

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наноструктурные термоэлектрики

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 57

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

Рабочая программа

Наноструктурные термоэлектрики

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Кузнецов Денис Валерьевич, к.т.н., доцент

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель – изучение теоретических основ эффектов, лежащих в основе термоэлектрического охлаждения и преобразования энергии, изучение физических механизмов, позволяющих эффективно управлять термоэлектрическими свойствами материалов. Формирование у студентов углубленных представлений о влиянии наноструктурного состояния на термоэлектрические свойства материалов, основных методах получения и областях применения термоэлектриков.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.23
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Материалы для биомедицины	
2.1.2	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.3	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.4	Мехатроника	
2.1.5	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.6	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.7	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.8	Физика и техника высоких давлений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.2.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.2.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.2.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.2.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.2.7	Огнеупорные материалы	
2.2.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.2.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.2.10	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.2.11	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.2.12	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.2.13	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.14	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.15	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.16	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.17	Медицинская химия	
2.2.18	Металловедение реакторных материалов	
2.2.19	Нелинейные кристаллы	
2.2.20	Солнечная энергетика	
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.25	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.26	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.27	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.28	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения

Знать:

ПК-5-32 материалы, применяющиеся в технологиях термоэлектрического охлаждения и генерации энергии
ПК-5-31 современные технологии синтеза термоэлектрических материалов, углеродных наноструктурных и композиционных термоэлектриков
Уметь:
ПК-5-У3 Подбирать материалы для конкретного технологического решения
ПК-5-У2 Подбирать технологические решения для реализации программы энергоэффективности
ПК-5-У1 Оценивать эффективность работы термоэлектрических устройств
Владеть:
ПК-5-В2 Навыки подбора функциональных материалов для реализации НИОКР в области технологий термоэлектрического преобразования энергии
ПК-5-В1 Опыт применения на практике методов обработки и анализа экспериментальной физической информации

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты							
1.1	Термоэлектрические эффекты /Лек/	8	2	ПК-5-31	Л1.1Л2.6			
1.2	Термоэлектрические материалы и термоэлектрическая добротность /Лек/	8	2	ПК-5-32	Л1.1Л1.1			
1.3	Термоэлектрическое охлаждение. Термоэлектрическая генерация энергии /Лек/	8	4	ПК-5-У1	Л1.1Л2.8			
1.4	Использование информационных источников и баз данных в области термоэлектричества /Пр/	8	4	ПК-5-У2	Л1.1Л2.4			
1.5	Проработка лекционного материала по разделу "Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты" /Ср/	8	7	ПК-5-У2	Л1.1 Л1.1Л2.7			
1.6	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты" /Ср/	8	6	ПК-5-У3	Л1.1Л1.1			
	Раздел 2. Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств							
2.1	Основные методы синтеза термоэлектрических материалов /Лек/	8	2	ПК-5-В2	Л1.1Л1.1			
2.2	Синтез наноструктурных термоэлектриков химическими методами /Лек/	8	2	ПК-5-В1	Л1.1Л2.8			

2.3	Структурные исследования термоэлектриков /Лек/	8	2	ПК-5-У3	Л1.1Л2.7			
2.4	Особенности измерения электрической проводимости и термоэдс в термоэлектриках /Лек/	8	2	ПК-5-У2	Л2.6 Л2.7 Л2.8Л2.4			
2.5	Методы измерения теплопроводности термоэлектриков /Лек/	8	2	ПК-5-У1	Л2.6 Л2.7 Л2.8Л1.1			
2.6	Подготовка реферата с презентацией по выбранной теме в рамках раздела "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	8	3	ПК-5-У3	Л1.1Л1.1			
2.7	Проработка лекционного материала по разделу "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	8	7	ПК-5-У3	Л1.1Л1.1			
2.8	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	8	5	ПК-5-32	Л1.1Л2.4			
2.9	Синтез и исследование структурных свойств термоэлектрических материалов /Пр/	8	6	ПК-5-У1	Л1.1Л1.1			
	Раздел 3. Термоэлектрические материалы							
3.1	Термоэлектрические свойства теллуридов висмута и сурьмы /Лек/	8	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.1Л1.1			
3.2	Скиттерудиты и их термоэлектрические свойства /Лек/	8	4	ПК-5-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л1.1			
3.3	Термоэлектрические свойства сплавов Гейслера /Лек/	8	2	ПК-5-У2	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л1.1			
3.4	Оксидные термоэлектрики /Лек/	8	2	ПК-5-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л1.1			
3.5	Подготовка доклада по выбранной теме в рамках раздела "Термоэлектрические материалы" /Ср/	8	4	ПК-5-В1	Л2.4Л1.1			
3.6	Проработка лекционного материала по разделу "Термоэлектрические материалы" /Ср/	8	7	ПК-5-В1	Л2.6Л1.1			

