

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:14:59

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)

Алмазные поликристаллические материалы

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 **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 93

часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:
экзамен 11

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		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	93	93	93	93
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Полушин Николай Иванович

Рабочая программа

Алмазные поликристаллические материалы

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**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.38
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.1.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.1.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.1.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.1.7	Огнеупорные материалы	
2.1.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.1.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.1.15	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.1.16	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.1.17	Введение в органическую электронику	
2.1.18	Высокотемпературные материалы	
2.1.19	Инструментальные стали	
2.1.20	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.21	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.22	Металловедение сварки	
2.1.23	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.24	Проблемы нанотехнологий	
2.1.25	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.26	Технология термической обработки	
2.1.27	Физика дифракции	
2.1.28	Функциональные материалы электроники	
2.1.29	Материалы для биомедицины	
2.1.30	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.31	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.32	Мехатроника	
2.1.33	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.34	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.35	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.36	Физика и техника высоких давлений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	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 Свойства, методы получения, легирования и области применения АП.

ПК-5-31 теоретические основы, методы и аппаратное оформление получения алмазных и алмазоподобных пленок (АП) из газовой фазы в области термодинамической метастабильности алмаза.

Уметь:

ПК-5-У1 проводить синтез моно- и поликристаллов алмаза и плотных форм нитрида бора, а также получать композиционные сверхтвердые материалы на их основе, целенаправленно влиять на свойства получаемых материалов.

Владеть:

ПК-5-В1 физико-химическими методами анализа сверхтвердых материалов (включая АП), уметь измерять твердость, прочность, абразивную способность и другие свойства СТМ.

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. Раздел 1 - Получение алмазных поликристаллов методом синтеза из графита и их свойства.							
1.1	Термодинамические параметры и способы получения синтезируемых из графита поликристаллических алмазов типа “баллас” и “карбонадо”. /Лек/	11	1	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.2	Морфология и микроструктура балласа и карбонадо. Наследование алмазными поликристаллами структуры и дефектов исходного графита. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.3	Особенности кинетики и механизма синтеза алмазных поликристаллов из графита. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.4	Физико-химические, физико-механические свойства и термостойкость поликристаллических алмазов баллас и карбонадо. Некоторые общие закономерности в процессах образования моно- и поликристаллов алмаза путем каталитического статического синтеза. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.5	Изготовление катализатора и снаряжение контейнеров для синтеза поликристаллов типа “баллас” и “карбонадо”. /Пр/	11	2	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р1

1.6	Синтез алмазных поликристаллов типа “баллас” и “карбонадо”. /Пр/	11	3	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р2
1.7	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания №1,2. /Ср/	11	32	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7,Р8
	Раздел 2. Раздел 2 - Получение и свойства спеков алмазных порошков.							
2.1	Термодинамические параметры спекания алмазных микропорошков. Классификация способов получения алмазных спеков. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
2.2	Физико-химические явления, наблюдаемые при спекании алмазных порошков под высоким давлением. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
2.3	Спекание алмазных порошков со связкой. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.4	Взаимодействие алмаза со связкой в твердом состоянии. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.5	Взаимодействие алмаза с расплавами металлов и сплавов. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.6	Преимущества и недостатки алмазных спеков в сравнении с алмазными поликристаллами баллас и карбонадо. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.7	Оценка прочностных характеристик алмазных поликристаллов типа “баллас” и “карбонадо”. /Пр/	11	3	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р3
2.8	Области применения алмазных спеков. /Лек/	11	2	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	
2.9	Микрорентгеноспектральный анализ поликристаллов типа АСБ и АСПК. /Пр/	11	2	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р4
2.10	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания №3,4. /Ср/	11	32	ПК-5-32 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р9,Р10
	Раздел 3. Раздел 3 - Получение и свойства плотных форм нитрида бора и сверхтвердых материалов на их основе							

