

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 28.07.2025 14:42:59
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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

А.Г. Балашов
«28» февраля 2025 г.
М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-2 «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий микро- и нанoeлектроники» **сформулирована на основе профессионального стандарта** 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них».

Обобщенная трудовая функция - 40.005 С[7] Процессы жизненного цикла продукции

Трудовая функция - 40.005 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

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.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.

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 дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Физика», «Химия», «Основы физической химии», «Физическая химия», «Материалы электронной техники», «Общее материаловедение», «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур».

Формируемые в процессе изучения дисциплины 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	За

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.

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
	11	2	Солнечные элементы с гетеропереходом.
	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: 15.02.2025).
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: 10.02.2025).
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: 12.02.2025).
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: 31.01.2025).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека:** сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 08.02.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Лань: электронно-библиотечная система.**— Санкт-Петербург, 2011. — URL: <https://e.lanbook.com/>(дата обращения: 21.01.2025). — 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: 28.01.2025).
4. **Российская государственная библиотека:** сайт. — Москва, 1999-2020. — URL: <http://www.rsl.ru>(дата обращения: 10.02.2025).

5. **Google Scholar:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.02.2025). – Режим доступа: свободный.
6. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство : сайт. – Американское химическое общество, 2021. – URL: <http://pubs.acs.org>(дата обращения: 11.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
7. **Electro chemical Society:** сайт / Научное издательство IOP Publishing, 2021. – URL:<https://iopscience.iop.org/partner/ecs>(дата обращения: 29.01.2025). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
8. **Springer:** сайт. – URL:<http://link.springer.com> (дата обращения: 29.01.2025). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
9. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.01.2025). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
10. **Научно метрическая база данных Web of Science:** сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.01.2025). - 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.

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 № 4136 «Лаборатория микроскопии»	Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный компьютеры, принтеры, интернет	Операционная система Windows, пакет MS Office

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы.	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows, MS Office, браузер, Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.ФТФПЭ «Способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области материалов и технологий фотоэлектрических преобразователей энергии».

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

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

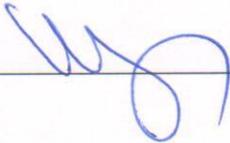
Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и итоговая аттестация (в сумме - 100 баллов).

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

При выставлении зачёта используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	незачёт
50 – 100	зачёт

РАЗРАБОТЧИК:

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

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 28 февраля 2025 года, протокол № 18

Директор Института ПМТ



/С.В.Дубков/

Лист согласования

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

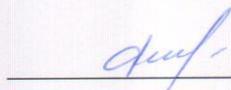
Начальник АНОК



/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/Т.П.Филиппова/