

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

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

14.02.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.2.8 Основы технологии электронной компонентной базы

(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 4  
Семестр 7

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	32	часов
Лабораторные работы	32	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	64	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	7	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	7	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

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

Программу составили:

заведующий кафедрой с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

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

(наименование кафедры)		
15.01.2024	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 11.03.2024 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 применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации с учетом требований нормативной документации	ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков.	<b>знания:</b> - требований стандартов, ГОСТ, ЕСКД и других нормативно-технических документов в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств; - методической и нормативной базы в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств; - технических характеристик и экономических показателей отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники; - основных методов конструирования и производства радиоэлектронной техники; - методов выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники; - технического английского языка. - физических и физико-химических основ технологических процессов производства изделий электронной компонентной базы; - особенности проведения отдельных технологических операций физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы; - этапы проектирования изделий, составляющих основу компонентной базы электроники; <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> - формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных устройств и систем; - разрабатывать и оформлять конструкторскую и техническую документацию в соответствии с действующими нормативными документами с применением систем компьютерного проектирования <b>навыки:</b>

	ПК-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> - формированием технического предложения, включающего: анализ и уточнение технического задания; согласование технического задания на проектируемое радиоэлектронное устройство или систему; - разработкой и оформлением всех видов конструкторской и технической документации в соответствии с требованиями стандартов, ГОСТ, ЕСКД и других нормативно-технических документов.
2. ПК-5 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-5.1. Знает принцип учета видов и объемов производственных работ.	<b>знания:</b> -физико- технологические основы процессов производства материалов и изделий электронной компонентной базы, -особенности проведения отдельных технологических операций <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-5.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> рассчитать физико- технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами <b>навыки:</b>
	ПК-5.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> -навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; - навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Конструирование гибридных интегральных схем (ПК-4), Проектирование электронной компонентной базы (ПК-4); практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-4), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-4), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-5), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-5)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Патентование (ПК-4), Конструирование и технология электронных средств (ПК-5); практиках: Преддипломная практика (ПК-4),

Преддипломная практика (ПК-5); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-4), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-5)

### 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 и лабораторные занятия

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

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Раздел 1. Физико-химические основы процессов формирования новой фазы на поверхности подложки.</b>	<b>50</b>	ПК-4, ПК-5
Лекция. Лекция №1. Физико-химические основы процессов формирования новой фазы на поверхности подложки.	2	
Лекция. Лекция №2 Теоретические основы процессов гетерогенного фазообразования	2	
Лекция. Лекция №3 Гетерогенные процессы реакционной конденсации из газовой фазы	2	
Лекция. Лекция №4 Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы	2	
Лекция. Лекция №5 Специфика процессов фазообразования при твердо- и жидкофазных взаимодействиях.	2	
Лекция. Лекция №6 Процессы окисления	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 1 Исследование технологического процесса получения пленок методом термического испарения в вакууме	6	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 2 Исследование технологического процесса получения пленок методом конденсации ионной бомбардировкой	6	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 3 Исследование технологического процесса получения пленок методом магнетронного распыления	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовка к лабораторным занятиям, написание отчетов. Задание по курсовому проекту «Разработка технологического процесса производства электронного компонента»	20	ПК-4, ПК-5
<b>Раздел 2. Физико-химические основы процессов перераспределения вещества</b>	<b>32</b>	
Лекция. Лекция № 7 Процессы термодиффузионного легирования, протекающие за счет гетеродиффузии примесей.	2	
Лекция. Лекция № 8 Диффузионные процессы, стимулированные внешними и внутренними	2	

