

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.1.2.17 Специальные технологии нанoeлектронного приборостроения

(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 | 108 / 3 | часов/зачетных единиц |
| Лекции | 16 | часов |
| Лабораторные работы | - | часов |
| Практические занятия | 32 | часов |
| Иная контактная работа | - | часов |
| Всего контактной работы (без учета экз.) | 48 | часов |
| Контактная работа по экзамену | - | часов |
| Курсовой проект (работа) | - | семестр |
| Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.) | 60 | часов |
| Самостоятельная работа по подготовке к экзамену | - | часов |
| Экзамен | - | семестр |
| Зачет | 7 | 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) | |
| 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. 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. | знания: Знает принцип учета видов и объемов производственных работ. умения: навыки: |
| | ПК-5.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования. | знания: умения: Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования. навыки: |
| | ПК-5.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации. | знания: умения: навыки: Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации. |

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (распределенная) (ПК-5), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-5)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Конструирование и технология электронных средств (ПК-5); государственной итоговой аттестации в форме: 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 занятия

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

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Виды и темы занятий | Количество часов | Формируемые компетенции |
|--|------------------|-------------------------|
| Моделирование физических процессов, происходящих в квантоворазмерных структурах | 108 | ПК-5 |
| Лекция. Введение в нанотехнологию в электронике. | 2 | |
| Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике | | |
| Лекция. Физические основы нанoeлектроники | 2 | |
| Лекция. Простейшие виды низкоразмерных объектов | 2 | |
| Лекция. Технические средства нанотехнологии | 2 | |
| Лекция. Эпитаксиальные методы получения наноструктур | 2 | |
| Лекция. Приборы нанoeлектроники | 2 | |
| Лекция. Методы локальной модификации поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии | 2 | |
| Лекция. Нанотранзисторы | 2 | |
| Практическое занятие. Моделирование энергетического спектра электрона в твердом теле | 4 | |
| Практическое занятие. Моделирование энергетического спектра электрона энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме с бесконечно высокими стенками | 4 | |
| Практическое занятие. Моделирование энергетического спектра электрона энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме со стенками конечной высоты | 4 | |
| Практическое занятие. Моделирование движения электрона вблизи потенциальной ступеньки | 4 | |
| Практическое занятие. Моделирование движения электрона через потенциальный барьер конечной толщины | 4 | |
| Практическое занятие. Метод матриц переноса при моделировании энергетического спектра электрона в слоистых квантоворазмерных структурах | 4 | |
| Практическое занятие. Движение электрона через двухбарьерную квантоворазмерную структуру. | 4 | |
| Практическое занятие. Моделирование движения электрона через трехбарьерную квантоворазмерную структуру | 4 | |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовку отчетов по практическим работам, а также изучение теоретического материала для защиты отчета. | 60 | |
| Иная контактная работа: | 0 | |

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **Б.1.2.17 Специальные технологии нанoeлектронного приборостроения**

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 **Б.1.2.17 Специальные технологии нанoeлектронного приборостроения**, 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; сформулировать выводы.

практические рекомендации.

Подготовка к занятиям семинарского типа 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.1.2.17 Специальные технологии наноэлектронного приборостроения**. Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины **Б.1.2.17 Специальные технологии наноэлектронного приборостроения**, 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 **Б.1.2.17 Специальные технологии наноэлектронного приборостроения**, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины **Б.1.2.17 Специальные технологии наноэлектронного приборостроения** 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.1.2.17 Специальные технологии наноэлектронного приборостроения** 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 |
|---|--|---|
| УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ | | |
| 1. | 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 |
| 2. | Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст] : лабораторный практикум для студентов по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и нанoeлектроника", 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 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Issledovaniye_parametrov_passivnykh_tonkoplennoknykh_elementov_2021.pdf |
| 3. | Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении [Текст] : | 7 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_i |

| | | |
|---|---|---|
| | 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. | gotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primeniya_v_priborostroyenii_2022.pdf |
| 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 университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3. Экземпляры: всего 5. | 5 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplenochnyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf |
| 5. | Багнюк, Виталий Викторович. Автоматика [Текст] : [учеб. пособие] / В. В. Багнюк, А. Р. Ротт; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 107 с. ISBN 978-5-8158-0923-9. Экземпляры: всего 48. | 48 / https://portal.volgatech.net/books/Bagnjuk_avtomatika.pdf |
| ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ | | |
| 1. | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | http://elibrary.ru |
| 2. | Издательство Springer (SpringerOpen) | https://www.springeropen.com |
| 3. | Издательство Elsevier | https://www.sciencedirect.com/ |
| ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ | | |
| 1. | Справочно-правовая система Консультант+ | http://www.consultant.ru |
| 2. | Информационно-правовой портал Гарант | http://www.garant.ru |
| 3. | Профессиональные справочные системы Техэксперт | http://www.cntd.ru |

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. | 417 (III) | Проектор мультимедийный Hitachi | Microsoft Windows |

| | | | |
|----|------------|--|---|
| | | СР-Х 5 (1), Учебная лаборатория NanoEducator-8 Basic (1), Комплект учебной мебели (1) | 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, MATLAB Suite Classroom, Mathcad University Classroom Perpetual - 40 |
| 2. | 420a (III) | ИЗМЕРИТ ДОБРОТНОСТИ (1), ПРИБОР А2Х Х1-42 (1), Радиоизмерительный прибор - измеритель иммитанса Е7-20 (3), 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, MATLAB Suite Classroom, Mathcad University Classroom Perpetual - 40 |

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) Математическое описание движение электрона в квантовой яме с конечными стенками 2) Математическое описание движения электрона в потенциальной яме со стенками конечной величины 3) Метод матриц переноса при описании движения электрона через потенциальный барьер 4) Математическое описание движения электрона вблизи потенциальной ступеньки 5) Моделирование движения электрона через двухбарьерную квантоворазмерную структуру

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

- 1) Технологические аспекты перехода от микро к нанoeлектронике.
- 2) Технологии получения наноразмерных приборов электронной техники.
- 3) Основные материалы, применяемые в нанoeлектронике.
- 4) Приборы на квантовых эффектах.
- 5) Простейшие наноразмерные объекты.