3.1	Полиморфные разновидности нитрида бора. Анализ геометрических особенностей атомной структуры различных модификаций нитрида бора. /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.2	Основные физико-химические свойства модификаций нитрида бора (твердость, абразивная стойкость, электропроводность и др.). Методы получения графитоподобной модификации нитрида бора. /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.3	Диаграмма состояния нитрида бора. Структурный подход к явлению полиморфизма нитрида бора /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.4	Рассмотрение различных способов получения порошков, монокристаллов и поликристаллов плотных форм нитрида бора. /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.5	Влияние степени кристаллического совершенства графитоподобного нитрида бора на процесс его превращения в кубическую модификацию в присутствии посторонних веществ. /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.6	“Графитизация” сфалеритного нитрида бора. Превращение вюрцитной модификации нитрида бора в графитоподобную. /Лек/	11	2	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.7	Классификация сверхтвердых материалов на основе плотных форм нитрида бора по их физическим и технологическим свойствам, технико-экономические преимущества использования инструментальных материалов на основе плотных форм нитрида бора при обработке сплавов на основе железа, различных типов сталей, чугунов и др. /Лек/	11	1	ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ2	
3.8	Изготовление реакционной шихты и снаряжение контейнеров для синтеза поликристаллов типа “эльбор-Р”. /Пр/	11	3	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р5

3.9	Синтез поликристаллов кубического нитрида бора типа "эльбор-Р". /Пр/	11	4	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р6
3.10	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания №5,6. /Ср/	11	27	ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р11,Р12
3.11	Подготовка к экзамену и сдача экзамена /Ср/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ3	

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	Контрольная работа №1	ПК-5-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснуйте необходимость использования при получении карбонадо таких значений Р и Т, которые обеспечивали бы нахождение системы Ме-С глубоко в области стабильности алмаза. 2. Назовите основные стадии процесса образования карбонадо. 3. Как высокие Р и Т влияют на протекание процесса карбидообразования в КВД в системах металл-алмаз, металл-графит. 4. Почему необходимо отводить тепло из реакционной ячейки при получении карбонадо с высокими физико-химическими свойствами? 5. Обоснуйте (экспериментально и теоретически) процесс пропитки графита металлом в условиях высоких Р и Т. 6. Какие фазовые переходы наблюдаются в алмазных частицах при их спекании в КВД? Как они влияют на прочность алмазного спека? 7. Почему из известных способов получения карбонадо (по классификации, основанной на изменении фронта кристаллизации) в технологии нашел применение только один? 8. Дайте ф/х толкование известных методов повышения качества алмазных синтезируемых поликристаллов (баллас и карбонадо) при неизменных Р,Т параметрах синтеза. 9. Какие процессы ответственны за образование прочных связей между частицами алмаза при спекании в условиях высоких Р и Т ? 10. Какие методы защиты нагревателя ячейки высокого давления, используемой для получения карбонадо, Вы знаете ? 11. Объясните влияние температуры на изменение таких свойств карбонадо. как: пористость, трещиноватость, прочность, термостойкость. 12. Каким образом можно получить прочные спеки алмазных порошков при Р,Т- условиях, соответствующих области стабильности графита на диаграмме состояния углерода ? 13. Объясните общее и различия в морфологии и микроструктуре синтетических балласа и карбонадо. 14. Каковы общие закономерности процессов образования моно и поликристаллов алмаза в присутствии металлов и сплавов. 15. Каковы преимущества и недостатки получения алмазных поликристаллов методом спекания по сравнению с методом синтеза. 16. Металлические включения в синтетических алмазных поликристаллах карбонадо. Их ориентировка, параметры кристаллической решетки. в т.ч. после термообработки (отжига). 17. Микроискажения кристаллической структуры в синтетических алмазных поликристаллах. Расчет, величина и взаимосвязь с прочностными характеристиками поликристаллов. 18. Механизм и кинетика пропитки алмазных порошков жидкими металлами при высоких давлениях.

