

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция D[7] Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

Трудовая функция D/01.7 Анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине | Задачи профессиональной деятельности | Индикаторы достижения подкомпетенций |
|---|---|---|
| ПК-1.ФТФПЭ Способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области материалов и технологий фотоэлектрических преобразователей энергии | <i>Научно-исследовательский тип задач:</i> сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи | Знание основных видов полупроводниковых преобразователей энергии, современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, особенности взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками. Умение обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Опыт проведения исследований фотоэлектрических преобразователей энергии с применением современных средств и методов. |

Компетенция ПК-2 «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий микро- и наноэлектроники» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

40.005 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция C[7] Процессы жизненного цикла продукции

Трудовая функция С/02.7 Планирование разработки продукции в части, касающейся контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов, а также их разработки и выбора

С/08.7 Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов

40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

Обобщенная трудовая функция В[7] Разработка и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования, технологической оснастки, необходимых режимов производства на выпускаемую организацией продукцию

Трудовые функции В/01.7 Разработка технологических процессов и внедрение их в производство

В/02.7 Оптимизация параметров технологических операций

В/03.7 Освоение и внедрение технологических процессов и необходимых режимов производства на выпускаемую продукцию

В/04.7 Экспериментальные работы и освоение новых технологических процессов

В/05.7 Экспериментальные работы и освоение нового оборудования и технологической оснастки

В/06.7 Экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине | Задачи профессиональной деятельности | Индикаторы достижения подкомпетенций |
|--|---|--|
| <p>ПК-2.ФТФПЭ Способен разрабатывать типовые лабораторные технологические регламенты для получения фотоэлектрических материалов</p> | <p><i>Научно-исследовательский тип задач:</i> сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи</p> | <p>Знание основных технологических процессов формирования фотоэлектрических преобразователей энергии. Умение обоснованно выбирать методы измерения и расчета характеристик фотоэлектрических преобразователей энергии. Имеет опыт разработки технологических маршрутов и процессов изготовления фотоэлектрических преобразователей энергии.</p> |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Материалы

электронной техники», «Общее материаловедение», «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур».

Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа | | | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | | | Лекции (часы) | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) | | |
| 2 | 3 | 3 | 108 | 16 | - | 32 | 60 | ЗаО |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля | Контактная работа | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля |
|--|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|---|
| | Лекции (часы) | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) | | |
| 1. Физические процессы и явления, лежащие в основе фото-электрического преобразования энергии. | - | - | 16 | 20 | Контроль выполнения индивидуального задания |
| | | | | | Тестирование 1 |
| 2. Принципы работы, структура и классификация фото-электрических преобразователей энергии. | 8 | - | 8 | 20 | Контроль выполнения индивидуального задания |
| | | | | | Тестирование 2 |
| 3. Технология фотоэлектрических преобразователей энергии. | 8 | - | 8 | 20 | Защита индивидуального задания |
| | | | | | Тестирование 3 |

4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание |
|---------------------|----------|----------------------|--|
| 2 | 1 | 2 | Классификация фотоэлектрических систем. Структура простейшего солнечного элемента. |
| | 2 | 2 | Основные элементы фотовольтаических систем преобразования солнечной энергии. Применение фотоэлектрических преобразователей энергии. |
| | 3 | 2 | Эквивалентная схема и вольт-амперная характеристика идеального солнечного элемента под освещением. Основные параметры солнечного элемента. |
| | 4 | 2 | ВАХ реального солнечного элемента и влияние на нее различных факторов. |
| 3 | 5 | 2 | Факторы, определяющие КПД солнечного элемента. |
| | 6 | 2 | Технология СЭ на основе монокристаллического Si. |
| | 7 | 2 | Технология СЭ на основе поликристаллического Si. |
| | 8 | 2 | Солнечные элементы на основе монокристаллических соединений $A^{III}B^V$. |

4.2. Практические занятия

| № модуля дисциплины | № практического занятия | Объем занятий (часы) | Наименование занятия |
|---------------------|-------------------------|----------------------|--|
| 1 | 1 | 2 | Солнечное излучение. Взаимодействие солнечного излучения с атмосферой. |
| | 2 | 2 | Взаимодействие излучения с полупроводником. Отражение излучения от поверхности полупроводника. |
| | 3 | 2 | Оптическое поглощение в полупроводниках. Коэффициент поглощения. |
| | 4 | 2 | Оптическое поглощение в полупроводниках. Механизмы оптического поглощения. |
| | 5 | 2 | Световая генерация неравновесных носителей заряда. |
| | 6 | 2 | Рекомбинация носителей заряда. |
| | 7 | 2 | Фотоэлектрические явления в полупроводниках. |
| | 8 | 2 | Фотоэлектрические явления в полупроводниках (продолжение). |
| 2 | 9 | 2 | Расчет фототока, генерируемого в солнечном элементе. |
| | 10 | 2 | Принцип действия СЭ. Ограничение Шокли-Квиссера. |
| | 11 | 2 | Солнечные элементы с гетеропереходом. |

| № модуля дисциплины | № практического занятия | Объем занятий (часы) | Наименование занятия |
|---------------------|-------------------------|----------------------|--|
| | 12 | 2 | Солнечные элементы с концентраторами солнечного излучения. |
| 3 | 13 | 2 | Формирование электрических контактов СЭ. Уменьшение потерь на отражение и пропускание. |
| | 14 | 2 | Технология СЭ на основе тонких слоев кристаллического Si. |
| | 15 | 2 | Технология СЭ на основе аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического Si. |
| | 16 | 2 | Технология СЭ на основе CdTe. Технология СЭ на основе CIS и SIGS. |

