

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:40:16  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f6bea88268d062

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» октября 2020 г.

М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Полупроводниковые преобразователи энергии»

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Направленность (профиль) – «Технологии материалов и наноструктур»

Москва 2020

## 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
<b>ПК-2.ППЭ</b> 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.	<b>Знание:</b> основных материалов полупроводниковых преобразователей энергии и их характеристик. <b>Умение:</b> обоснованно выбирать материалы для конкретного использования в термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователях энергии. <b>Опыт деятельности:</b> 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.	<b>Знание:</b> основных характеристик и понятий термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии. <b>Умение:</b> обоснованно выбирать методы измерения и расчета характеристик термоэлектрических и фотоэлектрических преобразователей энергии. <b>Опыт деятельности:</b> 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 модуля 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 модуля 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 водородированного 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	Определение вольт-амперных характеристик термоэлектрических модулей
	2	4	Исследование холодопроизводительности термоэлектрических модулей
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: 22.09.2020).
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/> (дата обращения: 22.09.2020).
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: 07.04.2020).

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: 22.09.2020).
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> (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. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство. – Американское химическое общество, 2020. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
5. **Electrochemical Society:** Научное издательство IOP Publishing, 2020. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
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, 2020. – 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	Компьютер, проекционная установка VIEWSONIC PRO-8500.	ОС Microsoft Windows, MS Office
Учебная аудитория № 4338б «Лаборатория неупорядоченных полупроводниковых пленок»	Лабораторный комплекс по измерению электрофизических параметров полупроводниковых материалов и тонкопленочных структур	ОС Microsoft Windows, MS Office
Учебная аудитория № 4134 «Лаборатория НИРС»	Информационно-измерительный комплекс для исследования, измерения параметров и демонстрации работы датчиков физических величин (датчиков Пельтье, температуры, давления, расхода жидкостей, газов и др.)	ОС Microsoft Windows, MS Office
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 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,

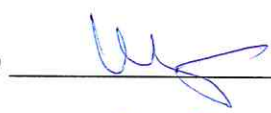
Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и экзамен (в сумме - 100 баллов).

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 и наноструктур» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39.


Зам. директора Института  
к.т.н., доцент

  
/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 /