

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.1.2.6 Фотовольтаика и наноплазмоника

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Электронные приборы и устройства

Курс 3
Семестр 6

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) | - | семестр |
| Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.) | 80 | часов |
| Самостоятельная работа по подготовке к экзамену | 30 | часов |
| Экзамен | 6 | 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:

| | | | |
|--|-----------|-------------|----------------|
| 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-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроник и различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков. | знания: Знать методики построения математических моделей умения: Уметь строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков. навыки: |
| | ПК-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования. | знания: умения: навыки: Владеть навыками компьютерного моделирования. |

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 практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Наноэлектроника (ПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-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

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6 семестр

| Виды и темы занятий | Количество часов | Формируемые компетенции |
|--|------------------|-------------------------|
| Фотовольтаика и наноплазмоника | 144 | ПК-1 |
| Лабораторная работа. Исследование выходных параметров фотоэлектрического преобразователя при различных значениях нагрузки. | 4 | |
| Лабораторная работа. Исследование зависимости тока короткого замыкания от интенсивности падающего оптического излучения для фотоэлектрического преобразователя | 5 | |
| Лабораторная работа. Исследование напряжения холостого хода фотоэлектрического преобразователя при различных углах наклона относительно источника излучения | 5 | |
| Лабораторная работа. Исследование режимов работы фотоэлектрической системы | 5 | |
| Лабораторная работа. Исследование изменения мощности фотоэлектрического преобразователя при различных значениях рабочей температуры | 5 | |
| Лабораторная работа. Изготовление фотоэлектрических преобразователей на стеклянной подложке | 8 | |
| Лекция. Фотоэффект. Три закона фотоэффекта. | 4 | |
| Лекция. Вентильный фотоэффект. Структуры на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта. | 4 | |
| Лекция. Преобразование электромагнитного излучения оптического диапазона в фотоэдс. | 2 | |
| Лекция. Кремний. Основные материалы для производства фотоэлектрических преобразователей. | 4 | |
| Лекция. Спектральные и вольт-амперные характеристики солнечных модулей. Методы измерения параметров солнечных модулей | 2 | |
| Лекция. Виды технологического оборудования для производства солнечных модулей на основе кремния и основные принципы его технического обслуживания | 4 | |
| Лекция. Строение и свойства кристаллических и аморфных полупроводников. | 4 | |
| Лекция. Спектральный отклик и фототок. Экспериментальные характеристики и методы расчета | 4 | |
| Лекция. Влияние температуры и радиации на параметры фотоэлектрических преобразователей | 4 | |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовку отчетов по практическим работам, подготовку к опросам на занятиях, проработку теоритической части лабораторных работ. | 80 | |
| Иная контактная работа: | 0 | |
| Подготовка к экзамену | 30 | |
| Проведение экзамена | 6 | |

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **Б.1.2.6 Фотовольтаика** и **наноплазмоника** 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 **Б.1.2.6**

Фотовольтаика и **наноплазмоника**.

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.1.2.6 Фотовольтаика** и **наноплазмоника** включает выполнение **лабораторных работ**.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **Б.1.2.6 Фотовольтаика** и **наноплазмоника** является **экзамен**.

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. | Солнечная энергетика [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Электроэнергетика"] / В. И. Виссарионов [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. 2-е изд., стер. М.: МЭИ, 2011. - 276 с. ISBN 978-5-383-00608-5. Экземпляры: всего 25. | 25 |
| 2. | 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 | 7 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_izgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primene |

| | | |
|--|---|---|
| | 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. | niya_v_priborostroyenii_2022.pdf |
| 3. | Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Вакуумные тонкопленочные технологии в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и нанoeлектроника", 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 |
| 4. | Данилин, А. А. Измерения в радиоэлектронике [Текст] : Учебное пособие для вузов / Данилин А. А., Лавренко Н. С.; Данилин А. А. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 408 с. ISBN 978-5-507-44962-0. | https://e.lanbook.com/book/254642 |
| 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. | 420а (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 |

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 практических работ | 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.

- 1) Собрать и исследовать режимы работы фотоэлектрической станции.
- 2) Измерить ток короткого замыкания фотоэлектрического элемента при изменении интенсивности падающего оптического излучения.
- 3) Измерить напряжение холостого хода при изменении интенсивности падающего оптического излучения.
- 4) Рассчитать точку максимальной мощности различных типов фотоэлектрических преобразователей.
- 5) Подключить контроллер заряда-разряда в фотоэлектрическую систему.
- 6) Подключить инвертор электрического питания в автономную фотоэлектрическую систему и запитать от него нагрузку, рассчитанную на напряжение 220 В.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

- 1) Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии. Монокристаллические, поликристаллические и аморфные фотоэлектрические преобразователи.
- 2) Основные элементы фотоэлектрических систем. Виды фотоэлектрических систем и их принципиальные схемы.
- 3) Основные параметры фотоэлектрических преобразователей (мощность, КПД, температурный коэффициент, темновой ток, материалы).
- 4) Факторы, определяющие КПД фотоэлектрического преобразователя. Способы и технологии увеличения КПД.
- 5) Эквивалентная схема и вольтамперная характеристика реального фотоэлектрического преобразователя.
- 6) Влияние температуры на параметры солнечных элементов. График зависимости выходной мощности от температуры для фотоэлектрического преобразователя.
- 7) Параллельное и последовательное соединение фотоэлектрических элементов. Схемы соединения и вольтамперные характеристики.
- 8) Фотоэффект и его физический смысл.
- 9) Три закона фотоэффекта.
- 10) Определение вентильного фотоэффекта. Структуры, на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта. Применение таких структур.
- 11) Условия испытания солнечных элементов. Стандартные (STC) и реальные (PTS) условия испытаний.
- 12) Основные и перспективные материалы для изготовления фотоэлектрических преобразователей.
- 13) Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания солнечных элементов. Физический смысл и осуществление измерений.
- 14) Назначение и использование инверторов для фотоэлектрических систем. Функциональная схема инвертора.
- 15) Назначение и использование контроллеров заряда-разряда для фотоэлектрических систем.

Классификация контроллеров заряда-разряда. Схема подключения.

16) Основные режимы работы фотоэлектрических преобразователей с аккумуляторами электрической энергии.

17) Основные технологии получения поли и монокристаллического кремния.