

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)**

ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника

Магистр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Программа магистратуры

Электронные и нанoeлектронные приборы и устройства

Курс 2  
Семестр 3

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	-	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	28	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	28	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	3	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.04.04 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. ПК-4 Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-4.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований.	<b>знания:</b> Знать способы организации и проведения экспериментальных исследований. <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-4.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования. <b>навыки:</b>
	ПК-4.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками проведения исследования с применением современных средств и методов.

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является факультативной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Планирование экспериментальных исследований (ПК-4)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-4)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Основными стратегическими технологиями являются: практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Вакуумные тонкопленочные технологии</b>	<b>108</b>	ПК-4

Практическое занятие. Формирование тонких пленок металлов методом магнетронного распыления	4
Практическое занятие. Формирование тонких пленок оксидов металлов методом реактивного магнетронного распыления	4
Практическое занятие. Формирование тонких пленок нитридов металлов методом реактивного магнетронного распыления	4
Практическое занятие. Модернизация вакуумного технологического оборудования	4
Практическое занятие. Формирование требуемых структур на поверхности подложки с помощью метода контактной фотолитографии	4
Практическое занятие. Получение диэлектрических пленок методом магнетронного распыления	4
Практическое занятие. Изучение оптических характеристик прозрачных проводящих оксидов	4
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает подготовку отчетов по практическим работам, а также изучение теоретического материала для защиты этих отчетов	80
Иная контактная работа:	0

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

Изучение дисциплины [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#) 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 [ФТД.2.3](#)

[Вакуумные тонкопленочные технологии](#), 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 **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом **практического** занятия, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#).

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#), 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 [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#), к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#) включает выполнение практических работ.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине [ФТД.2.3 Вакуумные тонкопленочные технологии](#) 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.	Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9. Экземпляры: всего 149.	149 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf</a>
2.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст] : лабораторный практикум для студентов по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 11.04.02 "Информационные технологии и системы связи", 21.10.00 "Конструирование и технологии электронных средств" / Д. Е. Шашин, Е. М. Цветкова, А. Г. Разина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2021. - 61 с. ISBN 978-5-8158-2247-4. Экземпляры: всего	15 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Issledovaniye_parametrov_passivnykh_tonkoplennoknykh_elementov_2021.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Issledovaniye_parametrov_passivnykh_tonkoplennoknykh_elementov_2021.pdf</a>
3.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 12.03.01 "Приборостроение", 21.10.00 "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 978-5-8158-2289-4. Экземпляры: всего 7.	7 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_i_zgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primneniya_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_i_zgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primneniya_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>
4.	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	5 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplennoknyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplennoknyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>

университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3. Экземпляры: всего 5.		
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.	Справочно-правовая система Консультант+	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
2.	Информационно-правовой портал Гарант	<a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>
3.	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 пленок (1), Блок питания 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)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft 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. Назовите основные классификационные признаки, по которым можно систематизировать тонкие пленки. 2. В чем отличие кристаллической структуры от аморфной? 3. Какие виды покрытий в зависимости от функциональных свойств известны? 4. В чем принципиальное отличие тонкопленочного состояния от «массивного»? 5. Что такое «пленка», «тонкая пленка», «покрытие»? 6. Каковы особенности проявления размерных эффектов в тонких пленках? 7. Приведите пример отличающихся свойств тонких пленок и объемного образца.

### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Основные этапы процесса откачки.
2. Схема и принцип действия вакуумной системы.
3. Схема и принцип действия механического насоса.
4. Схема и принцип действия паромасляного насоса.
5. Схема и принцип действия турбомолекулярного насоса.
6. Схема и принцип действия теплоэлектрического преобразователя.
7. Схема и принцип действия термодарного преобразователя.
8. Схема и принцип действия ионизационного преобразователя.
9. Схема и принцип действия магнитного преобразователя.
10. Почему у двухступенчатых насосов величина предельного давления меньше, чем у одноступенчатых?
11. Почему по достижении предельного давления скорость откачки насосом рабочей камеры падает до нуля?
12. Почему давление в рабочей камере изменяется при изменении температуры ее стенок и внутрикамерной оснастки?

13. Как минимизировать газовыделения с внутренней поверхности камеры?

1. Какие методы литографии вы знаете?
2. Что называется фоторезистом?
3. Какие свойства фоторезиста используют в процессе фотолитографии?
4. Как происходит формирование рисунка при использовании позитивного и негативного фоторезистов?
5. Какие процессы протекают в фоторезисте при облучении его актиничным светом?
6. Каким требованиям должен удовлетворять фоторезист, используемый при изготовлении интегральных схем?
7. Из каких основных операций состоит процесс фотолитографии?
8. Способы нанесения фоторезиста на подложку.
9. От каких параметров зависит равномерность нанесения фоторезиста?
10. Как влияют время и температура сушки на качество получаемого рисунка?
11. Каковы особенности экспонирования фоторезистов?
12. Какие растворы используют для проявления фоторезистов?
13. От чего зависят разрешающая способность фоторезиста и процесс фотолитографии в целом?
14. Чем определяется стойкость слоя фоторезиста к химическим воздействиям?

1. Какова физическая сущность способа дугового испарения?
2. Что такое катодное пятно и каковы его основные характеристики?
3. Каковы условия существования катодного пятна?
4. Каким образом магнитное поле влияет на траекторию движения катодного пятна?
5. Конструкция и принцип работы дугового испарителя.
6. Каков механизм поджига дугового испарителя?
7. Каковы достоинства и недостатки способа КИБ по сравнению с другими способами получения покрытий?
8. Каковы особенности строения тонких пленок, получаемых дуговым испарением?
9. От чего зависит адгезия пленок к подложке и каковы способы ее повышения?
10. Каковы методы контроля адгезии пленок?
11. Расскажите об особенностях получения пленок реактивным испарением.
12. Расскажите о схеме технологического процесса получения тонких пленок дуговым испарением.