

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

Введение в современные нанотехнологии рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроника**

Учебный план 11.03.01_21_00.plx
 11.03.01 Радиотехника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 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	32	32	32	32
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	66,35	66,35	66,35	66,35
Контактная работа	66,35	66,35	66,35	66,35
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	26,65	26,65	26,65	26,65
Итого	144	144	144	144

г. Рязань

Программу составил(и):

д.ф.-м.н., проф., отделение нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике офиса образовательных программ, Васильевский Иван Сергеевич; д.т.н., Прорек. по науч. раб. и иннов., Гусев Сергей Игоревич

Рабочая программа дисциплины

Введение в современные нанотехнологии

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

Микро- и наноэлектроника

Протокол от 17.05.2022 г. № 8

Срок действия программы: 2022-2026 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

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
Микро- и нанoeлектроника

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
Микро- и нанoeлектроника

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 нанoeлектроника

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Цель: получение базовых знаний по технологи-ям построения основных радиотехнических систем на основе нанотехнологий.
1.2	Задачи:
1.3	- получение знаний о фотонных методах, применяемых в задачах проектирования радиотехнических систем локации, навигации, передачи информации;
1.4	- изучение прикладных задач использования компонентов и устройств радиофотоники для создания устройств генерации, приема и обработки сигналов радиодиапазона.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Гетероструктурная оптоэлектроника
2.1.2	Микропроцессорные системы
2.1.3	Научно-исследовательская работа
2.1.4	Оптика и фотоника наноструктур
2.1.5	Оптико-электронные системы
2.1.6	Оптические устройства в радиотехнике
2.1.7	Устройства ПОС в радиофотонике
2.1.8	Системы автоматизированного проектирования в микроэлектронике
2.1.9	Технологическая (проектно-технологическая) практика
2.1.10	Цифровая обработка сигналов
2.1.11	Сетевые информационные технологии
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-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 основные принципы, концепции, физические и математические модели, методы и методики, применяемые для получения, обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследования. Уметь использовать общепринятые методы и методики для получения, обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследования. Владеть навыками проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	
ПК-3.2. Планирует программу научно-технического исследования, проводит эксперимент в соответствии с программой, составляет отчет согласно нормативной документации	
Знать принципы планирования научно-технического исследования, разработки программы проведения экспериментов, нормативную документацию, используемую для составления отчета о научно-технических исследованиях. Уметь планировать научно-техническое исследование, разрабатывать программу проведения экспериментов, использовать нормативную документацию для составления отчета о научно-технических исследованиях. Владеть навыками планирования и составления программы научно-технического исследования, разработки программы проведения экспериментов, составления отчета о научно-технических исследованиях.	
ПК-4: Способен разрабатывать первичный и уточненный вариант схмотехнического описания аналоговых блоков радиофотонных устройств с проведением оценочного расчета их параметров	
ПК-4.1. Определяет численные значения технических характеристик аналоговых блоков радиофотонных устройств	

Знать основные технические характеристики аналоговых блоков радиопотонных устройств. Уметь определять численные значения технических характеристик аналоговых блоков радиопотонных устройств. Владеть навыками определения численных значений технических характеристик аналоговых блоков радиопотонных устройств.
ПК-4.2. Разрабатывает схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств, в том числе с использованием технологической платформы
Знать основы схемотехники радиотехнических устройств, схемотехники аналоговых блоков радиопотонных устройств, радиопотонных устройств, существующие схемотехнические решения с использованием технологической платформы. Уметь разрабатывать схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств. Владеть навыками использования технологической платформы для разработки схемотехнического решения аналоговых блоков радиопотонных устройств.
ПК-4.3. Интегрирует схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока
Знать принципы интеграции схемотехнических решений аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока. Уметь интегрировать схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока. Владеть навыками интегрирования схемотехнических решений аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	основные принципы, концепции, физические и математические модели, методы и методики, применяемые для получения, обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследования; принципы планирования научно-технического исследования, разработки программы проведения экспериментов, нормативную документацию, используемую для составления отчета о научно-технических исследованиях; основные технические характеристики аналоговых блоков радиопотонных устройств; основы схемотехники радиотехнических устройств, схемотехники аналоговых блоков радиопотонных устройств, радиопотонных устройств, существующие схемотехнические решения с использованием технологической платформы; принципы интеграции схемотехнических решений аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока.
3.2 Уметь:	
3.2.1	использовать общепринятые методы и методики для получения, обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследования; планировать научно-техническое исследование, разрабатывать программу проведения экспериментов, использовать нормативную документацию для составления отчета о научно-технических исследованиях; определять численные значения технических характеристик аналоговых блоков радиопотонных устройств; разрабатывать схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств; интегрировать схемотехнические решения аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока.
3.3 Владеть:	
3.3.1	навыками проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований; навыками планирования и составления программы научно-технического исследования, разработки программы проведения экспериментов, составления отчета о научно-технических исследованиях; навыками определения численных значений технических характеристик аналоговых блоков радиопотонных устройств; навыками использования технологической платформы для разработки схемотехнического решения аналоговых блоков радиопотонных устройств; навыками интегрирования схемотехнических решений аналоговых блоков радиопотонных устройств в состав сложнофункционального блока.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Классификация наноразмерных объектов.					
1.1	Введение. /Тема/	8	0			