Лекция. Лекция № 9 Модифицирование	2	ПК-4, ПК-5
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 4 Исследование процесса термического отжига на характеристики резистивных пленок	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовка к лабораторным занятиям, написание отчетов. Выполнение курсовой работы	20	
<b>Раздел 3. Физико-химические основы процессов удаления вещества с поверхности твердой фазы- подложки.</b>	<b>30</b>	
Лекция. Лекция № 10 Процессы механического удаления вещества	2	
Лекция. Лекция № 11 Процессы химического удаления вещества	2	
Лекция. Лекция № 12 Процессы вакуум-термического удаления вещества	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 5 Исследование технологического процесса ионного травления пленок	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 6 Исследование технологического процесса химической очистки подложек	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовка к лабораторным занятиям, написание отчетов. Выполнение курсовой работы	20	
<b>Раздел 4. Управляемая интенсификация физико-химических процессов путем воздействия различных полей и излучений.</b>	<b>32</b>	ПК-4, ПК-5
Лекция. Лекция № 13 Нетермическая активация эпитаксиальных процессов.	4	
Лекция. Лекция № 14 Физико-химические основы процессов фото-, рентгено- и электронолитографии в технологии микроэлектроники	4	
Лабораторная работа. Лабораторная работа № 7 Исследование технологического процесса фотолитографии	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовка к лабораторным занятиям, написание отчетов. Выполнение курсовой работы	20	
Иная контактная работа: защита курсового проекта/работы	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

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

Изучение дисциплины Основы технологии электронной компонентной базы 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 Основы технологии электронной компонентной базы, 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 лабораторным работам включает ознакомление с планом лабораторного

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 Основы технологии электронной компонентной базы. Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины Основы технологии электронной компонентной базы, 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 Основы технологии электронной компонентной базы, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины Основы технологии электронной компонентной базы включает выполнение курсового проекта (работы), лабораторной работы. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине Основы технологии электронной компонентной базы является экзамен. по курсовой работе дифференцированный зачет.

## 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.	Кучумов, Александр Иванович. Электроника и схемотехника [Текст] : [учеб. пособие для студентов по специальностям "Компьютер. безопасность" и "Комплекс. обеспечение информ. безопасности автоматизир. систем"] / А. И. Кучумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Гелиос АРВ, 2005. - 335 с. ISBN 5-85438-138-9. Экземпляры: всего 37.	37
2.	Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники [Текст] : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. Изд. 3-е, стер. Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 383, [1] с. ISBN 978-5-8114-0866-5. Экземпляры: всего 15.	15
3.	Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники [Электронный ресурс] / Ефимов И. Е., Козырь И. Я. 3-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 384 с. ISBN 978-5-8114-0866-5.	<a href="https://e.lanbook.com/book/210218">https://e.lanbook.com/book/210218</a>
4.	Новиков, Юрий Витальевич. Основы микропроцессорной техники [Текст] : учеб. пособие / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов. 4-е изд., испр. М.: Интернет-Университет Информ. Технологий БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 357 с. ISBN 978-5-9963-0023-5. Экземпляры: всего 5.	5
5.	Смирнов, Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники [Электронный ресурс] / Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В. 2-е изд., испр.	<a href="https://e.lanbook.com/book/211292">https://e.lanbook.com/book/211292</a>

	Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 496 с. ISBN 978-5-8114-1379-9.	
6.	Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : в 2 т. : [учеб. пособие] / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. - (Нанотехнологии). Т. 2 : Технологические аспекты / [М. В. Акуленок и др.], 2011. - 252 с. ISBN 978-5-9963-0336-6. Экземпляры: всего 49.	49

## 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
-----------	---	---------------------------------	-------------------------

## 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.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения	отлично



### 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.

Ион – это частица ...

- 1) незаряженная
- 2) нейтральная
- 3) отрицательно заряженная
- 4) положительно заряженная

Электрон – это частица...

- 1) отрицательно заряженная
- 2) нейтральная
- 3) положительно заряженная
- 4) незаряженная

Технологический процесс состоит из....

- 1) технологических переходов
- 2) технологических этапов
- 3) технологических операций
- 4) технологических ходов

Электроника (от греч. Ηλεκτρον — электрон) – наука....