КМ2	Коллоквиум №1	ПК-5-31	Влияние негидростатического сжатия реагентов в ячейке высокого давления на протекание процессов синтеза и спекания сверхтвердых материалов в присутствии металлов, сплавов и других веществ.
КМ3	Экзамен	ПК-5-31;ПК-5-32	<ol style="list-style-type: none"> 1. Термодинамические параметры и способы получения алмазных поликристаллов АСПК и АСБ. 2. Морфология и микроструктура поликристаллов АСПК и АСБ и их связь со структурой исходного графита. 3. Особенности кинетики и механизма синтеза поликристаллов АСПК и АСБ. 4. Физико-химические и физико-механические свойства поликристаллов АСПК и АСБ. 5. Технологические аспекты получения алмазных поликристаллов АСПК и АСБ. 6. Влияние температуры на структуру и свойства синтезированных АП. 7. Общие закономерности и различия в процессах образования моно- и поликристаллов алмаза в присутствии катализаторов. 8. Термодинамические параметры и возможные варианты получения алмазных спеков. 9. Физико-химические явления, происходящие при спекании алмазных порошков при высоких давлениях. 10. Свойства, структура и области применения алмазных спеков. 11. Сравнительная характеристика алмазных спеков и поликристаллов АСПК и АСБ. Обоснование областей их применения.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1 - Изготовление катализатора и снаряжение контейнеров для синтеза поликристаллов типа "баллас" и "карбонадо".	ПК-5-У1;ПК-5-В1	
P2	Практическая работа №2 - Синтез алмазных поликристаллов типа "баллас" и "карбонадо".	ПК-5-У1;ПК-5-В1	
P3	Практическая работа №3 - Оценка прочностных характеристик алмазных поликристаллов типа "баллас" и "карбонадо".	ПК-5-У1;ПК-5-В1	
P4	Практическая работа №4 - Микрорентгеноспектральный анализ поликристаллов типа АСБ и АСПК.	ПК-5-У1;ПК-5-В1	

P5	Практическая работа №5 - Изготовление реакционной шихты и снаряжение контейнеров для синтеза поликристаллов типа "эльбор-Р".	ПК-5-У1;ПК-5-В1	
P6	Практическая работа №6 - Синтез поликристаллов кубического нитрида бора типа "эльбор-Р".	ПК-5-У1;ПК-5-В1	
P7	Домашнее задание №1 - Зависимость свойств и структуры алмазных поликристаллов типа баллас и карбонадо от параметров синтеза и вида используемого исходного сырья.	ПК-5-31;ПК-5-32	
P8	Домашнее задание №2 - Обзор механизмов проникновения металла-катализатора структуру графита при синтезе алмазных поликристаллов типа баллас и карбонадо.	ПК-5-31;ПК-5-32	
P9	Домашнее задание №3 - Явления, протекающие при холодном обжиге и последующем спекании алмазных порошков при высоких давлениях и методы исследования этих явлений.	ПК-5-31;ПК-5-32	
P10	Домашнее задание №4 - Прочность твердых тел. Особенности измерения прочности алмазных монокристаллов и поликристаллов.	ПК-5-31;ПК-5-32	
P11	Домашнее задание №5 - Механизмы фазового перехода $\square\text{BN}$ в $\square\text{BN}$.	ПК-5-31;ПК-5-32	

P12	Домашнее задание №6 - Методы получения графитоподобного нитрида бора с различной степенью кристаллического совершенства.	ПК-5-31;ПК-5-32	
-----	--	-----------------	--

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

По данному курсу предусмотрен экзамен.
Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Поляков В. П., Павлов Ю. А.	Физико-химические свойства и процессы получения алмазов и других высокотвердых материалов. Разд. Физико-химические свойства алмазов: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1979
Л1.2	Полушин Николай Иванович, Калашников Я. А., Спицын Б. В.	Процессы получения и свойства сверхтвердых материалов: практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2009

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Поляков В. П., Ножкина А. В., Чириков Н. В.	Алмазы и сверхтвердые материалы: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1990
Л2.2	Степаненко Е. В., Левашов Евгений Александрович	Разработка научных и технологических принципов формирования адгезионных подслоев на твердосплавном инструменте для осаждения алмазных покрытий: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.06 - "Порошковая металлургия и композиционные материалы"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2011

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. - М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. - 27 с.	https://www.rst.gov.ru/
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/
Э3	Научные журналы издательства Elsevier	https://www.sciencedirect.com/
Э4	Аналитическая база (индексы цитирования)	Scopus https://www.scopus.com/
Э5	ГОСТ 9206-80 Порошки алмазные. Технические указания. -М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1989. - 46 с.	https://www.rst.gov.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных****8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**