

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

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

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

М.1.2.2 Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии

*(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

1

Семестр

1

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	14	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	14	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	28	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	1	семестр
Зачет	-	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)		
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 12.03.2024 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-7 Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	ПК-7.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения.	<b>знания:</b> Знать схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения. <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-7.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь подготавливать технические задания на выполнение проектных работ. <b>навыки:</b>
	ПК-7.3. Владеет навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники.
2. ПК-8 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	ПК-8.1. Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные	<b>знания:</b> Знать принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства. <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-8.2. Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь разрабатывать приборы и системы электронной техники. <b>навыки:</b>
	ПК-8.3. Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и наноэлектроники.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и наноэлектроники.
3. ПК-9 Способен разрабатывать проектно-конструкторскую	ПК-9.1. Знает нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации.	<b>знания:</b> Знать нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации. <b>умения:</b> <b>навыки:</b>

документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-9.2. Умеет использовать стандарты и нормативные требования при разработке документации.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь использовать стандарты и нормативные требования при разработке документации. <b>навыки:</b>
	ПК-9.3. Владеет навыками выпуска документации для организации серийного выпуска изделий.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками выпуска документации для организации серийного выпуска изделий.

## 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: Автоматизированные и электронные системы управления (ПК-7), Робототехника (ПК-8), Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии (ПК-9)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства (ПК-9); практиках: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-7); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-8)

## 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

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Исследование технологий изготовления и выходных характеристик фотоэлектрических тонкопленочных преобразователей солнечной энергии</b>	<b>108</b>	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии	2	
Лекция. Основные элементы фотовольтаических систем	2	
Лекция. Фотовольтаический эффект в р–п-переходах	2	
Лекция. Основные параметры фотоэлектрических	2	

преобразователей		
Лекция. Эквивалентная схема и вольт-амперная характеристика реального фотоэлектрического преобразователя	2	
Лекция. фотоэлектрические преобразователи на основе аморфного кремния	2	
Лекция. Изготовление фотоэлектрических преобразователей на стеклянной подложке	2	
Практическое занятие. Исследование выходных параметров фотоэлектрического преобразователя при различных значениях нагрузки	2	
Практическое занятие. Исследование зависимости тока короткого замыкания от интенсивности падающего оптического излучения для фотоэлектрического	2	
Практическое занятие. Исследование напряжения холостого хода фотоэлектрического преобразователя при различных углах наклона относительно источника излучения	2	
Практическое занятие. Исследование режимов работы фотоэлектрической системы	4	
Практическое занятие. Исследование изменения мощности фотоэлектрического преобразователя при различных значениях рабочей температуры	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 практических работ.	80	
Иная контактная работа:	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

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

Изучение дисциплины [М.1.2.2 Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии](#)

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 **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.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины [М.1.2.2 Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии](#), 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 **М.1.2.2 Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии** включает выполнение практических работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **М.1.2.2 Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии** 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
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	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_primene_niya_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_i_zgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primene_niya_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>
2.	Головатенко-Абрамова, Маргарита Павловна. Задачи по электронике [Текст] / М. П. Головатенко-Абрамова, А. М. Лапидес. М.: Энергоатомиздат, 1992. - 108 с. ISBN 5-283-01605-6. Экземпляры: всего 51.	51
3.	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	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>
4.	Леухин, Владимир Николаевич. Проектирование радиоэлектронных узлов [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2003. - 159 с. Экземпляры: всего 60.	60

5.	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.volgattech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf">https://portal.volgattech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf</a>
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ</b>		
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>
<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ</b>		
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.	420 (III)	ИЗМЕРИТЕЛЬ ФК2-12 (1), Многофункциональная ремонтная паяльная станция ASE-4313 (1), Многофункциональная ремонтная паяльная станция АТР-4302 (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.	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.

Билет №0

- 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).



Примеры заданий:

- 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.