

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

Эмиссионная электроника

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электронных приборов**

Учебный план 11.04.04_23_00.plx
11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	10			
Неделя	10			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	10	10	10	10
Лабораторные	10	10	10	10
Практические	10	10	10	10
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	30,25	30,25	30,25	30,25
Контактная работа	30,25	30,25	30,25	30,25
Сам. работа	69	69	69	69
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):

д. физ-мат.н., проф., Волков С.С.

Рабочая программа дисциплины

Эмиссионная электроника

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 27.01.2023 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от 26.05.2023 г. № 5

Срок действия программы: 2023-2025 уч.г.

Зав. кафедрой Чиркин Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 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	расширение и углубление теоретической подготовки по физической электронике в области закономерностей различных видов эмиссии электронов с поверхности твердого тела.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	1. Освоение методов исследования и расчета эмиссионных процессов в электронных приборах применительно к научно-исследовательской работе и практическим приложениям;
1.4	2. Овладение моделями эмиссионной электроники в классической, статистической и квантово-механической формах с четким определением границ применимости физических концепций и теоретических моделей;
1.5	3. Расширение научного кругозора и эрудиции магистрантов, развитие возможностей интерпретировать явления, обусловленные электронными процессами на поверхности твердого тела;
1.6	4. Формирование навыков изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций;
1.7	5. Закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники
2.1.2	Защита и коммерциализация интеллектуальной собственности
2.1.3	Микроволновая техника
2.1.4	Опτικο-электронные приборы и устройства
2.1.5	Расчет и проектирование электронно- оптических систем
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-2: Проводит анализ новых направлений научных-исследований при разработке приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	
ПК-2.1. Проведит анализ новых направлений научных-исследований при разработке приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	
Знать инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения эмиссионных процессов в соответствии с перспективами развития электроники, наноэлектроники и нанотехнологий.	
Уметь формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.	
Владеть аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения эмиссионных процессов.	

ПК-3: Выполняет заключительный расчет и анализ параметров приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения на основе выполненных предыдущих проектов	
ПК-3.1. Проводит предварительный расчет характеристик приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения на основе выбранных технических решений	
Знать основные методы расчета характеристики приборов эмиссионной электроники в соответствии с поставленной задачей.	
Уметь анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем эмиссионной электроники	
Владеть основами современных методов расчета и анализа эмиссионных процессов в электронных приборах	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
------------	---------------

3.1.1	инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения эмиссионных процессов в соответствии с перспективами развития электроники, нанoeлектроники и нанотехнологий.
3.1.2	основные методы расчета характеристики приборов эмиссионной электроники в соответствии с поставленной задачей.
3.1.3	
3.2	Уметь:
3.2.1	формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.
3.2.2	анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем эмиссионной электроники
3.3	Владеть:
3.3.1	аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения эмиссионных процессов.
3.3.2	основами современных методов расчета и анализа эмиссионных процессов в электронных приборах

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	Введение /Тема/	3	0			
1.2	Структура и содержание курса, его отношение к другим дисциплинам. Обзор различных видов электронной эмиссии, основные эмиссионные процессы и их характеристики. /Лек/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.3	Экспериментальная техника эмиссионной электроники /Ср/	3	9	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.4	Заряженные частицы в электрических и магнитных полях /Тема/	3	0			
1.5	Объемные заряды и движение заряженных частиц в вакууме. Закон «трех вторых». Вольт-амперная характеристика плоского диода с учетом Максвелловского распределения скоростей термоэлектронов. Виртуальный катод. /Лек/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.6	Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях. /Пр/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.7	Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях /Лаб/	3	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.8	Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях. /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	

