

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

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

02.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.24 Микроэлектронные датчики

*(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	36	часов
Практические занятия	-	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:

профессор с ученой степенью доктора наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	И.И. Попов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

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

(наименование кафедры)		
17.01.2022	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 07.02.2022 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> знание физических и химических процессов в изделиях микроэлектроники, в частности, датчиков физических величин - сенсоров <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> проектировать современные наноэлектронные датчики и сенсоры <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> владеет методами и средствами проектирования наноэлектронных датчиков и сенсоров

## 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: Физика конденсированного состояния (ОПК-1), Химия (ОПК-1), Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Функциональная электроника (ОПК-1), Физические основы электроники (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Основы нанотехнологии (ОПК-1), Основы лучевых и плазменных технологий (ОПК-1), Основы оптоэлектроники (ОПК-1), Технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники (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 и лабораторные 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>Раздел 1. Базовые понятия и методология функционирования датчиков и сенсоров</b>	<b>14</b>	ОПК-1
Лекция. Лекция 1. Введение в курс. Термины и определения. Элементы метрологии	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №1. Определение погрешностей измерений	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение подготовка к опросам на лекциях, выполнение тестовых заданий, подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по выполняемым работам	10	
<b>Виды микроэлектронных датчиков</b>	<b>62</b>	ОПК-1
Лекция. Лекция 2. Датчики на основе гальваномагнитных эффектов	2	
Лекция. Лекция 3. Датчики давления. Датчики температуры и теплового излучения	2	
Лекция. Лекция 4. Газоанализаторы. Датчики влажности	2	
Лекция. Лекция 5. Перспективные направления в микросенсорике	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №2. Изготовление и исследование тонкопленочного датчика на основе эффекта Холла	8	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №3. Изготовление и исследование тензорезисторов	8	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №4. Разработка и исследование терморезистивного датчика	8	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №5. Разработка и исследование датчиков на основе окислов металлов	8	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение подготовка к опросам на лекциях, выполнение тестовых заданий, подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по выполняемым работам	22	
<b>Датчики в вакуумно-плазменной технике и технологии</b>	<b>32</b>	ОПК-1
Лекция. Лекция. Вакуумные датчики	4	
Лекция. Лекция. Кварцевый датчик измерения толщины пленок в процессе создания	2	
Лекция. Лекция. Эллипсометрический датчик измерения толщины пленок в процессе создания	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №6. Изучение работоспособности баратронов и течеискателей	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение подготовка к опросам на лекциях, выполнение тестовых заданий, подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по выполняемым работам	22	
Иная контактная работа: зачет	0	

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

Изучение дисциплины "Микроэлектронные датчики" 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 занятиям **семинарского типа** 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. 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 включает выполнение лабораторной работы. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине 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, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Родионов, Ю. А. Химические технологии в производстве микроэлектромеханических систем [Электронный ресурс] / Родионов Ю. А. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 220 с. ISBN 978-5-8114-9566-5.	<a href="https://e.lanbook.com/book/324977">https://e.lanbook.com/book/324977</a>
2.	Вавилов, В. Д. Микросистемные датчики физических величин: в двух частях [Электронный ресурс] : монография / В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. Москва: Техносфера, 2018. - 550 с. ISBN 978-5-94836-498-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/110960">https://e.lanbook.com/book/110960</a>
3.	Шарапов, В. М. Датчики [Электронный ресурс] : справочное пособие / Шарапов В. М., Полищук Е. С., Кошевой Н. Д., Ишанин Г. Г.; Минаев И.Г., Совлуков А.С. Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. Москва: Техносфера, 2012. - 624 с. ISBN 978-5-94836-316-5.	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73560">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73560</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.	411 (III)	Агрегат электронасосный ХЦМ 1/10 (1), Муфельная печь МИПМ-3л (1), ОСЦИЛЛОГРАФ С1-64-А (1), ШКАФ ВЫТЯЖ ЛД-221 (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

## 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.

Какая погрешность характеризует точность измерения датчика

- 1) абсолютная
- 2) приведенная
- 3) относительная
- 4) средне-квадратичная

Какие электрические схемы используются для формирования выходного сигнала пассивных сенсоров

- 1) мостовая
- 2) дискриминатор
- 3) сумматор
- 4) повторитель

Для регистрации каких величин применяются датчики Холла:

- 1) тепловых
- 2) электрических
- 3) магнитных
- 4) акустических

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Устройство и принцип действия датчиков магнитного поля на основе эффекта Холла
2. Устройство и принцип действия магниторезистивных преобразователей
3. Устройство и принцип действия гальваномагнитных преобразователей
4. Устройство и принцип действия гальваномагниторекомбинационных преобразователей
5. Устройство и принцип действия магниточувствительных интегральных схем.
6. Устройство и принцип действия первичных тензопреобразователей
7. Устройство и принцип действия интегральных тензопреобразователей давления.
8. Устройство и принцип действия тензорезисторов на мембранах полупроводниковых и интегральных преобразователей давления
9. Устройство и принцип действия терморезистивных датчиков
10. Устройство и принцип действия термоэлектрических контактных датчиков

11. Устройство и принцип действия полупроводниковых датчиков температуры на основе р-п перехода
12. Устройство и принцип действия детекторов ИК-излучений
13. Устройство и принцип действия датчиков на основе окислов металлов
14. Устройство и принцип действия датчиков на основе органических полупроводников
15. Устройство и принцип действия каталитических датчиков
16. Устройство и принцип действия электрохимических газовых датчиков
17. Устройство и принцип действия датчиков на основе МДП-структур
18. Устройство и принцип действия газовых датчиков с барьером Шоттки
19. Устройство и принцип действия сорбционных датчиков влажности
20. Устройство и принцип действия баратронов
21. Устройство и принцип действия течеискателей