Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 11:02:40
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
«20» декабря 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Полупроводниковые преобразователи энергии»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-2 «Способен организовывать и аналитически сопровождать выполнение научно-исследовательских работ по закрепленной тематике» **сформулирована на основе профессионального стандарта** 40.008 «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами».

Обобщенная трудовая функция 40.008 А[6] Организация выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике.

Трудовая функция 40.008 А/01.6 Разработка и организация выполнения мероприятий по тематическому плану.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-2.ППЭ Способен проводить анализ и осуществлять модернизацию существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур.	Организация и контроль технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники.	**Знание:** основных материалов полупроводниковых преобразователей энергии и их характеристик. **Умение:** обоснованно выбирать материалы для конкретного использования в термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователях энергии. **Опыт деятельности:** проведения измерений параметров материалов и структур электронной техники.

Компетенция ПК-5 «Способен осуществлять научно-техническое и методическое сопровождение в производстве полупроводниковых приборов и систем с использованием нанотехнологий» **сформулирована на основе профессионального стандарта** 40.008 «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами».

Обобщенная трудовая функция 40.008 А[6] Организация выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике.

Трудовая функция 40.008 А/01.6 Разработка и организация выполнения мероприятий по тематическому плану.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-5.ППЭ Способен осуществлять научно-техническое сопровождение в производстве полупроводниковых преобразователей энергии.	Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов.	**Знание:** основных характеристик и понятий термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии. **Умение:** обоснованно выбирать методы измерения и расчета характеристик термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии. **Опыт деятельности:** расчета систем для реализации технологических операций.

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

Формируемые в процессе изучения дисциплины профессиональные компетенции в дальнейшем углубляются практикой 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)		
4	7	4	144	16	16	16	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Термоэлектрические преобразователи энергии.	8	8	8	30	Тестирование Защита лабораторных работ
2. Фотоэлектрические преобразователи энергии.	8	8	8	30	Тестирование Защита лабораторных работ Защита индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Зависимость термоЭДС от температуры и концентрации носителей.
	2	2	Термоэлектрическая эффективность полупроводниковых материалов. Низкотемпературные термоэлектрические материалы. Среднетемпературные термоэлектрические материалы. Высокотемпературные термоэлектрические материалы.
	3	2	Термоэлектрическая эффективность полупроводниковых материалов. Низкотемпературные термоэлектрические материалы. Среднетемпературные термоэлектрические материалы. Высокотемпературные термоэлектрические материалы. (Продолжение)
	4	2	Термоэлектрические приборы, работающие на эффекте Зеебека. Термоэлектрическое охлаждение.
2	5	2	Солнечный элемент под освещением. Основные параметры солнечного элемента.
	6	2	Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии. Солнечные элементы на основе моно- и поликристаллического кремния.
	7	2	Солнечные элементы на основе соединений типа $A^{III}B^{V}$.
	8	2	Солнечные элементы на основе тонких пленок аморфного гидрогенизированного кремния.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Термоэлектрические генераторы. Термоэлектрические датчики температуры.
	2	2	Коэффициент полезного действия термоэлектрического генератора.
	3	2	Термоэлектрическое охлаждение. Тепловой баланс термоэлемента Пельтье.
	4	2	Режимы работы термоэлемента. Каскадные термоэлектрические охлаждающие устройства.
2	5	2	Солнечное излучение.
	6	2	Физические явления и процессы, лежащие в основе фотоэлектрического преобразования энергии.
	7	2	Параметры идеальных и реальных солнечных элементов.
	8	2	Использование органических материалов в солнечных элементах.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике
	2	4	Изучение температурной зависимости термоЭДС полупроводников
2	3	4	Измерение вольт-амперных характеристик солнечных элементов
	4	4	Исследование механизмов токопереноса в солнечных батареях

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-2	18	Изучение теоретического материала в объеме лекций
1-2	12	Подготовка к лабораторным работам
1-2	10	Подготовка к тестированию.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-2	20	Выполнение индивидуального задания по анализу технологий изготовления термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии.

