором" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Принцип работы МДП-транзистора с индуцированным п-каналом.
2. Характеристики МДП-транзистора с индуцированным п-каналом.
3. Характеристики МДП-транзистора со встроенным каналом.
4. Параметры МДП-транзистора в режиме малого сигнала.
5. Конструктивные реализации МДП-транзистора.
6. МДП-транзисторы большой мощности.
7. Биполярный транзистор с изолированным затвором.
8. Полевой транзистор со статической индукцией.

Полупроводниковые приборы с зарядовой связью

В разделе "Полупроводниковые приборы с зарядовой связью" представлена:

Лекция "Зонная теория твердых тел" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Структура и принцип действия приборов с зарядовой связью.
2. Параметры приборов с зарядовой связью.
3. Применение приборов с зарядовой связью.

Интегральные микросхемы

В разделе "Интегральные микросхемы" представлена:

Лекция "Интегральные микросхемы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Классификация изделий микроэлектроники. Термины и определения.
2. Пленочные проводниковые соединения и контакты.
3. способы электрической изоляции элементов полупроводниковых интегральных схем.
4. Активные элементы интегральных схем.

5. Пассивные элементы интегральных схем.

Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

В разделе оптоэлектронные полупроводниковые приборы:

1. Фотозлектронные приборы.
2. Оптоэлектронные приборы.

Фотозлектронные приборы

В теме "Фотозлектронные приборы" представлены:

Лекция "Фотозлектронные приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Единицы измерения световых величин.
2. Фоторезистивный эффект.
 - 2.1. Поглощение света в полупроводниках.
 - 2.2. Фотопроводимость полупроводников.
 - 2.3. Спектральная зависимость фотопроводимости
 - 2.4. Фоторезисторы.
 - 2.5. Основные характеристики и параметры фоторезисторов.
3. Фотоэлектрические свойства р-п-перехода .
 - 3.1. Воздействие света на р-п-переход.
 - 3.2. Фотодиоды.
 - 3.3. Полупроводниковые фотоэлементы
 - 3.4. Биполярный фототранзистор.

Лабораторная работа "Изучение фотозлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Оптоэлектронные приборы

В теме "Оптоэлектронные приборы" представлены:

Лекция "Оптоэлектронные приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Принцип действия светодиода.
2. Полупроводниковые материалы светоизлучающих диодов.
3. Светодиод на основе гетероперехода .
4. Светодиод на основе многослойных гетероструктур .
5. Внешний квантовый выход и яркость свечения диода.
6. Основные параметры светоизлучающих диодов.
7. Оптопары.
8. Основные параметры оптопар.

Лабораторная работа "Исследование оптоэлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Терморезисторы

В разделе "Терморезисторы" представлены:

Лекция "Терморезисторы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Температурная зависимость электропроводимости металлов.
2. Температурная зависимость электропроводимости полупроводников и диэлектриков.
3. Параметры и характеристики терморезисторов.

Лабораторная работа "Изучение статических характеристик терморезисторов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Подготовка к экзамену

В разделе подготовка к экзамену приведен список экзаменационных вопросов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ажеганов А. С., Вольхин И. Л. Полупроводниковая электроника: курс лекций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Радиофизика", "Нанотехнологии и микросистемная техника" и специальности "Информационная безопасность автоматизированных систем"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин.-Пермь,2015.-1. <http://k.psu.ru/library/node/314928>
2. Полупроводниковая электроника. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов физ. фак., обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1925-2.-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/29399>

Дополнительная:

1. Твердотельная электроника: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроника и микроэлектроника"/Э. Н. Воронков [и др.]-Москва: Академия,2009, ISBN 978-5-7695-4618-1.-320.
2. Квантовая и полупроводниковая электроника: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3032-5.-167.-Библиогр. в конце разд. <https://elis.psu.ru/node/494001>
3. Полупроводниковая электроника. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1925-2.-172.-Библиогр. в конце работ
4. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для студентов вузов/В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин.-Санкт-Петербург: Лань,2006, ISBN 5-8114-0368-2.-480.-Библиогр.: с. 460
5. Ажеганов А. С., Вольхин И. Л., Шестакова Н. К. Квантовая и полупроводниковая электроника: курс лекций: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин, Н. К. Шестакова.- Пермь: ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3213-8.-159. <https://elis.psu.ru/node/557330>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

www.radiolibrary.ru Радиобиблиотека

esxema.ru Электронные схемы

<https://go-radio.ru/> Начинающим радиолюбителям

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Твердотельная электроника** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
2. Программы для демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
3. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome».
4. Офисный пакет приложений «LibreOffice»

