

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

27.01.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.26 Основы лучевых и плазменных технологий

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Электронные приборы и устройства

Курс 3  
Семестр 5

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	18	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	36	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	54	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	54	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	5	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	Д.Е. Шашин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

(наименование кафедры)			
20.01.2025	протокол №	12	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Лапин Владимир Авангардович, директор ООО "НПФ Мета-Хром"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 04.02.2025 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.	<b>знания:</b> Знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы. <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>навыки:</b>
	ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Физические основы электроники (ОПК-1), Физика конденсированного состояния (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники (ОПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Физические процессы и промышленные технологии лучевой и плазменной обработки в электронике и приборостроении</b>	<b>108</b>	ОПК-1
Лекция. Физические основы плазменной технологии	3	
Лекция. Процессы и технологии плазменной обработки	3	
Лекция. Физические основы лазерных технологий	3	
Лекция. Процессы и технологии лазерной обработки	3	
Лекция. Физические основы электронно-лучевых технологий	3	
Лекция. Процессы и технологии электронно-лучевой обработки	3	
Практическое занятие. Практическая работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЕЖЕННЫХ ГАЗОВ	4	
Практическое занятие. Практическая работа № 2 ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕРМОВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛЕНКИ ПО ТОЛЩИНЕ	6	
Практическое занятие. Практическая работа № 3 РАСЧЕТ ДИФфуЗИОННОГО ПРОФИЛЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ В КРЕМНИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ	6	
Практическое занятие. Практическая работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВНЕДРЕННЫХ ИОНОВ	4	
Практическое занятие. Практическая работа № 5 РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА РАСПЫЛЕНИЯ ИЗОТРОПНОЙ МИШЕНИ ИОНАМИ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ	4	
Практическое занятие. Практическая работа № 6 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ	4	
Практическое занятие. Практическая работа № 7 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ	4	
Практическое занятие. Практическая работа № 7 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение физических процессов и промышленных технологий лучевой и плазменной обработки в электронике и приборостроении	54	
Иная контактная работа:	0	

### Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины [Б.1.1.25 Основы лучевых и плазменных технологий](#) рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к практическим занятиям включает ознакомление с планом **практического** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины **Б.1.1.25 Основы лучевых и плазменных технологий**.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины **Б.1.1.25 Основы лучевых и плазменных технологий** включает выполнение практических работ.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **Б.1.1.25 Основы лучевых и плазменных технологий** является **зачёт**.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Вакуумные тонкопленочные технологии в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 12.03.01 "Приборостроение", 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств", 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии", 11.04.01 "Радиотехника", 27.03.04 "Управление в технических системах" / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3. Экземпляры: всего 5.	5 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplenochnyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplenochnyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>
2.	Сушенцов, Николай Иванович. Основы технологии микроэлектроники [Текст] : [лаб. практикум для студентов вузов по специальностям 200800, 220500 и направлениям 551100, 654300] / Н. И. Сушенцов, В. Е.	12 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_Osnovy_tekhnologii_mikroelektroniki.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_Osnovy_tekhnologii_mikroelektroniki.pdf</a>

	Филимонов. 3-е изд., перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. - 184 с. ISBN 5-8158-0366-9. Экземпляры: всего 12.	
3.	Филимонов, Виталий Евгеньевич. Технология очистки подложек микро- и нанoeлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлениям подгот. 211000 "Конструирование и технология электрон. средств", 210100 "Электроника и нанoeлектроника"] / В. Е. Филимонов, Н. И. Сушенцов; М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 159 с. ISBN 978-5-8158-0867-6. Экземпляры: всего 71.	71 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_tehnologija_ochistki_podlozhek.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_tehnologija_ochistki_podlozhek.pdf</a>
4.	Сайткулов, Владимир Гельманович. Основы проектирования электронных средств [Текст] : [учебное пособие для студентов вузов по специальностям "Проектирование и технология радиоэлектронных средств", "Проектирование и технология ЭВС"] / В. Г. Сайткулов, В. Н. Леухин; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Казан. нац. исслед. техн. ун-т им. А. Н. Туполева - КАИ". Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. - 494, [1] с. ISBN 987-5-7579-1850-1. Экземпляры: всего 14.	14
5.	Щука, Александр Александрович. Нанoeлектроника [Текст] : учебное пособие : по направлению подготовки "Прикладные математика и физика" / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. 4-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2019. - 342 с. ISBN 978-5-00101-156-9. Экземпляры: всего 15.	15
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	419 (III)	Автоматизированная система контроля и управления установкой магнетронного распыления и дугового испарения для получения наноструктурированных плёнок (1), Автоматизированная технологическая установка магнетронного распыления для получения наноструктурированных плёнок (1), Блок питания	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft

	магнетрона "ELM-7.5/600S-R" (2), Монитор SAMSUNG 19" Ж/К (1), УСТАНОВКА ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ (1), УСТАНОВКА ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ (1), УСТАНОВКА УРМ-3 (1), ШКАФ ВЫТЯЖНОЙ (1), Комплект учебной мебели (1)	Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	---	---

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий	Зачтено

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

- 1) Сформировать серию образцов тонких пленок меди методом магнетронного распыления и определить их толщину с помощью микроинтерферометра.
- 2) Сформировать серию образцов пленок оксида цинка методом реактивного магнетронного распыления и определить их толщину конвертным методом.
- 3) Получить высокий вакуум в камере с помощью пластинчато-роторного и диффузионного насосов.

- 4) Исследовать характеристики плазмы магнетронного разряда с помощью спектрофотометра.
- 5) Провести ионное травление пленок меди по заданному шаблону.

#### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Как осуществляется контроль условий получения стехиометрического состава пленок по спектральным характеристикам плазмы.
2. В чем заключается контроль условий получения покрытий требуемым составом по характеристикам разряда.
3. Назовите основные методы стабилизации процесса реактивного магнетронного распыления.
4. В чем заключается метод реактивного магнетронного распыления.
5. Где в магнетроне происходит синтез химических соединений. 3. Чем объясняется гистерезис парциального давления реактивного газа.
6. Назовите преимущества процесса ассистирования магнетронного разряда ионным пучком. 5. Какие существуют два способа ассистирования магнетронного разряда ионным пучком.
7. Сформулируйте две модели процесса реактивного нанесения покрытий.
8. Какую пользу приносят модели процесса реактивного нанесения покрытий.
9. Почему возникают дуги и пробой на катоде при реактивном распылении.
10. Чем отличается импульсное реактивное магнетронное распыление от соответствующего ВЧ распыления и распыления на постоянном токе.
11. В чем отличие работы магнетрона с двумя катодами от магнетрона с одним катодом.