3.7	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Термоэлектрические материалы" /Ср/	8	5	ПК-5-В1	Л1.1Л1.1			
	Раздел 4. Термоэлектрические устройства и их применения							
4.1	Системы и устройства термоэлектрического охлаждения /Лек/	8	2	ПК-5-32	Л2.8Л2.6			
4.2	Радиоизотопные термоэлектрические генераторы /Лек/	8	2	ПК-5-У1	Л1.1 Л2.4Л2.7			
4.3	Современные области применения термоэлектрических генераторов /Лек/	8	2	ПК-5-У2	Л1.1 Л1.1 Л2.4Л2.6			
4.4	Проработка лекционного материала по разделу "Термоэлектрические устройства и их применения" /Ср/	8	7	ПК-5-У3	Л1.1Л2.7			
4.5	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Термоэлектрические устройства и их применения" /Ср/	8	6	ПК-5-В1	Л2.4Л2.6			
4.6	Подбор материалов для реализации НИОКР в области термоэлектрического охлаждения и генерации энергии /Пр/	8	7	ПК-5-В1	Л2.4Л2.7			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Современные области применений термоэлектрических устройств и систем		Опишите принцип работы и основные узлы радиоизотопного термоэлектрического генератора. Опишите концепцию применения термоэлектрических генераторов в автомобилях. Области применений термоэлектрических микрогенераторов и микроохлаждающих устройств. Особенности рекуперации «бросового» тепла в индустрии.
КМ2	Современные технологии синтеза термоэлектрических материалов		Основные особенности твердофазного синтеза термоэлектриков. Для каких систем этот метод синтеза является наиболее востребованным? Основные особенности синтеза термоэлектриков методами дуговой и индукционной плавки. Для каких систем этот метод синтеза является наиболее востребованным? Основные особенности синтеза термоэлектрических материалов методами «мокрой» химии (золь-гель метод, гидротермальный синтез, спрей-пиролиз). Преимущества и недостатки механоактивационного метода получения термоэлектрических материалов.

КМ3	Современные термоэлектрические материалы и системы		<p>Приведите примеры и опишите основные свойства низкотемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>Приведите примеры и опишите основные свойства среднетемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>Приведите примеры и опишите основные свойства высокотемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>В чем заключается концепция «фононное стекло – электронный кристалл»? Приведите примеры термоэлектрических материалов, в которых реализуется концепция «фононное стекло - электронный кристалл».</p> <p>Нарисуйте графики зависимости термоэлектрической эффективности от температуры для наиболее известных термоэлектрических материалов.</p>
КМ4	Влияние наноструктурирования на тепловые и транспортные свойства материалов		<p>Основные методы получения наноструктур термоэлектрических материалов.</p> <p>Особенности тепловых свойств полупроводниковых материалов.</p> <p>Основные особенности транспортных свойств узкозонных полупроводников.</p> <p>Опишите концепцию инженерии фононов в наноструктурных термоэлектриках.</p> <p>Опишите основные методы оптимизации термоэлектрической эффективности.</p>
КМ5	Основные особенности зависимостей термоэлектрических свойств материалов от температуры		<p>Основные понятия зонной теории.</p> <p>Электрон-электронное, электрон-фононное и электрон-магнонное взаимодействия. Как они зависят от температуры?</p> <p>Биполярные эффекты и их влияние на транспортные свойства.</p> <p>Влияние температурного градиента на транспортные свойства в полупроводниках.</p> <p>Особенности термоэлектрических свойств сильно коррелированных электронных систем при низких температурах.</p> <p>Опишите устройство высокотемпературной ячейки для измерения электрического сопротивления образцов.</p> <p>Опишите 2-контактный и 4-контактный методы измерения удельного сопротивления. Нарисуйте эквивалентные схемы.</p>
КМ6	Современные методы и технологии компактирования наноструктурных объектов		<p>Опишите основные методы компактирования субмикроструктурных порошков.</p> <p>Преимущества и недостатки горячего изостатического прессования.</p> <p>Преимущества и недостатки искрового плазменного спекания.</p>
КМ7	Методы и технологии нанесения буферных и коммутационных слоев в термоэлектрических устройствах		<p>Основные составляющие термоэлемента.</p> <p>Материалы для буферных слоев</p> <p>Материалы для коммутационных слоев</p> <p>Подходы для получения буферных и коммутационных слоев в сегментированных термоэлектрических устройствах</p> <p>Особенности нанесения буферных и коммутационных слоев в микроэлектромеханических термоэлектрических устройствах.</p>
КМ8	Механические и прочностные свойства термоэлектрических материалов и устройств		<p>Механические свойства термоэлектрических сплавов и соединений.</p> <p>Прочность наноструктурированных термоэлектрических материалов.</p> <p>Адгезия и прочность термоэлектрических устройств.</p> <p>Адгезия и прочность термоэлектрических сегментированных устройств.</p> <p>Влияние термоциклирования на прочность термоэлектрических устройств.</p>

