МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

А.В. Корячко

Твердотельная электроника

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электронных приборов**

Учебный план 11.03.04_23_00.plx
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**5 (3.1)**		Итого	
Недель	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	40	40	40	40
Лабораторные	32	32	32	32
Практические	8	8	8	8
Иная контактная работа	0,65	0,65	0,65	0,65
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	82,65	82,65	82,65	82,65
Контактная работа	82,65	82,65	82,65	82,65
Сам. работа	64,3	64,3	64,3	64,3
Часы на контроль	53,35	53,35	53,35	53,35
Письменная работа на курсе	15,7	15,7	15,7	15,7
Итого	216	216	216	216

г. Рязань

Программу составил(и):
к.т.н., доц., Базылев Виктор Кузьмич

Рабочая программа дисциплины
Твердотельная электроника

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:
11.03.04 Электроника и наноэлектроника
утвержденного учёным советом вуза от 28.04.2023 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от 26.05.2023 г. № 5
Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.
Зав. кафедрой Чиркин Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от __ _____ 2024 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от __ _____ 2025 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от __ _____ 2026 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от __ _____ 2027 г. № __

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Подготовка студентов к решению задач, связанных с проектной, научно-исследовательской и производственно-технологической деятельностью в области создания и применения приборов твердотельной электроники.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	- изучение физики работы приборов твердотельной электроники;
1.4	- изучение функциональных возможностей и схемных применений приборов твердотельной электроники;
1.5	- изучение методов проектирования приборов твердотельной электроники;
1.6	- получение навыков научно-исследовательской и инженерной работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Производственная практика
2.2.2	Схемотехника
2.2.3	Тепловые процессы в электронике
2.2.4	Электромагнитные поля и волны. Ч.2
2.2.5	Лазерные и волоконно-оптические устройства
2.2.6	Микроволновые приборы и устройства
2.2.7	Научно-исследовательская практика
2.2.8	Электронные и ионные приборы
2.2.9	Электронные устройства отображения информации
2.2.10	Электронные цепи и сигналы
2.2.11	Элементы электронной техники
2.2.12	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.13	Лазерные технологии в промышленности
2.2.14	Микропроцессоры в электронных устройствах
2.2.15	Преддипломная практика
2.2.16	Производственная практика
2.2.17	Световые технологии

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-1: Способен строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования и проводить анализ результатов

ПК-1.1. Проводит моделирование и исследования функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

Знать
основные способы преобразования сигналов и принципы построения устройств твердотельной электроники, реализующих эти способы.
Уметь
исследовать и эксплуатировать основные типы твердотельных приборов.
Владеть
основными подходами к методам разработки устройств твердотельной электроники различного назначения.

ПК-2: Способен анализировать, систематизировать и обобщать результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

ПК-2.1. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений

Знать основные принципы построения моделей процессов, схем и устройств твердотельной электроники и программные продукты, обеспечивающие компьютерную реализацию этих принципов. **Уметь** выбирать оптимальные модели решения конкретных задач. **Владеть** методами решения конкретных задач.
ПК-2.2. Систематизирует и обобщает результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, представляет материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Знать способы анализа и систематизации результатов исследований, формы их представления. **Уметь** выбирать оптимальные, профессионально ориентированные способы представления информации. **Владеть** навыками работы с современной измерительной и вычислительной техникой при расчете и анализе электрических цепей, элементами которых являются твердотельные приборы.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	вольт-амперные характеристики твердотельных приборов; основные методы измерения электрических характеристик твердотельных приборов; основные подходы к построению физических и математических моделей твердотельных приборов и схем на их основе; методики расчета и проектирования приборов твердотельной электроники.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	использовать вольт-амперные характеристики твердотельных приборов для расчета и анализа электрических цепей; использовать современную измерительную и вычислительную технику при расчете и анализе электрических цепей, содержащих твердотельные приборы; использовать стандартные программные средства компьютерного моделирования твердотельных приборов и схем на их основе; использовать пакеты программ для расчета и проектирования приборов твердотельной электроники.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	современными пакетами программ расчета электрических цепей, содержащих твердотельные приборы; навыками работы с современной измерительной и вычислительной техникой при расчете и анализе электрических цепей, содержащих твердотельные приборы; основными способами компьютерного моделирования; практическими навыками работы с пакетами программ для расчета и проектирования приборов твердотельной электроники.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1.					
1.1	Введение. Основные сведения по физике полупроводников /Тема/	5	0			

