

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

Гетероструктурная оптоэлектроника рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электронных приборов**

Учебный план 11.03.01_21_00.plx
11.03.01 Радиотехника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	32,25	32,25	32,25	32,25
Контактная работа	32,25	32,25	32,25	32,25
Сам. работа	31	31	31	31
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	72	72	72	72

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Серебряков Андрей Евгеньевич

Рабочая программа дисциплины

Гетероструктурная оптоэлектроника

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 28.01.2022 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от 23.05.2021 г. № 5

Срок действия программы: 2021-2025 уч.г.

Зав. кафедрой Чиркин Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____

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 _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	освоения дисциплины являются формирование знаний по особенностям разработки, теоретическим и практическим вопросам расчета и проектирования оптоэлектронных приборов на гетероструктурах, а также новым наиболее перспективным направлениям их развития.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Системы автоматизированного проектирования в микроэлектронике
2.1.2	Технологическая (проектно-технологическая) практика
2.1.3	Цифровая обработка сигналов
2.1.4	Сетевые информационные технологии
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Введение в современные нанотехнологии
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Комплексирование приемопередающих систем
2.2.4	Нанотехнологии в радиотехнических системах
2.2.5	Преддипломная практика
2.2.6	Радиотехнические системы
2.2.7	Радиофотонные приемопередающие системы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-3: Способен проводить научно-исследовательские разработки по отдельным разделам темы	
ПК-3.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	
Знать физические принципы работы, характеристики и параметры основных типов оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Владеть навыками расчета и проектирования основных классов приборов	
ПК-3.2. Планирует программу научно-технического исследования, проводит эксперимент в соответствии с программой, составляет отчет согласно нормативной документации	
Знать физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Уметь самостоятельно решать задачи экспериментального исследования оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Владеть навыками организации и проведения измерений электрических параметров и характеристик оптоэлектронных приборов на гетероструктурах	

ПК-4: Способен разрабатывать первичный и уточненный вариант схемотехнического описания аналоговых блоков радиофотонных устройств с проведением оценочного расчета их параметров	
ПК-4.1. Определяет численные значения технических характеристик аналоговых блоков радиофотонных устройств	
Знать конструкции, параметры, основные эксплуатационные характеристики и области применения оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Уметь самостоятельно решать задачи моделирования, анализа и синтеза процессов и явлений, лежащих в основе работы оптоэлектронных приборов на гетероструктурах Владеть навыками использования стандартной терминологии, определений, обозначений и единиц физических величин	
ПК-4.2. Разрабатывает схемотехнические решения аналоговых блоков радиофотонных устройств, в том числе с использованием технологической платформы	

Знать области применения оптоэлектронных приборов
Уметь применять оптоэлектронные приборы в электрических схемах
Владеть знаниями о электрических параметрах оптоэлектронных приборов
ПК-4.3. Интегрирует схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока
Знать методы интеграции оптоэлектронных приборов на основе гетеропереходов в состав других электронных блоков
Уметь определять основные параметры электрических и оптических схем с интегрированными оптоэлектронными приборами на основе гетеропереходов
Владеть методами интеграции оптоэлектронных приборов на основе гетеропереходов в состав других электронных блоков

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	основы теории низкоразмерных систем и гетероструктур
3.2 Уметь:	
3.2.1	использовать знание теоретических основ низкоразмерных систем и гетероструктур при анализе различных эффектов в таких системах
3.3 Владеть:	
3.3.1	навыками вычисления некоторых свойств низкоразмерных систем и гетероструктур

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1.					
1.1	Гетероструктуры в современной микроэлектронике. /Тема/	7	0			
1.2	Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов. Физические явления в классических гетероструктурах. /Лек/	7	4	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.3	Вакуумное состояние. Операторы рождения и уничтожения частицы в данном состоянии. Гамильтониан в теории сильной связи в представлении вторичного квантования. Гамильтониан модели Хаббарда. /Ср/	7	6	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет

1.4	Расчет параметров резкого анизотипного гетероперехода /Пр/	7	6	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.5	Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур. /Тема/	7	0			
1.6	Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре, лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами, поверхностно-излучающие лазеры, инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода. Высокоэффективные светоизлучающие диоды. /Лек/	7	4	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.7	Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна. Гетеробиполярные транзисторы с широкозонным эмиттером. Транзисторы, тиристоры, динисторы с передачей светового сигнала. Мощные диоды и тиристоры. /Ср/	7	10	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.8	Определение профиля концентрации носителей заряда в гетероструктурах с квантовыми ямами с помощью метода вольт-фарадных характеристик /Пр/	7	6	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-3 ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-3 ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.9	Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетками. /Тема/	7	0			

1.10	Фундаментальные физические явления в гетероструктурах с квантовыми ямами и сверхрешетками. Инфракрасные квантовые каскадные лазеры. Лазер с КЯ,ограниченной КПСР. Транзисторы с высокой подвижностью электронов (ВПЭТ). Резонансно-туннельные диоды. Высокоточные стандарты сопротивлений. /Лек/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.11	Приборы на основе эффекта электропоглощения и электрооптические модуляторы. Инфракрасные фотодетекторы на основе эффекта поглощения между уровнями размерного квантования. /Ср/	7	10	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.12	Основные характеристики полупроводниковых лазеров на основе гетероструктур с квантовыми ямами /Пр/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
1.13	Гетероструктуры с квантовыми проволоками (КП) и квантовыми точками (КТ). /Тема/	7	0			
1.14	Фундаментальные физические явления в гетероструктурах с квантовыми проволоками и квантовыми точками.Лазеры на основе самоорганизующихся КТ. Многослойные КТ-лазер. /Лек/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В		

1.15	Применение гетероструктур с квантовыми проволоками и квантовыми точками для создания «одноэлектронных» устройств. Новые возможности для развития полевых транзисторов. /Ср/	7	5	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В		
	Раздел 2.					
2.1	/Тема/	7	0			
2.2	/ИКР/	7	0,25	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет
2.3	/Зачёт/	7	8,75	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-4.1-З ПК-4.1-У ПК-4.1-В ПК-4.2-З ПК-4.2-У ПК-4.2-В ПК-4.3-З ПК-4.3-У ПК-4.3-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3	Зачет

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

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

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Литвинов В.Г., Милованова О.А., Рыбин Н.Б.	Электрические методы исследования разрывов энергетических зон в полупроводниковых микро- и наногетероструктурах : учеб. пособие	Рязань, 2013, 52с.	, 1
Л1.2	Аплеснин С.С.	Основы спинтроники : учеб. пособие	СПб.: Лань, 2010, 288с.	978-5-8114-1060-6, 1
Л1.3	Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А.	Физика низкоразмерных систем : Учеб.пособие	СПб.:Наука, 2001, 155с.	5-02-024966-1, 1

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Розеншер Э., Винтер Б.	Оптоэлектроника	М.:Техносфера, 2006, 591с.	5-94836-031-8, 1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Рыбина Н.В., Рыбин Н.Б., Литвинов В.Г.	Оптоэлектроника и квантовая оптика : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2017,	, https://elibrsre.ru/ebs/download/1285
Л3.2	Ильин В.И., Мусихин С.Ф., Шик А.Я.	Варизонные полупроводники и гетероструктуры : Учеб.пособие	СПб.:Наука, 2000, 100с.	5-02-024935-1, 1
Л3.3	Рыбина Н.В., Рыбин Н.Б., Литвинов В.Г.	Оптоэлектроника и квантовая оптика : метод. указ. к лаб. работе № 1	Рязань, 2017, 16с.	, 1

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 7	Лицензионное ПО
Свободное ПО	Свободное ПО

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	404 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 (120 мест), мультимедийное оборудование, экран, компьютер, доска.
2	214 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий. Специализированная мебель (60 посадочных мест), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Серебряков Андрей
Евгеньевич, Заместитель заведующего кафедрой

18.09.23 12:17 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Паршин Юрий
Николаевич, Заведующий кафедрой РТУ

22.09.23 16:33 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе

25.09.23 15:36 (MSK)

Простая подпись