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шустиков А. А., Ханнинк Р., Хилл А.	Наноструктурные материалы: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л2.2	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.3	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л2.4	Левина Вера Васильевна, Конюхов Юрий Владимирович, Филонов Михаил Рудольфович, др.	Физико-химия наноструктурных материалов: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.5	Галаев Аули Александрович, Иванова А. В., Морозов А. Н., др.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: лаб. практикум для студ. спец. 20.02, 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
Л2.6	Потапов Юрий Владимирович, Горелик Семен Самуилович, Галаев Аули Александрович, Галаев Аули Александрович	Ч.1: Влияние температуры и состава на свойства полупроводниковых кристаллов: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.7	Лисовская Татьяна Дмитриевна, Потапов Юрий Владимирович, Дашевский Михаил Яковлевич, Галаев Аули Александрович	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.8	Галаев Аули Александрович, Потапов Юрий Владимирович	Ч.3: Влияние структурных несовершенств на свойства полупроводниковых материалов: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.9	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Шуваева Евгения Александровна, Могильников Павел Сергеевич	Физические свойства твёрдых тел (N 3509): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office
П.5	Microsoft PowerPoint

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА МИСиС - полнотекстовая база научной и учебной литературы (http://elibrary.misis.ru)
И.2	Научная электронная библиотека (http://elibrary.ru)
И.3	Библиографическая и реферативная база данных Scopus (https://www.scopus.com)
И.4	Реферативная база данных по мировым научным публикациям Web of Science (http://www.webofscience.com)
И.5	Электронные научные книги издательства Springer (https://link.springer.com .)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина предусматривает проведение лекций раз в неделю и проведение практических занятий раз в две недели.

Изучение курса завершается зачетом.

Успешное освоение дисциплины требует посещения лекций, работы на практических занятиях, выполнения всех домашних заданий, а также ознакомления с основной и дополнительной литературой. Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы ввиду широты охватываемого материала. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку.

Во время лекции студенту необходимо вести краткий конспект. Самостоятельная проработка лекционного материала предполагает просмотр конспекта лекции в течение последующей недели после занятия. Материал следует осваивать с использованием рекомендуемой литературы. При необходимости разъяснения материала, вызывающего у студентов затруднения для понимания, могут организовываться групповые и индивидуальные консультации. В этом случае студентам необходимо четко сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю на ближайшей лекции или практическом занятии.

К каждому практическому занятию следует готовиться заблаговременно, используя рекомендуемую литературу и электронные ресурсы, указанные в разделе "Содержание". В конце каждого практического занятия преподаватель задает студентам контрольные вопросы для проверки усвоения материала.

Основные требования к реферату (домашнему заданию №1): объем 25-30 стр., количество используемой литературы (учебники, пособия, публикации, электронные ресурсы) - не менее 15; реферат должен включать титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, список использованных источников. Защита реферата проводится в форме устного выступления с презентацией. Презентацию по реферату необходимо подготовить с использованием Microsoft PowerPoint, реферат распечатать и сдать преподавателю до выступления. Время выступления - 8-10 минут. После выступления студенту могут быть заданы вопросы по его реферату как преподавателем, так и другими студентами. Доклад по теме "Термоэлектрические материалы" (домашнее задание №2) не требует создания презентации. Устное выступление должно длиться 3-5 минут, затем следует краткое обсуждение материала доклада с преподавателем. К домашнему заданию №2 необходим титульный лист, домашнее задание нужно распечатать и сдать преподавателю.