1.2	Энергетические зоны в металле, диэлектрике, полупроводнике. Генерация подвижных носителей заряда в полупроводниках (собственном, электронном, дырочном). Рекомбинация подвижных носителей тока в полупроводниках: зона-зона, зона-примесь, излучательная, безызлучательная, прямые и непрямые переходы, рекомбинация на поверхности. Соотношение между концентрациями носителей в полупроводниках в равновесных условиях. Неравновесные носители в полупроводниках, понятия времени жизни носителей и диффузионной длины, зависимость времени жизни от концентрации примесей и дефектов, температуры. Статистика подвижных носителей заряда в полупроводниках: функция Ферми, функция плотности состояний, распределение электронов и дырок по энергиям в собственном и примесных полупроводниках, положение уровня Ферми в собственном и примесных полупроводниках, вырожденные полупроводники.Температурная зависимость концентрации носителей в собственном и примесных полупроводниках. Токи, связанные с движением носителей в полупроводниках: дрейфовый ток, понятие подвижности, механизмы рассеяния носителей в слабых и сильных полях, проводимость и ее зависимость от температуры, диффузионный ток. /Лек/	5	6	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.3	Дрейфовый ток. Подвижность носителей. Механизмы рассеяния. Диффузионный ток. Изучение конспекта лекций. /Ср/	5	12	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.4	Электрические переходы /Тема/	5	0			
1.5	Виды электрических переходов. Физика образования p-n-перехода. Вывод выражения для контактной разности потенциалов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в ОПЗ. Длина ОПЗ. Контакт металла с полупроводником. Идеализированный выпрямляющий переход металл-полупроводник. Выпрямляющий переход металл-полупроводник n-типа. Выпрямляющий переход металл-полупроводник p-типа. Омические (невыпрямляющие) переходы металл-полупроводник. Гетеропереходы. Классификация гетеропереходов. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции в гетеропереходах. /Лек/	5	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен

1.6	Энергетические зонные диаграммы собственного и примесного полупроводников. Диффузионный и дрейфовый токи. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Омические переходы металл-полупроводник. Изучение конспекта лекций. /Ср/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.7	Энергетические зонные диаграммы p-n перехода. /Пр/	5	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.8	Полупроводниковые диоды /Тема/	5	0			
1.9	Структура диода, обозначение в электрических схемах, маркировка. Идеализированная вольт-амперная характеристика полупроводникового диода с толстой (широкой) базой в режиме малых токов (вывод выражения ВАХ на основе соотношения потоков основных и неосновных носителей). Вывод ВАХ диода с толстой или тонкой базой на основе уравнения непрерывности в режиме малых токов для случаев тонкой и толстой базы. Реальная вольт-амперная характеристика диода на прямой ветви с учетом рекомбинации носителей заряда в ОПЗ, высокого уровня инжекции (варианты для толстой и тонкой базы), сопротивления базы. Обратная ветвь реальной вольт-амперной характеристики диода. Ток генерации. Ток, связанный с инверсией типа проводимости вблизи границы кремний-окись кремния. Пробой p-n перехода (тонкая, толстая база): лавинный, тунельный, тепловой. Барьерная емкость диода. Диффузионная емкость диода. Малосигнальная эквивалентная схема диода. Эквивалентная схема диода в режиме большого сигнала. Переходные процессы в диоде. Частотная характеристика диода. Конструкции полупроводниковых диодов. Функциональные возможности полупроводниковых диодов: выпрямители, варикапы, стабилитроны, светодиоды, фотодиоды, туннельные диоды. Примеры схем применения. /Лек/	5	6	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.10	Исследование статических характеристик германиевых и кремниевых диодов при разных температурах и зависимости барьерной емкости диода от напряжения. Исследование переходных процессов в диодах, частотной характеристики выпрямления, явления электрического пробоя и его применения в стабилизаторе напряжения. /Лаб/	5	8	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен,отчет по лабораторной работе

1.11	Расчет электрической цепи, содержащей полупроводниковый диод. /Пр/	5	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.12	Пробой p-n-перехода: лавинный, туннельный, тепловой. Барьерная емкость диода. Диффузионная емкость диода. Переходные процессы в диоде. Частотная характеристика диода. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета. /Ср/	5	12,3	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.13	Биполярные транзисторы /Тема/	5	0			

