

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2025 16:18:56  
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

« 5 » октябрь 2020 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Материалы для полупроводниковых преобразователей энергии»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Направленность (профиль) - «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

## 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 С[7]** Процессы жизненного цикла продукции

**Трудовая функция 40.005 С/08.7** Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.МППЭС способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области полупроводниковых 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; разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов	<b>Знание</b> основных проблем и тенденций в области полупроводниковых преобразователей энергии. <b>Умение</b> обоснованно выбирать полупроводниковый материал и технологию его получения для изготовления термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии. <b>Имеет опыт</b> проведения исследований характеристик полупроводниковых преобразователей энергии и анализа полученных результатов

**Компетенция ПК-4** «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

**40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**Обобщенная трудовая функция 40.058 D[7]** Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

**Трудовая функция D/03.7** Разработка и адаптация групповых технологических процессов производства изделий микроэлектроники

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

**Обобщенная трудовая функция A[7]** Обеспечение функционирования нанoeлектронного производства в соответствии с технологической документацией. Поддержка и улучшение

существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

**Трудовые функции А/04.7** Разработка предложений по модернизации технологического процесса

**А/05.7** Разработка рекомендаций по модернизации технологического оборудования и технологической оснастки на выпускаемую организацией продукцию.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.МППЭС способен обосновано делать выводы по выбору материалов и технологий создания полупроводниковых преобразователей энергии	сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем	<p><b>Знание</b> основных видов полупроводниковых материалов, используемых для изготовления термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии.</p> <p><b>Умение</b> обоснованно выбирать технологическую реализацию термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии.</p> <p><b>Опыт</b> разработки технологических маршрутов и процессов изготовления термоэлектрических и 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.**

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций.

Изучение дисциплины «Материалы для полупроводниковых преобразователей энергии» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Материалы электронной техники», «Общее материаловедение», «Технологии наноматериалов», «Полупроводниковые преобразователи энергии».

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	-	-	32	76	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Классификация и требования к термоэлектрическим материалам.	-	-	4	15	Тестирование
2. Термоэлектрические материалы.	-	-	12	23	Тестирование
3. Основные требования к материалам для фотоэлектрических преобразователей энергии.	-	-	4	15	Тестирование
4. Материалы для фотоэлектрических преобразователей энергии.	-	-	12	23	Тестирование Защита индивидуального задания

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрено.*

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Классификация и требования к термоэлектрическим материалам.
	2	2	Классификация и требования к термоэлектрическим материалам (продолжение).
2	3	2	Низкотемпературные термоэлектрические материалы.
	4	2	Низкотемпературные термоэлектрические материалы (продолжение).
	5	2	Среднетемпературные термоэлектрические материалы.
	6	2	Среднетемпературные термоэлектрические материалы (продолжение).
	7	2	Высокотемпературные термоэлектрические материалы.
	8	2	Перспективные термоэлектрические материалы.
3	9	2	Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии.
	10	2	Выбор оптимального полупроводника для СЭ.
4	11	2	Солнечные элементы на основе монокристаллического кремния. Свойства монокристаллического кремния.
	12	2	Получение монокристаллического кремния для солнечных элементов.
	13	2	Солнечные элементы на основе поликристаллического кремния. Свойства поликристаллического кремния.
	14	2	Получение и свойства мульткристаллического кремния.
	15	2	Солнечные элементы на основе аморфного гидрогенизированного кремния. Свойства аморфного гидрогенизированного кремния. Технология аморфного гидрогенизированного кремния.
	16	2	Солнечные элементы на основе микрокристаллического кремния. Свойства микрокристаллического кремния. Технология микрокристаллического кремния.

#### 4.3. Лабораторные занятия

*Не предусмотрено.*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-4	15	Изучение теоретического материала по теме практических занятий.
1-4	15	Подготовка к практическим занятиям.
1-4	6	Подготовка к тестированию по модулям.
1-4	40	Подготовка индивидуального задания по анализу технологии изготовления и методов исследования свойств материалов для полупроводниковых 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 «Классификация и требования к термоэлектрическим материалам»**

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

#### **Модуль 2 «Термоэлектрические материалы»**

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

#### **Модуль 3 «Основные требования к материалам для фотоэлектрических преобразователей энергии»**

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

#### **Модуль 4 «Материалы для 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. 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/> (дата обращения: 22.09.2020).
2. 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: 22.09.2020).
3. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии : Учеб. пособие. Ч. 1 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2006. - 164 с.
4. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии : Учеб. пособие. Ч. 2 / А.А. Шерченков, Б.Г. Будагян. - М. : МИЭТ, 2007. - 280 с.
5. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 2001. - 56 с.
6. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2004. - 88 с.
7. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
8. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1997. - 140 с.
9. Аморфный гидрогенизированный кремний и приборы на его основе : Учеб. пособие / А.А. Айвазов, Б.Г. Будагян. - М. : МИЭТ, 1996. - 72 с.
10. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Учеб. пособие / В.Г. Лабейш. - СПб. : СЗТУ, 2003. - 79 с. - URL : <http://window.edu.ru/resource/928/24928> (дата обращения: 22.09.2020).
11. Современные био-, бензо-, дизель-генераторы и другие полезные конструкции / А.П. Кашкаров. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 136 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/3021> (дата обращения: 22.09.2020).

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020)
3. **GoogleScholar:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
4. **ASC Publications** : сайт. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
5. **IOPSCIENCE** : сайт. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020)
6. **Springer:** сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

7. **SCOPUS**: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. **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).

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	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер, 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, Microsoft Office, браузер, Acrobat reader DC



## **10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ**

1. ФОС по подкомпетенции ПК-2.МППЭ «Способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области материаловедения термоэлектрических фотоэлектрических преобразователей энергии».
2. ФОС по подкомпетенции ПК-4.МППЭ «Способен обосновано делать выводы по выбору материалов и технологий создания 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 «Материалы для полупроводниковых преобразователей энергии» состоит из четырех модулей. Модули 1 и 3 знакомят студентов с общими требованиями к материалам термоэлектрических и фотоэлектрического преобразования энергии. Модули 2 и 4 дают студентам сведения о свойствах и методах получения материалов термоэлектрических и фотоэлектрического преобразования энергии.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам практических занятий в научных источниках 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.

Подготовкой материалов для итоговой аттестации необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устранившись 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 итоговая аттестация (в сумме - 100 баллов).

Для сдачи экзамена по дисциплине разработаны ФОСы, включающие практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

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 – 70	3
71 – 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 «Материалы для полупроводниковых 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 ПМТ 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.Филишпова /