- 1) в которой изучаются процессы, происходящие с заряженными частицами
- 2) о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов и устройств для преобразования электромагнитной энергии, в основном для приёма, передачи, обработки и хранения информации
- 3) о взаимодействии электронов с электромагнитными полями, в основном для приёма, передачи, обработки и хранения информации

4) об устройствах на полупроводниковой элементной базе: транзисторах и полупроводниковых диодах

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Классифицируйте методы формирования новой фазы на поверхности подложки.
2. Классифицируйте процессы срастания.
3. Охарактеризуйте механизмы формирования новой фазы на подложке.
4. Охарактеризуйте переходный эпитаксиальный слой.
5. Основные критерии гетерогенного процесса реакционной конденсации из газовой фазы.
6. Катодное распыление. Характеристика.
7. Ионно-плазменное распыление. Характеристика.
8. Эпитаксия. Характеристика.
9. Химические методы нанесения пленок из растворов. Характеристика.
10. Электрохимические методы. Характеристика.
11. Стадии процесса электрокристаллизации. Характеристика.
12. Анодное окисление металлов и полупроводников.
13. Процессы сварки и пайки в технологии микроэлектроники.
14. Характер физико-химического взаимодействия в процессе сварки.
15. Оксидные пленки кремния.
16. От чего зависят выбор легирующего элемента.
17. От чего зависят выбор источника примесей.
18. Перераспределение при диффузии.
19. Внешние факторы влияющие на диффузионные процессы.
20. Внутренние факторы влияющие на диффузионные процессы.
21. Ионное легирование полупроводников.
22. Физические процессы, происходящие при ионном легировании.
23. Эффект каналирования.
24. Распределение внедренных ионов и носителей.
25. Радиационные дефекты в ионном внедрении.
26. Радиационно-стимулированная диффузия.
27. Дестабилизирующая обработка.
28. Стабилизирующая обработка.
29. Изменения структурных состояний в зависимости от вида обработки.

30. Геттерирование с помощью абразивных нарушений структуры приповерхностного слоя пластины.
31. Геттерирование точечных дефектов с помощью диффузионных слоев.
32. Геттерирование точечных дефектов при отжиге структур с ионно- имплантированными слоями.
33. Геттерирование точечных дефектов при воздействии лазерного излучения.
34. Геттерирование за счет образования в объеме или на поверхности полупроводника ионных пар.
35. Внутреннее геттериование.
36. Геттерирование с помощью тонких поверхностных слоев и пленок.
37. Внешнее геттерирование.
38. Процессы механического удаления вещества. Характеризуйте.
39. Разрушение хрупких тел.
40. Перемещение и взаимодействие дислокаций.
41. Взаимодействие дислокаций.
42. Влияние среды на процессы разрушения.
43. Механизмы разрушения полупроводниковых материалов в процессах механической обработки.
44. Кристаллографическая абразивная обработка монокристаллов кремния.
45. Полирование.
46. Разделение пластин на заготовки.
47. Химическое удаление вещества.
48. Механизмы химического удаления загрязнения с подложки.
49. Процессы травления.
50. Чем объясняется анизотропное травление.
51. Травление в парогазовых смесях.
52. Вакуум-термическое испарение.
53. Поясните диаграмму состояния однокомпонентной системы.
54. Опишите влияние факторов на скорость испарения металлов.
55. Ионно-плазменное травление. Сущность. Преимущества и недостатки.
56. Плазмохимическое травление. Сущность. Преимущества и недостатки.
57. Охарактеризуйте недостатки теплового воздействия на технологические процессы микроэлектроники.
58. Опишите действие внешнего электрического поля на процесс эпитаксии.

59. Опишите действие электрического поля на конденсированную фазу при эпитаксии.
60. Влияние излучений на процесс эпитаксии.
61. Влияние излучений на состояние газовой фазы.
62. Влияние излучений на адсорбционные и каталитические свойства поверхности полупроводников.
63. Опишите физико-химическую сущность фотолитографии.
64. Фоторезист. Требования, предъявляемые к фоторезистам.
65. Фотохимические процессы в фоторезистах.
66. Технологический процесс фотолитографии.
67. Рентгенолитография.
68. Электроннолитография с управляемым пучком.
69. Проекционная электроннолитография.