

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 04.09.2025 11:05:09
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
И.Г.Игнатова
«2» сентября 2020 г.
М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии»

Направление подготовки – 28.04.03 «Нanomатериалы»
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов для сенсорики»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-1 «Способен проводить экспериментальные исследования, участвовать в разработке современных технологических маршрутов и процессов по производству изделий сенсорики» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.006** «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

Обобщенная трудовая функция С[7] Осуществление технического руководства проектно-исследовательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей

Трудовая функция - С/01.7 Организация выполнения научно-исследовательских работ в соответствии с тематическим планом отдела (отделения)

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1. ФТФПЭС способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области фотоэлектрических преобразователей энергии	– Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа – Поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной и патентной поддержки проводимых исследований	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. Имеет опыт проведения исследований фотоэлектрических преобразователей энергии с применением современных средств и методов.

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.

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций.

Изучение модуля «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Материалы электронной техники», «Общее материаловедение», «Технологии наноматериалов».

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	Зач

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	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость
2. Принципы работы, структура и классификация фото-электрических преобразователей энергии.	8	-	8	20	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость
3. Технология фотоэлектрических преобразователей энергии.	8	-	8	20	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость

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.
	12	2	Солнечные элементы с концентраторами солнечного излучения.
3	13	2	Формирование электрических контактов СЭ. Уменьшение потерь на

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
			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 занятия

Не предусмотрено.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Изучение теоретического материала по теме лекций
1-3	16	Подготовка к практическим занятиям
1-3	10	Подготовка к тестированию по модулям
1-3	26	Подготовка 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/>):

Модуль 1 «Физические процессы и явления, лежащие в основе фото-электрического преобразования энергии»

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 «Принципы работы, структура и классификация фото-электрических преобразователей энергии»

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 3 «Технология фотоэлектрических преобразователей энергии»

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов 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. **Наукометрическая 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** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Обучение может реализовываться в полном объеме с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

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

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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); 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 фотоэлектрических преобразователей энергии».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены 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

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

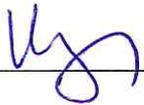
Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и итоговая аттестация (в сумме - 100 баллов).

Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

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 ПМТ, д.т.н., профессор  /А.А. Шерченков/

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов для сенсорики» 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/