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться компьютерное и мультимедийное оборудование: лекции готовятся в формате презентаций (MS Power Point), где отражаются ключевые содержательные моменты материалов курса. Аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, оснащенная презентационной техникой:

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел)

Аудитория для лабораторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории твердотельной электроники. Учебные места

лаборатории:

1. Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов
2. Изучение барьерной емкости р-п-перехода
3. Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах
4. Изучение статических характеристик биполярных транзисторов
5. Изучение статических характеристик полевых транзисторов
6. Изучение статических характеристик тиристорov
7. Изучение фотоэлектронных приборов
8. Исследование оптоэлектронных приборов
9. Изучение статических характеристик терморезисторов

Техническое оснащение лаборатории твердотельной электроники представлено в паспорте лаборатории

.Аудитория для текущего контроля:

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел)

Аудитория для индивидуальных (групповых) консультаций:

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел)

Аудитория для самостоятельной работы:

- 1) компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», с доступом в электронную информационно-образовательную среду ПГНИУ;
- 2) помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Твердотельная электроника**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен к техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры</p>	<p>знать теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры; уметь тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; владеть навыками исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры; Не умеет тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; Не владеет навыками исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при анализе работы радиоэлектронной аппаратуры; Демонстрирует частично сформированное умение тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры, однако имеются отдельные пробелы в области применимости приборов для ее тестирования; Умеет уверенно тестировать основные виды радиоэлектронной аппаратуры, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>экспериментального исследования основных характеристик различных типов радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основы теории работы радиоэлектронной аппаратуры, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; Умеет уверенно тестировать основные виды радиоэлектронной аппаратуры, использует дополнительные источники информации при тестировании радиоэлектронной аппаратуры, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры</p>	<p>знать теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры; уметь тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; владеть навыками исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры; Не умеет тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; Не владеет навыками исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>предположений, используемых при анализе работы радиоэлектронной аппаратуры; Демонстрирует частично сформированное умение тестировать работу радиоэлектронной аппаратуры; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы работы радиоэлектронной аппаратуры, однако имеются отдельные пробелы в области применимости приборов для ее тестирования; Умеет уверенно тестировать основные виды радиоэлектронной аппаратуры, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основы теории работы радиоэлектронной аппаратуры, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; Умеет уверенно тестировать основные виды радиоэлектронной аппаратуры, использует дополнительные источники информации при тестировании радиоэлектронной аппаратуры, может объяснить в следствие каких причин</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов радиоэлектронной аппаратуры, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>

