

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

Физика микроэлектронных структур
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроники**

Учебный план 11.03.01_24_00.plx
11.03.01 Радиотехника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
Неделя	8			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	50,35	50,35	50,35	50,35
Контактная работа	50,35	50,35	50,35	50,35
Сам. работа	94	94	94	94
Часы на контроль	35,65	35,65	35,65	35,65
Итого	180	180	180	180

г. Рязань

Программу составил(и):

д.ф.-м.н., зав. каф., Литвинов Владимир Георгиевич

Рабочая программа дисциплины

Физика микроэлектронных структур

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 931)

составлена на основании учебного плана:

11.03.01 Радиотехника

утвержденного учёным советом вуза от 26.01.2024 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от 29.05.2024 г. № 9

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

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
Микро- и нанoeлектроники

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
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Цели:
1.2	Приобретение базовых знаний и умений в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, формирование у студентов способностей реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов.
1.3	Задачи:
1.4	Обучение способам самостоятельных экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных.
1.5	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Компьютерный практикум в радиоэлектронике
2.1.2	Микропроцессорные системы
2.1.3	Научно-исследовательская работа
2.1.4	Сквозное проектирование радиотехнических устройств
2.1.5	Устройства ПОС в радиофотонике
2.1.6	Устройства СВЧ и антенны
2.1.7	Физика полупроводников
2.1.8	Системы автоматизированного проектирования в микроэлектронике
2.1.9	Технологическая (проектно-технологическая) практика
2.1.10	Устройства ГФС
2.1.11	Датчики на основе микро -и нанотехнологий
2.1.12	Доплеровская фильтрация радиолокационных сигналов
2.1.13	Электродинамика и распространение радиоволн
2.1.14	Электропреобразовательные устройства
2.1.15	Системы на кристалле
2.1.16	Техника и технологии полупроводников
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

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

ПК-1: Способен моделировать, анализировать и верифицировать результаты моделирования разработанных принципиальных схем аналоговых блоков радиофотонных устройств

ПК-1.1. Проводит моделирование аналоговых блоков радиофотонных устройств и сложнофункционального блока средствами автоматизированного проектирования, в том числе статистическими методами

Знать
основные факты, базовые концепции, статистические методы и модели, используемые при моделировании аналоговых блоков радиофотонных устройств и сложнофункциональных блоков

Уметь
применять на практике основные приемы и программные средства для моделирования аналоговых блоков радиофотонных устройств и сложнофункциональных блоков

Владеть
навыками применения средств автоматизированного проектирования, в том числе статистическими методами

ПК-1.2. Проверяет соответствие результатов моделирования требованиям характеристик аналоговых блоков радиофотонных устройств

Знать
основные концепции и принципы для проведения анализа и верификации результатов моделирования аналоговых блоков радиофотонных устройств и сложнофункциональных блоков

Уметь
анализировать и верифицировать результаты моделирования в соответствии с требованиями характеристик аналоговых блоков радиофотонных устройств

Владеть
навыками анализа и верификации результатов моделирования в соответствии с требованиями характеристик аналоговых блоков радиофотонных устройств

ПК-5: Способен проводить расчеты для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	
ПК-5.1. Анализирует входные данные для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	
Знать основные факты, базовые концепции и модели, используемые при анализе входных данных для выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов Уметь анализировать входные данные для выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов Владеть навыками анализа и выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	
ПК-5.2. Проводит расчеты деталей, функциональных узлов, электрических режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов по электрическим и технологическим параметрам	
Знать основные факты, базовые концепции и модели, электрические и технологические параметры, используемые при расчетах деталей, функциональных узлов, электрических режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов Уметь проводить расчеты деталей, функциональных узлов, электрических режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов по электрическим и технологическим параметрам Владеть навыками проведения расчетов деталей, функциональных узлов, электрических режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов по электрическим и технологическим параметрам	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные факты, базовые концепции, статистические методы и модели, используемые при моделировании аналоговых блоков радиополупроводниковых устройств и сложнофункциональных блоков; основные факты, базовые концепции и модели, используемые при анализе входных данных для выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять на практике основные приемы и программные средства для моделирования аналоговых блоков радиополупроводниковых устройств и сложнофункциональных блоков; анализировать входные данные для выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками применения средств автоматизированного проектирования, в том числе статистическими методами; навыками анализа и выполнения моделирования и расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Введение Обзор современного состояния микроэлектроники					
1.1	Обзор современного состояния микроэлектроники /Тема/	8	0			
1.2	Введение Обзор современного состояния микро-электроники. Роль физики полупроводников и микроэлектронных структур в прогрессе микроэлектроники. /Лек/	8	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