1.2	Вводная лекция. Основные понятия и определения в области наносистем. Размер и размерность в физике твердого тела. Объекты с пониженной размерностью. Квантование импульса и энергии носителей тока /Лек/	8	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
1.3	Классификация наноразмерных объектов. /Тема/	8	0			
1.4	Классификация наноразмерных объектов - Квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
1.5	Понятие гетероструктуры. Спектр носителей тока, Изменение оптических и электронных свойств. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
1.6	Классификация наноразмерных объектов. /Ср/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 2. Методологии создания наносистем.					
2.1	Методологии создания наносистем. /Тема/	8	0			
2.2	Две методологии создания наносистем: технологии самоорганизации и самосборки "снизу вверх", и технологии наноструктурирования "Сверху вниз". Преимущества и недостатки. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
2.3	Способы получения квантоворазмерных структур. Эпи-таксия. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
2.4	Лабораторная работа 1. Основы вакуумной техники и технологии. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
2.5	Лабораторная работа 2. Ознакомление с технологиями молекулярно-лучевой эпитаксии. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
2.6	Методологии создания наносистем. /Ср/	8	8		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 3. Технологии наноструктурирования.					
3.1	Технологии наноструктурирования. /Тема/	8	0			
3.2	Технологии наноструктурирования. Понятие о технологиях и методах нанолитографии: электронно-лучевая, наноимпринт, фокусированные ионные пучки. Способы получения суб-100 нм топологий. /Лек/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
3.3	Лабораторная работа 3. Технология электронной нанолитографии. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
3.4	Лабораторная работа 4. Получение тонких металлических пленок методом термовакuumного испарения. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
3.5	Технологии наноструктурирования. /Ср/	8	10		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 4. Измерение электронных транспортных и оптических свойств наноструктур и наносистем.					
4.1	Измерение электронных транспортных и оптических свойств наноструктур и наносистем. /Тема/	8	0			

4.2	Методы исследования структуры и морфологии нанобъектов. Нанорельеф поверхности. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
4.3	Кристаллическая структура нанобъектов и слоев. Химический состав. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
4.4	Измерение электронных транспортных и оптических свойств наноструктур и наносистем. /Ср/	8	8		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 5. Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов.					
5.1	Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов. /Тема/	8	0			
5.2	Измерение электронных транспортных и оптических свойств наноструктур и наносистем. Измерение подвижности и концентрации носителей тока. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
5.3	Оптико-спектральные измерения спектров поглощения, пропускания и фотолюминесценции. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
5.4	Лабораторная работа 5. Атомносиловая микроскопия. /Лаб/	8	4		Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
5.5	Лабораторная работа 6. Основы измерений параметров методом растровой электронной микроскопии. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
5.6	Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов. /Ср/	8	8		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 6. Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов.					
6.1	Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов. /Тема/	8	0			
6.2	Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов. Монолитная интеграция элементов. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
6.3	Понятие и структура технологического маршрута. Литография, металлизация, плазмохимические процессы. Контрольные операции. /Лек/	8	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
6.4	Технологические процессы создания нанoeлектронных приборов. /Ср/	8	8		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчёт. Экзамен.
	Раздел 7. Конструкции и технологии создания основных активных и пассивных элементов оптоэлектроники и радио-фотоники.					
7.1	Конструкции и технологии создания основных активных и пассивных элементов оптоэлектроники и радиофотоники. /Тема/	8	0			
7.2	Конструкции и технологии создания основных активных и пассивных элементов оптоэлектроники и радиофотоники. /Лек/	8	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
7.3	Полупроводниковый лазер. Модулятор. Фотодетектор. Спектральные фильтры. /Лек/	8	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Экзамен.
7.4	Лабораторная работа 7. Измерение параметров полупроводниковых структур 4х зондовым методом. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.

7.5	Лабораторная работа 8. Оптические микронзондовые измерения. /Лаб/	8	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
7.6	Конструкции и технологии создания основных актив-ных и пассивных элементов оптоэлектроники и радиофотоники. /Ср/	8	5		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Аналитический отчет. Экзамен.
	Раздел 8. Промежуточная аттестация.					
8.1	Подготовка к аттестации, иная контактная работа. /Тема/	8	0			
8.2	Подготовка к экзамену. /Экзамен/	8	26,65		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	Контрольные вопросы.
8.3	Консультация перед экзаменом. /Кнс/	8	2			
8.4	Приём экзамена. /ИКР/	8	0,35			Контрольные вопросы.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Введение в современные нанотехнологии"")

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	Шишкин Г.Г., Агеев И.М.	Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011, 408с.	978-5-9963-0638-1

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л.	Наноматериалы : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 365с.	978-5-9963-0345-8
Л2.2	Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Рueda	Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники	М.: Техносфера, 2009, 368с.	978-5-94836-209-0
Л2.3	Шишкин Г.Г., Агеев И.М.	Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011, 408с.	978-5-9963-0638-1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Авачев А.П., Вишняков Н.В., Воробьев Ю.В., Рыбин Н.Б.	Методы анализа микро- и наносистем. Изучение устройства и принципов работы сканирующего зондового микроскопа NanoEducator : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2016,	, https://elib.rsre.ru/ebbs/download/967

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
ЛЗ.2	Авачев А.П., Вишняков Н.В., Воробьев Ю.В., Рыбин Н.Б.	Методы анализа микро- и наносистем. Получение изображения поверхности СЗМ NanoEducator в режиме атомно-силовой микроскопии : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2016,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/969

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	1) Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля: https://e.lanbook.com/
Э2	2) Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компью-тера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю: https://iprbookshop.ru/
Э3	Портал маршрутного обучения в области нанотехнологий: https://www.nanoobr.ru/
Э4	Каталог научно-образовательных ресурсов для nanoиндустрии: http://nano.fcior.edu.ru/
Э5	Российская корпорация нанотехнологий «Роснано»: http://www.rusnano.com/
Э6	Российская национальная нанотехнологическая сеть: https://www.rusnanonet.ru/
Э7	Национальная нанотехнологическая сеть: http://www.portalnano.ru/
Э8	База данных свойств полупроводниковых наноматериалов: https://www.matprop.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
--------------	----------

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Введение в современные нанотехнологии"")