1.14	Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Принцип действия транзистора, энергетические диаграммы. Распределение токов в транзисторе. Режимы работы транзистора. Распределение концентраций носителей тока в базе. Уравнение тока коллектора (вывод). Статический (интегральный) и дифференциальный (динамический) коэффициенты передачи тока эмиттера, коэффициенты инжекции, переноса, умножения (вывод). Зависимость коэффициента передачи от тока эмиттера, температуры. Инверсный коэффициент передачи тока. Вытеснение тока к краю эмиттерного перехода. Схемы включения транзисторов. Входная статическая характеристика в схеме с общей базой: эффект Эрли, зависимость от коллекторного напряжения, температуры. Выходная характеристика в схеме с общей базой: распределение концентрации неосновных носителей в базе при различных напряжениях на коллекторе, зависимость от температуры. Усиление напряжения в схеме с общей базой на примере усилителя с активной нагрузкой. Графическая иллюстрация усиления большого и малого сигнала. Статические характеристики в схеме с общим эмиттером. Входная характеристика: зависимость от напряжения коллектор-эмиттер, температуры. Выходная характеристика: объяснение хода и зависимости от температуры. Усиление напряжения и тока в схеме с общим эмиттером на примере усилителя с активной нагрузкой. Частотные характеристики транзистора: физические причины, определяющие инерционность транзистора, зависимость коэффициента передачи тока от частоты в схеме с общей базой, в схеме с общим эмиттером. Способы задания рабочей точки транзистора при усилении малого сигнала. Работа биполярного транзистора в ключевых схемах. Области безопасной работы биполярного транзистора: непрерывный и импульсный режим, физические ограничения по температуре, мощности, напряжениям на электродах. Пробой транзистора: тепловой пробой, электрический пробой, прокол. Дрейфовые транзисторы. Биполярные транзисторы на основе гетеропереходов: транзистор с широкозонным эмиттером, варизонный транзистор. Классификация транзисторов по мощности и частоте. Модели биполярных транзисторов. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. /Лек/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.15	Исследование статических вольт-амперных характеристик транзистора и его частотной характеристики в схеме с общей базой и в схеме с общим эмиттером; исследование работы биполярного транзистора в усилительной и ключевых схемах. /Лаб/	5	12	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен, отчет по лабораторной работе

1.16	Проектирование биполярного транзистора. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета. /Ср/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.17	Расчет электрической цепи, содержащей биполярный транзистор. /Пр/	5	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.18	Полевые транзисторы, IGBT-транзисторы /Тема/	5	0			

1.19	Транзисторы с управляющим p-n переходом: виды структур и принцип работы, вывод выражения для напряжения отсечки. Влияние напряжения на стоке на процессы в канале: явление смыкания переходов, распределение потенциальной энергии электрона в канале, насыщение тока стока с ростом напряжения на стоке. Выходная характеристика полевого транзистора с управляющим переходом. Переходная (сток-затворная) характеристика, зависимость от температуры. Рабочие параметры полевых транзисторов. Инерционные свойства: физические механизмы, частотная характеристика в схеме с общим истоком. Другие типы полевых транзисторов с управляющим переходом: транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник на основе арсенида галлия, транзисторы с гетероструктурой (на двумерном электронном газе), мощные полевые транзисторы со статической индукцией. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Действие электрического поля на структуру энергетических зон в структуре металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуре). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Особенности реальных МДП-структур. Структура и принцип работы полевых транзисторов с индуцированным каналом. Статические характеристики. Инерционные свойства. Структура и принцип работы полевых транзисторов с встроенным каналом. Статические характеристики. Инерционные свойства полевых транзисторов. Способы задания рабочей точки при усилении малого сигнала. Конструкции полевых транзисторов. Многоканальные структуры мощных МДП-транзисторов: DMДП, VMДП, UMДП. Работа полевого транзистора в режиме ключа на активную и реактивную нагрузки. Эквивалентные схемы и модели полевых транзисторов. Сравнительный анализ качеств биполярных и полевых транзисторов. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT): виды структур, обозначение в электрических схемах, маркировка, принцип работы, область применения. /Лек/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.20	Исследование характеристик и параметров полевых транзисторов с управляющим p-n переходом и полевых транзисторов с изолированным затвором; исследование характеристик и параметров IGBT-транзистора (биполярного транзистора с изолированным затвором). /Лаб/	5	12	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен, отчет по лабораторной работе