ПК.2

Способен разрабатывать электрические схемы и техническую документацию на радиоэлектронные средства различного назначения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>знать основы теории работы полупроводниковых приборов; уметь обрабатывать первичные результаты эксперимента; владеть навыками исследования основных характеристик полупроводниковых приборов.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основы теории работы полупроводниковых приборов; не умеет обрабатывать первичные результаты эксперимента; не владеет навыками исследования основных характеристик полупроводниковых приборов.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно основы теории работы полупроводниковых приборов, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при анализе работы полупроводниковых приборов; Демонстрирует частично сформированное умение изображать вольт-амперные характеристики различных типов полупроводниковых приборов идеальные и реальные, не может указать масштабы по осям графиков; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов полупроводниковых приборов, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно основы теории работы полупроводниковых приборов, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; Умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов полупроводниковых приборов идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик на различных участках характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов полупроводниковых диодов может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основы теории работы полупроводниковых приборов, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; Умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов полупроводниковых диодов идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик на различных участках характеристик; Владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично полупроводниковых приборов, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Контактные явления Входное тестирование	Основные единицы измерения в системе СИ, основы высшей математики, основы радиоэлектроники, основы физики твёрдого тела.
ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств	p-n-переход Защищаемое контрольное мероприятие	знание основ зонной теории твердых тел; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; навыки исследования основных характеристик полупроводниковых диодов.
ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств	Барьерная емкость p-n-перехода Защищаемое контрольное мероприятие	знание основ теории работы полупроводниковых диодов; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; навыки исследования основных характеристик полупроводниковых диодов.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>Переходные процессы в полупроводниковых диодах</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание основ теории переходных процессов в полупроводниковых диодах; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; владение навыками экспериментального исследования переходных процессов в полупроводниковых диодах.</p>
<p>ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>Биполярные транзисторы</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание основ теории работы биполярных транзисторов; умение обрабатывать первичные результаты эксперимента; навыки исследования основных характеристик биполярных транзисторов.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Тестирует работу радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.1.3 Понимает принципы работы современной радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК.2.3 Разрабатывает и испытывает макеты составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>Подготовка к экзамену</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>основы зонной теории твердого тела; знание: фундаментальных физические процессов, определяющих принципы работы полупроводниковых электронных приборов; основные параметры и характеристики полупроводниковых диодов, транзисторов, интегральных микросхем, оптоэлектронных и фотоэлектронных приборов и терморезисторов; устройство и основные методы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; условия обеспечения необходимых режимов работы и полного использования возможностей приборов; типовые схемотехнические решения, реализующие аналоговые и цифровые функции; тенденции и перспективы развития полупроводниковой электроники; умение: математически описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых приборов, и на основе полученных соотношений корректно рассчитать их параметры; понимание принципов построения и функционирования схем экспериментальных установок на основе знаний физических процессов в полупроводниковых приборах, их параметров и характеристик; умение применять знания принципа действия, параметров и характеристик полупроводниковых приборов при выборе и использовании измерительной аппаратуры для сбора электрических схем экспериментальных установок и проведения экспериментов по заданной методике; правильно использовать терминологию в области электроники; получать знания из различных источников: лекций, учебников, научно-технической литературы,</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		справочников и Интернет-ресурсов; владение: навыками работы с современными радиоизмерительными приборами и основными элементами полупроводниковой электроники; методами измерения статических и динамических параметров полупроводниковых приборов.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Контактные явления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на первый вопрос	10
Ответ на второй вопрос	10
Ответ на третий вопрос	10
Ответ на четвёртый вопрос	10
Ответ на восьмой вопрос	10
Ответ на десятый вопрос	10
Ответ на пятый вопрос	10
Ответ на шестой вопрос	10
Ответ на седьмой вопрос	10
Ответ на девятый вопрос	10

p-n-переход

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов": Зонная диаграмма и токи в обратносмещенном p-n - переходе. Вольтамперная характеристика p-n - перехода: идеальная и реальная. Их отличия на прямой и обратной ветви ВАХ. Температурная зависимость ВАХ.	2

Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" из 10 заданий выполнено 10.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов": Основные виды донорных и акцепторных примесей. Устройство полупроводникового диода. Зонная диаграмма p-n - перехода в состоянии термодинамического равновесия. Симметричные и несимметричные p-n - переходы. Резкие и плавные p-n - переходы Область базы и область эмиттера. Эмиттеры электронов и дырок. Концентрации акцепторных и донорных примесей в эмиттерах и базах.	2
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" из 7 заданий выполнено 7.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов": Типы, структуры и основные характеристики полупроводниковых диодов. Применение полупроводниковых диодов. Объяснить полученные графики ВАХ диодов.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов": Искривление энергетических зон в p-n - переходе, ширина p-n - перехода, высота потенциального барьера, электрическое поле в p-n - переходе, контактная разность потенциалов. Диффузионный и дрейфовый токи. Принцип детального равновесия. Зонная диаграмма и токи в прямосмещенном p-n - переходе.	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов": Какие энергетические уровни может занимать электрон в изолированном атоме? Переход линейчатого спектра энергий в непрерывный при выходе электрона из атома. Образование энергетических зон в твердых телах. Зонные диаграммы металлов (с проводимостью p - типа, n - типа и смешанного типа проводимости), полупроводников (собственных, примесных, скомпенсированных, вырожденных) и диэлектриков. Уровень энергии Ферми. Зависимость положения уровня Ферми от температуры в металлах и полупроводниках (собственных, примесных, скомпенсированных, вырожденных). Основные и неосновные типы носителей заряда в примесных полупроводниках. Зависимость их концентрации от температуры. Температура полной ионизации примеси и температура вырождения примеси. Основные полупроводниковые материалы, используемые при изготовлении p-n - переходов: германий, кремний и арсенид галлия. Структура их кристаллических решеток. Ширина запрещенной зоны в электорн-вольтах.	1
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" из 10 заданий выполнено 7 или 8, или 9.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" из 7 заданий выполнено 5 или 6.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование статических характеристик полупроводниковых диодов" .	1