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС |
|---------------------|----------------------|---|
| 1-3 | 8 | Изучение теоретического материала по теме лекций |
| | 16 | Подготовка к практическим занятиям |
| | 10 | Подготовка к тестированию по модулям |
| | 26 | Выполнение индивидуального задания по анализу процессов изготовления и методов исследования параметров фотоэлектрических преобразователей энергии и подготовка к защите индивидуального задания |

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модули 1-3

✓ теоретический материал, учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, подготовки к тестированию, подготовки индивидуального задания, материалы для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. - М.: ДМК Пресс, 2011. - 144 с. - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/905> (дата обращения: 15.09.2020).
2. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения: Учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. - СПб.: Лань, 2012. - 480 с. - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4544> (дата обращения: 10.09.2020).
3. Раков Э. Г. Неорганические наноматериалы : Учеб. пособие / Э. Г. Раков. - 2-е изд., электронное. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 480 с. - (Нанотехнологии). - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70727> (дата обращения: 12.09.2020).
4. Шерченков А.А. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии: Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Шерченков, Ю. И. Штерн. - М.: МИЭТ, 2006. - 164 с.
5. Шерченков А.А. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии: Учеб. пособие. Ч. 2 / А. А. Шерченков, Б. Г. Будагян. - М.: МИЭТ, 2007. - 280 с.
6. Будагян Б. Г. Материалы электронной техники: Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б. Г. Будагян, А. А. Шерченков. - М.: МИЭТ, 2001. - 56 с.
7. Шерченков А.А. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А. А. Шерченков, Ю. И. Штерн. - М.: МИЭТ, 2004. - 88 с.
8. Пасынков В.В. Материалы электронной техники [Текст] / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с.
9. Будагян Б.Г. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б. Г. Будагян, Ю. И. Штерн, А. А. Шерченков. - М.: МИЭТ, 1997. - 140 с.
10. Айвазов А.А. Аморфный гидрогенизированный кремний и приборы на его основе : Учеб. пособие / А. А. Айвазов, Б. Г. Будагян. - М.: МИЭТ, 1996. - 72 с.
11. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Учеб. пособие / В. Г. Лабейш. - СПб.: СЗТУ, 2003. - 79 с. - Текст: электронный // Единое окно доступа к информационным ресурсам [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/928/24928> (дата обращения: 31.08.2020).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека:** сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 08.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Лань: электронно-библиотечная система.** – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. **Единое окно доступа к информационным ресурсам:** сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". – Москва, 2005-2010. - URL: <http://window.edu.ru/catalog/> (дата обращения: 28.08.2020).

4. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
5. **GoogleScholar:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
6. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство : сайт. – Американское химическое общество, 2021. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
7. **Electrochemical Society:** сайт / Научное издательство IOP Publishing, 2021. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
8. **Springer:** сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
9. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
10. **Научометрическая база данных Web of Science:** сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий). Обучение может реализовываться в полном объеме с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОС «Домашние задания», электронная почта.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеолекций, тестирования в ОРИОКС и ZOOM.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения |
|---|---|---|
| Учебная аудитория | Мультимедийное оборудование | ОС Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus браузер |

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения |
|---|---|--|
| | | Acrobat reader DC |
| Помещение для самостоятельной работы | Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ | Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC |

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции ПК-1.ФТФПЭ «Способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области материалов и технологий фотоэлектрических преобразователей энергии».

2. ФОС по подкомпетенции ПК-2.ФТФПЭ «Способен разрабатывать типовые лабораторные технологические регламенты для получения фотоэлектрических материалов»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Все содержание дисциплины разбито на 3 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Модуль 1 знакомит студентов с физическими процессами и явлениями, лежащими в основе фотоэлектрического преобразования энергии. Модуль 2 дает студентам сведения о принципах работы, структуре и классификации фотоэлектрических преобразователей энергии. Модуль 3 знакомит студентов с технологией фотоэлектрических преобразователей энергии.

Освоение модуля 2 и 3 должно быть после освоения модуля 1, освоение модулей 2 и 3 может идти параллельно.

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

• **лекции**, цель которых состоит в ознакомлении с классификацией нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии, основами использования различных видов нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

• **практические занятия**, цель проведения которых – углубленное изучение термоэлектрических явлений, классификации и требований к термоэлектрическим материалам;

• **внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Выполнение индивидуального задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение современных методов для исследований параметров исследования параметров возобновляемых источников энергии.

Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на практических занятиях. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Оцениваться будет не только качество выполнения научного исследования и доклада, но и активное участие в обсуждении тем, представленных одногруппниками.

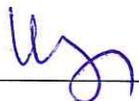
11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачёт с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта по дисциплине разработан ФОС, включающий тестовое задание и практическое задание по проверке сформированности подкомпетенции с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

| Сумма баллов | Оценка |
|--------------|--------|
| Менее 50 | 2 |
| 50 – 69 | 3 |
| 70 – 85 | 4 |
| 86 – 100 | 5 |

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор Института ПИМТ, д.т.н., профессор  /А.А. Шерченков/

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Микроэлектроника и твердотельная электроника» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ  /А.В.Железнякова/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

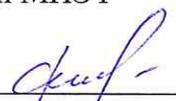
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/