1.21	Проектирование полевого транзистора. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета. /Ср/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.22	Расчет электрической цепи, содержащей полевой транзистор. /Пр/	5	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.23	Тиристоры /Тема/	5	0			
1.24	Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы в процессе включения и выключения. Вольт-амперная характеристика. Эквивалентная схема. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом. Триодный тиристор. Структура и принцип действия. Вольт-амперная характеристика. Симметричный тиристор. Структура и принцип действия. Способы управления тиристорами. Примеры схем применения. /Лек/	5	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
1.25	Использование диодных, триодных тиристоров и симисторов в электронных схемах. Изучение конспекта лекций. /Ср/	5	10	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
	Раздел 2.					
2.1	ИКР /Тема/	5	0			
2.2	ИКР /ИКР/	5	0,65	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен
2.3	Кнс /Тема/	5	0			
2.4	Кнс /Кнс/	5	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен

2.5	КПКР /Тема/	5	0			
2.6	КПКР /КПКР/	5	15,7	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Защита курсового проекта
2.7	Экзамен /Тема/	5	0			
2.8	Экзамен /Экзамен/	5	53,35	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-2.1-З ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-З ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	Экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Твердотельная электроника").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	В.К. Базылев	Расчёт биполярных транзисторов : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2004,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/167
Л1.2	Базылев В.К.	Твердотельная электроника. Ч.1 : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2013,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1187
Л1.3	Базылев В.К.	Твердотельная электроника. Ч.2 : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2011,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1448
Л1.4	Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А.	Полупроводниковые приборы : Учеб.для вузов	М.:Энергоатомиздат, 1990, 576 с	5-283-00554-2, 1
Л1.5	Воронков Э.Н., Гуляев А.М., Мирошникова И.Н., Чарыков Н.А.	Твердотельная электроника : учеб. пособие	М.: Академия, 2009, 320с.	978-5-7695-4618-1, 1
Л1.6	Пасынков В. В., Чиркин Л. К.	Полупроводниковые приборы	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 480 с.	978-5-8114-9454-5, https://e.lanbook.com/book/195459

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.1	Сидоренко Е. Н., Махно А. С., Шлома А. В.	Полупроводниковая электроника : учебное пособие по специальному лабораторному практикуму «электроника» (специальность 11.03.02 «инфокоммуникационные технологии и системы связи»)	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019, 112 с.	978-5-9275-32-05-6, http://www.iprbookshop.ru/95810.html
Л2.2	Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т.	Основы микроэлектроники : Учеб.пособие для вузов	М.:Радио и связь, 1991, 288с.	5-256-00692-4, 1
Л2.3	Редкол.:Панов В.П. (отв.ред.) и др.;РРТИ	Электронные приборы : Межвуз.сб.науч.трудов	Рязань, 1992, 113с.	5-230-14364-9, 1
Л2.4	Степаненко И.П.	Основы микроэлектроники : Учеб.пособие для вузов	М.:Лаборатория базовых знаний, 2000, 488с.	5-93208-045-0, 1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л3.1	Базылев В.К.	Твердотельная электроника. Ч.2: метод. указ. к лаб. работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2014,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1189
Л3.2	Базылев В.К.	Твердотельная электроника. Ч.1: метод. указ. к лаб. работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2013,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1449

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Сайт журнала «Электроника»
Э2	Электронно-библиотечная система «IPRBook»
Э3	Электронно-библиотечная система «Лань»

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	358 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (200 мест), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска.

2	215 лабораторный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятийоснащенная цифровыми осциллографами RIGOL DS1102E, цифровыми генераторами сигналов RIGOL DG102Z, мультиметрами M-830BZ, блоками питания HY3002, макетными платами с твердотельными приборами, радиодеталями, соединительными проводниками.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания дисциплины "Твердотельная электроника").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Серебряков Андрей Евгеньевич, Заместитель заведующего кафедрой	**20.09.23** 14:59 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Чиркин Михаил Викторович, Ректор	**20.09.23** 17:14 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ПРОРЕКТОРОМ ПО УР	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Алексей Вячеславович, Проректор по учебной работе	**21.09.23** 08:55 (MSK)	Простая подпись