Барьерная емкость p-n-перехода

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" из 4 заданий выполнено 4.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода": Основные параметры варикапа; Методика измерения вольт-фарадных характеристик	2
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" из 8 заданий выполнено 8.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода": Формула барьерной емкости плоского одномерного р-п - перехода с линейным распределением концентрации примесей; Конструкция и принцип действия варикапа.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода": Схема установки для измерения барьерной емкости; Объяснить полученные графики.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" из 4 заданий выполнено 3.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" из 8 заданий выполнено 5, или 6, или 7.	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода": Общее соотношение для барьерной емкости р-п - перехода; Формула барьерной емкости плоского одномерного резкого несимметричного р-п - перехода.	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение барьерной емкости р-п-перехода": Какие виды емкостей имеет р-п - переход при прямом и обратном включении; Барьерная емкость р-п - перехода как проявление токов смещения.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение барьерной емкости р-п-перехода" .	1

Переходные процессы в полупроводниковых диодах

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах" из 6 заданий выполнено 6.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах": Какие емкости диодов необходимо учитывать при	2

переходном процессе? В какой области диода в эмиттере или базе происходит накопление заряда и почему?	
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах":Сравнить время переходного процесса в выпрямительных и импульсных диодах; Объяснить полученные графики.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах" из 5 заданий выполнено 5.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах":Нарисовать осциллограмму переходного процесса и объяснить, как определяются времена высокой обратной проводимости и восстановления обратного сопротивления;Каким образом можно уменьшить время переходного процесса?	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах":Как происходит накопление и рассасывание заряда при переходном процессе?Каковы механизмы рассасывания заряда в базе при переключении диода с прямого включения на обратное?	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах":Как возникает барьерная емкость р–n-перехода? Как возникает диффузионная емкость р–n-перехода?	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах" из 6 заданий выполнено 4, или 5.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах".	1
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение переходных процессов в полупроводниковых диодах" из 5 заданий выполнено 4.	1

Биполярные транзисторы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов" из 4 заданий выполнено 4.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов":Коэффициент передачи эмиттерного тока в коллектор;Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с ОБ;Зонная диаграмма бездрейфового транзистора, включенного по схеме с ОЭ в активном режиме.	2

Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов": Зонная диаграмма бездрейфового и дрейфового транзисторов в состоянии термодинамического равновесия; Зонная диаграмма бездрейфового транзистора, включенного по схеме с ОБ в активном режиме.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов": Три схемы включения транзистора; Механизмы переноса носителей через базу транзистора.	2
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов" из 6 заданий выполнено 6.	2
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов": Коэффициент передачи базового тока в коллектор бета; Связь между альфа и бета; Объяснить полученные графики.	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов": Коэффициент передачи эмиттерного тока в коллектор альфа; Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с ОБ; Зонная диаграмма бездрейфового транзистора, включенного по схеме с ОЭ в активном режиме.	1
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов" из 4 заданий выполнено 3.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов" из 6 заданий выполнено 4 или 5.	1
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение статических характеристик биполярных транзисторов": Структурная схема и схемотехническое обозначение биполярного транзистора р-п-р и п-р-п - типа, напряжения на выводах транзистора и токи, текущие через транзистор; Четыре режима работы транзистора.	1

Подготовка к экзамену

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на первый вопрос экзаменационного билета.	10
Ответ на второй вопрос экзаменационного билета.	10
Ответы на вопросы блиц-опроса	10
Наличие конспекта лекций и самостоятельная работа в течение периода обучения	5
Контроль лабораторного журнала и самостоятельной работы студента.	5