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 «Термоэлектрические преобразователи энергии»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к тестированию по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №1, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 «Фотоэлектрические преобразователи энергии»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию по модулям, подготовка выполнения индивидуального задания осуществляется с помощью лекций к модулю №2, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А.П. Кашкаров. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 144 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/905 (дата обращения: 14.12.2024).
2. Дирекция по экономике отраслей ТЭК. Развитие солнечных технологий в мире : Информационная справка (Октябрь, 2013) / Аналитический центр при правительстве РФ. - М., 2003. - 10 с. - URL : http://ac.gov.ru/publications/report/ - 25.11.2024.
3. Основы электроснабжения : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 480 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: https://e.lanbook.com/book/4544 (дата обращения: 07.12.2024).
4. Неорганические наноматериалы : Учеб. пособие / Э.Г. Раков. - 2-е изд., электронное. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 480 с. - (Нанотехнологии). - URL: https://e.lanbook.com/book/70727 (дата обращения: 15.12.2024).
5. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии : Учеб. пособие. Ч. 1 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2006. - 164 с.

6. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии : Учеб. пособие. Ч. 2 / А.А. Шерченков, Б.Г. Будагян. - М. : МИЭТ, 2007. - 280 с.
7. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 2001. - 56 с.
8. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2004. - 88 с.
9. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
10. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1997. - 140 с.
11. Аморфный гидрогенизированный кремний и приборы на его основе : Учеб. пособие / А.А. Айвазов, Б.Г. Будагян. - М. : МИЭТ, 1996. - 72 с.
12. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Учеб. пособие / В.Г. Лабейш. - СПб. : СЗТУ, 2003. - 79 с. - URL : http://window.edu.ru/resource/928/24928 - 14.12.2024.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru(дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. **Электронные ресурсы Российской государственной библиотеки**: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: http://www.rsl.ru (дата обращения: 10.12.2024).

3. **Бесплатная поисковая система «GoogleScholar»:** сайт. – США, 2004: - URL:https://scholar.google.ru. – (дата обращения: 10.12.2024). – Режим доступа: свободный.

4. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство. – Американское химическое общество, 2020. – URL: http://pubs.acs.org (дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

5. **Электронная версия базы данных ECS издательства Electrochemical Society**: Научное издательство IOP Publishing, 2020. – URL:https://iopscience.iop.org/partner/ecs (дата обращения: 29.11.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

6. **Издательство Springer**: сайт. – URL:http://link.springer.com (дата обращения: 29.11.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

7. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики**: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.11.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. **Наукометрическая база данных Web of Science**: Сайт. – Компания Clarivate, 2020. – URL: http://apps.webofknowledge.com (дата обращения: 29.11.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется традиционное обучение.

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

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

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	Компьютер, проекционная установка VIEWSONIC PRO-8500.	ОС Microsoft Windows, MS Office
Учебная аудитория № 4338б «Лаборатория неупорядоченных полупроводниковых пленок»	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	ОС Microsoft Windows, MS Office, MatLab
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции ПК-2.ППЭ «Способен проводить анализ и осуществлять модернизацию существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур».
2. ФОС по подкомпетенции ПК-5.ППЭ «Способен осуществлять научно-техническое сопровождение в производстве полупроводниковых 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

Дисциплина «Полупроводниковые преобразователи энергии» состоит из двух модулей. Модуль 1 дает студентам основные сведения о термоэлектрических преобразователях энергии. В модуле 2 даны сведения о фотоэлектрических преобразователях энергии.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам практических занятий в научных источниках с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

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 основных параметров функциональных материалов, используемых в энергосберегающих системах.

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

Подготовкой материалов для итоговой аттестации необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устраняться от активного участия в активных видах занятий.

Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система,

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

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС (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 /

Профессор Института ПМТ, д.т.н., доцент _____/ Ю.И.Штерн /

Рабочая программа дисциплины «Полупроводниковые преобразователи энергии» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов микроэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 19 декабря 2024 года, протокол № 16

Директор Института ПМТ _____ /С.В.Дубков/

Лист согласования

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ _____ /А.Л.Переверзев /

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/