1.9	Термоэлектронная эмиссия /Тема/	3	0			
1.10	Потенциальный барьер на границе твердого тела, причины его возникновения, работа выхода. Влияние внешнего электрического поля и адсорбированных на поверхности атомов на потенциальный порог и работу выхода. Эффект Шоттки. “Поле пятен” и аномальный эффект Шоттки. Зависимость работы выхода от степени покрытия поверхности электроположительным адсорбатом. /Лек/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.11	Основное уравнение термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям. /Пр/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.12	Термоэлектронная эмиссия /Лаб/	3	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.13	Теория Лэнгмюра-Герни. Термодинамический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Статистический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии. Приведенный коэффициент прозрачности диода. Измерение термоэлектронных характеристик веществ. Влияние внешнего электрического поля на термоэлектронную эмиссию металлов. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию полупроводников. Влияние тонких пленок, адсорбированных поверхностью металла на его термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям. Термоэлектронная эмиссия тугоплавких веществ, покрытых пленками щелочных и щелочноземельных металлов. Эффективные термокатоды. Антиэмиссионные покрытия. Термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую. Методы экспериментальной регистрации работы выхода и прозрачности потенциального барьера. /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.14	Автоэлектронная эмиссия /Тема/	3	0			
1.15	Механизм автоэлектронной эмиссии из металлов. Особенности туннельного эффекта на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма и ее экспериментальная проверка. Полевые микроскопы-проекторы: электронный и ионный. Энергетические спектры электронов при полевой эмиссии. Автоэлектронная эмиссия полупроводников. /Лек/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.16	Туннельный эффект на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма. /Пр/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	

1.17	Электронные эмиссии, вызываемые сильными электрическими полями в эмиттере. Эмиссия горячих электронов. Электронная эмиссия тонких диэлектрических слоев при наличии в них сильного электрического поля. Взрывная эмиссия как стадия перехода от автоэлектронной эмиссии к вакуумному пробою. Применение автоэлектронной эмиссии. Современные автоэлектронные эмиттеры. Разновидности ненакаливаемых катодов на основе МДМ и полупроводниковых структур. /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.18	Фотоэлектронная эмиссия /Тема/	3	0			
1.19	Фотоэлектронная эмиссия металлов, теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. Фотоэлектронная эмиссия полупроводников. /Лек/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.20	Теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. /Пр/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.21	Фотоэлектронная эмиссия /Лаб/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.22	Фотоэлектронная эмиссия щелочно-галогидных соединений. Эффективные фотокатоды, эмиттеры с отрицательным электронным средством /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.23	Вторичная электронная эмиссия /Тема/	3	0			
1.24	Методы исследования вторичной электронной эмиссии. Коэффициент вторичной эмиссии, его зависимость от энергии первичных электронов. Отражение электронов. Закономерности истинной вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. /Лек/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.25	Закономерности вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. Модели вторичной электронной эмиссии. /Пр/	3	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.26	Исследование закономерностей движения электронов в твердых телах методом тонких пленок. Полуфеноменологические модели вторичной электронной эмиссии. Вторичная эмиссия диэлектриков и полупроводников, особенности и методы её измерения. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Антидинаatronные покрытия. /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.27	Ионно-электронная эмиссия /Тема/	3	0			

1.28	Взаимодействия ионов с поверхностью твердого тела. Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Энергетические спектры обратно рассеянных ионов. Методы исследования явлений, происходящих при взаимодействии ионов с поверхностью тел. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. /Лек/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.29	Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Резерфордовское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов низких энергий /Пр/	3	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
1.30	Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Резерфордовское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов низких энергий: особенности и применение. Ионно-ионная эмиссия. Основные закономерности и механизм ионного распыления /Ср/	3	10	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
	Раздел 2.					
2.1	/Тема/	3	0			
2.2	/ИКР/	3	0,25	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	
2.3	/Зачёт/	3	8,75	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Эмиссионная 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	Щука А.А.	Электроника : учеб.	СПб.: БХВ-Петербург, 2008, 739с.	978-5-9775-0160-6, 1
Л1.2	Волков С. С.	Эмиссионная электроника : учебное пособие	Рязань: РГРТУ, 2017, 84 с.	, https://e.lanbook.com/book/168282
Л1.3	Владимиров Г.Г.	Физическая электроника. Ч. 1. Термоэлектронная эмиссия. Учебно-методическое пособие.	Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та., 2007, 187	, 20

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Базылев В.К., Москвичева И.Ю., Соловьев В.И.	Физические основы электронной техники : Метод.указ.к лаб.работам	Рязань, 1998, 36с.	, 1
Л2.2	Молчанов Ю.К., Носов А.А., Соломенникова В.С., Чижиков А.Е.	Физические основы электронной техники и технологии : Метод.указ.к лаб.работам	Рязань, 2000, 36с.	, 1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Чижиков А.Е.	Физические основы электронной техники и технологии : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2000,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1273

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.
---	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

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

26.09.23 11:59 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Чиркин Михаил
Викторович, Ректор

26.09.23 12:00 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

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

26.09.23 12:03 (MSK)

Простая подпись