1.3	Введение Обзор современного состояния микро- электроники /Ср/	8	13	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 2. Физика полупроводников					
2.1	Физика полупроводников Понятие о нарушениях решетки. Эффект сужения ширины запрещенной зоны. Прямые и непрямые переходы. Рекомбинация в полупроводниках с непрямыми переходами. Поверхностная рекомбинация. /Тема/	8	0			
2.2	Понятие о нарушениях решетки. Радиационные дефекты, термодфекты. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
2.3	Специфика высоколегированных полу- проводниковых слоев. Эффект сужения ширины запрещенной зоны. Подвижность носителей. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
2.4	Сложная структура энергетических зон. Прямые и непрямые переходы. Рекомбинация в полупроводниках с непрямыми переходами. Теория Шокли-Рида-Холла. Постоянная релаксации Максвелла. Оже- рекомбинация. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
2.5	Поверхностная рекомбинация. Плотность поверхностных состояний. Быстрые и медленные состояния. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

2.6	Изучение свойств высоколегированного кремния. /Лаб/	8	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
2.7	Физика полупроводников Понятие о нарушениях решетки. Эффект сужения ширины запрещенной зоны. Прямые и не прямые переходы. Рекомбинация в полупроводниках с непрямыми переходами. Поверхностная рекомбинация. /Ср/	8	13	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 3. Физика работы биполярных структур					
3.1	Физика работы биполярных структур Влияние электрического поля на распределение носителей. Составляющие тока рекомбинации на поверхности и области объемного заряда эмиттерного перехода. Спад коэффициента усиления при больших токах. /Тема/	8	0			
3.2	Работа р+-п-п+ структуры при большом и малом уровне инжекции. Широкая и узкая базы. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
3.3	Граничные условия на п-п+ переходе и поверхности. Влияние электрического поля на распределение носителей. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
3.4	Составляющие тока рекомбинации в планарном биполярном транзисторе. Рекомбинация в активной области базы. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

3.5	Влияние эффектов высокого уровня легирования на инжекцию дырок в область эмиттера. Методика Эрли. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
3.6	Составляющие тока рекомбинации на поверхности и области объемного заряда эмиттерного перехода. Методика выделения поверхностных и объемных рекомбинационных потерь. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
3.7	Эффекты высокого уровня инжекции. Продольное падение напряжения в базовой области. Спад коэффициента усиления при больших токах. Эффекты сверхтонкой базы. Эффект Кирка. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
3.8	Изучение тока инжекции. /Лаб/	8	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
3.9	Физика работы биполярных структур Влияние электрического поля на распределение носителей. Составляющие тока рекомбинации на поверхности и области объемного заряда эмиттерного перехода. Спад коэффициента усиления при больших токах. /Ср/	8	14	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Экзамен.
	Раздел 4. Физика работы структур металл-окисел-полупроводник					
4.1	Физика работы структур металл-окисел-полупроводник Специфика токопрохождения в структурах с изопланарной изоляцией Диаграмма зарядов. Напряжение плоских зон. Пороговое напряжение. ВАХ МДП-транзистора. Динамические свойства микроэлектронных структур. /Тема/	8	0			

4.2	Специфика токопрохождения в структурах с изопланарной изоляцией. Эффект неравномерного распределения тока. Образование канала. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
4.3	Структура кремний-двуокись кремния. Диаграмма зарядов. Напряжение плоских зон. Пороговое напряжение. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
4.4	ВАХ МДП-транзистора. Крутизна. Подвижность носителей. Влияние подложки. Вольт-фарадная характеристика. Особенности МДП-транзисторов с короткой и узкой длиной канала. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
4.5	Стабильность электрических характеристик МДП-транзистора. Заряд в окисле и на поверхностных состояниях. Методика разделения зарядов. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
4.6	Паразитные связи в КМОП структурах. Эффект защелки. Приборы с отрицательным сопротивлением. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
4.7	Динамические свойства микроэлектронных структур. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

4.8	Исследование параметров МДП-транзистора. /Лаб/	8	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
4.9	Физика работы структур металл-окисел-полупроводник Специфика токопрохождения в структурах с изопланарной изоляцией/Диаграмма зарядов. Напряжение плоских зон. Пороговое напряжение. ВАХ МДП-транзистора. Динамические свойства микроэлектронных структур. /Ср/	8	13	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 5. Проблемы субмикронной технологии					
5.1	Проблемы субмикронной технологии Основные ограничения и тенденции развития. Предельные размеры элементов микросхем. /Тема/	8	0			
5.2	Проблемы субмикронной технологии. Основные ограничения и тенденции развития. /Лек/	8	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.1-В ПК-1.2-З ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
5.3	Предельные размеры элементов микросхем. Физические и конструктивные ограничения линейных размеров. /Лек/	8	2	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
5.4	Проблемы субмикронной технологии Основные ограничения и тенденции развития. Предельные размеры элементов микросхем. /Ср/	8	14	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 6. Воздействие излучений					
6.1	Воздействие излучений Виды ионизирующих излучений и их основные характеристики. Взаимодействие излучений с кремнием. Влияние электрического поля и температуры. /Тема/	8	0			

6.2	Виды ионизирующих излучений и их основные характеристики. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
6.3	Взаимодействие электронного излучения с кремнием. Пороговая энергия дефектообразования. Влияние ориентации кристалла и температуры. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
6.4	Взаимодействие протонного излучения с кремнием. Взаимодействие гамма и рентгеновского излучений с кремнием. Механизмы образования дефектов. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
6.5	Подпороговое дефектообразование. Фото-ядерные реакции. Взаимодействие нейтронного излучения с кремнием. Кластеры дефектов. Модель Кинчина -Пиза. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
6.6	Виды стабильных радиационных дефектов. Отжиг дефектов. Накопление заряда в окисной пленке. Влияние электрического поля и температуры. Отжиг заряда. Роль полевой инжекции и туннелирование. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
6.7	Эффект горячих носителей. Особенности толстого окисла. Модели образования поверхностных ловушек. Водородная и конверсионная модели. Эффекты малых интенсивностей. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

6.8	Изучение радиационно-стимулированного заряда. /Лаб/	8	4	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
6.9	Воздействие излучений Виды ионизирующих излучений и их основные характеристики. Взаимодействие излучений с кремнием. Влияние электрического поля и температуры. /Ср/	8	13	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Экзамен.
	Раздел 7. Радиационно-технологические методы					
7.1	Радиационно-технологические методы Технологические аспекты использования излучений. Радиационно-стимулированная диффузия. Лазерный отжиг. Тепловая модель. Фотонный отжиг. /Тема/	8	0			
7.2	Технологические аспекты использования излучений. Уменьшение времени жизни. Исключение диффузии золота из технологического процесса. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
7.3	Радиационно-стимулированная диффузия. Эффект атомов отдачи. Эффект увеличения дозы. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
7.4	Ионная имплантация. Теория ЛШШ. Критическая энергия. Специфика имплантации тяжелых и легких ионов. Эффект высоких доз. Каналирование. /Лек/	8	1	ПК-1.1-З ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.

7.5	Повреждения. Ядерное легирование полупроводников. Виды ядерных реакций в кремнии. Лазерный отжиг. Тепловая модель. Фотонный отжиг. /Лек/	8	1	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Экзамен.
7.6	Радиационно-технологические методы Технологические аспекты использования излучений. Радиационно-стимулированная диффузия. Лазерный отжиг. Тепловая модель. Фотонный отжиг. /Ср/	8	14	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Экзамен.
Раздел 8. Промежуточная аттестация.						
8.1	Подготовка к аттестации, иная контактная работа. /Тема/	8	0			
8.2	Подготовка к экзамену. /Экзамен/	8	35,65	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольные вопросы.
8.3	Консультация перед экзаменом. /Кнс/	8	2	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2	
8.4	Приём экзамена. /ИКР/	8	0,35	ПК-1.1-3 ПК-1.1-У ПК-1.2-У ПК-1.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2	Контрольные вопросы.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

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	Давыдов С. Ю., Лебедев А. А., Посредник О. В.	Элементарное введение в теорию наносистем	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 192 с.	978-5-8114-1565-6, https://e.lanbook.com/book/211496
Л1.2	Епифанов Г. И.	Физика твердого тела	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 288 с.	978-5-8114-1001-9, https://e.lanbook.com/book/210671
Л1.3	Ансельм А. И.	Введение в теорию полупроводников	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 624 с.	978-5-8114-0762-0, https://e.lanbook.com/book/212255

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Вихров С. П., Холомина Т. А.	Свойства и применение металлов и полупроводников : учебное пособие	Саратов: Вузовское образование, 2019, 80 с.	978-5-4487-0365-2, http://www.iprbookshop.ru/79791.html
Л2.2	Холомина Т.А.	Физика твердого тела : Метод.указ.к практ.занятиям	Рязань, 2006, 39с.	

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Холомина Т.А., Евдокимова Е.Н.	Подготовка студентов к текущему и промежуточному контролю освоения компетенций : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2016,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1295
Л3.2	Мальченко С.И., Мишустин В.Г., Тимофеев В.Н.	Материалы и компоненты радиоэлектронных средств : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2012,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1638

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Сайт кафедры микро- и нанoeлектроники РГРТУ: http://www.rsreu.ru/faculties/fe/kafedri/mnel
Э2	Система дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ», режим доступа по паролю: http://cdo.rsreu.ru/
Э3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам: http://window.edu.ru/
Э4	Интернет Университет Информационных Технологий: http://www.intuit.ru/
Э5	Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю: https://iprbookshop.ru/
Э6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю: https://www.e.lanbook.com/
Э7	Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю: http://elib.rsreu.ru/

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
--------------	----------

Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
Операционная система Windows XP	Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно
OpenOffice	Свободное ПО
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	267 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель. 80 мест, доска. Мультимедийное оборудование, компьютер.
2	501 лабораторный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий Специализированная мебель (37 посадочных мест) ПК: Intel Celeron CPVJ1800 – 25 шт. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
3	111 а учебно-административный корпус. учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель (25 посадочных мест). ПК: ПЭВМ – 25 шт. Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ.
4	343 учебно-административный корпус. Учебно-вспомогательная Аудитория для хранения и ремонта оборудования 2 компьютера, принтер, сканер, 5 мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	
Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Физика микроэлектронных структур").	

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**03.09.24** 11:56 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Паршин Юрий
Николаевич, Заведующий кафедрой РТУ**03.09.24** 11:59 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
НАЧАЛЬНИКОМ УРОП**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Ерзылёва Анна
Александровна, Начальник УРОП

Подписано

04.09.24 11:09 (MSK)

Простая подпись