

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Должность: Ректор МИЭТ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Дата подписания: 01.09.2023 15:54:11

«Национальный исследовательский университет

Уникальный программный ключ:

«Московский институт электронной техники»

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bca882b8d862

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«28» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов»

Направление подготовки – 28.03.03 «Нanomатериалы»

Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенции ОП	Компетенции/ подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций/ подкомпетенций
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.НМСНМ Способен определять перечень ресурсов и программного обеспечения для проектирования процессов получения и модификации наноструктурированных материалов	<i>Знания: ресурсов и программного обеспечения для моделирования и анализа процессов получения и модификации наноструктурированных материалов</i> <i>Умения: находить данные для моделирования процессов получения и модификации нано-структурированных материалов и работать в соответствующих приложениях</i> <i>Опыт деятельности: выбор и использование необходимых ресурсов и программного обеспечения для проектирования процессов получения и модификации наноструктурированных материалов</i>

Компетенция ПК-2 «Способен организовывать и аналитически сопровождать выполнение научно-исследовательских работ по закрепленной тематике» сформулирована на основе профессиональных стандартов:

40.008 «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

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

Трудовые функции- А/01.6 Разработка и организация выполнения мероприятий по тематическому плану

А/02.6 Управление разработкой технической документации проектных работ

А/03.6 Осуществление работ по планированию ресурсного обеспечения проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция - С [6] Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции- С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

С/02.6 Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.НМСНМ Способен осуществлять выбор низкотемпературных методов для производства и обработки покрытий и материалов	– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию	Знания: низкотемпературных методов получения наноструктурированных материалов, их технологических параметров Умения: определение по имеющимся теоретическим данным допустимых диапазонов технологических параметров для получения заданных наноструктурированных материалов Опыт деятельности: разработка технологии получения наноматериалов и приборных структур на их основе

Компетенция ПК-6 «Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур» сформулирована на основе профессионального стандарта 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция - С [6] Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции- С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

С/02.6 Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-6.НМСНМ Способен осуществлять модификацию поверхности материалов и использование электрохимических процессов	– участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе	Знания: основных типов электрохимических процессов, основных параметров электрохимических процессов, основных факторов, влияющих на качество обработки поверхности низкотемпературными химическими методами, классификации областей на

	первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения	диаграмме Пурбе, методики получения конформных покрытий низкотемпературными химическими методами; Умения: расчета параметров электрохимических процессов обработки поверхности; Опыт деятельности: подготовка проведения технологических операций получения, модификации наноматериалов и структур на их основе
--	---	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях приобретенных студентами при изучении дисциплин: «Химия», «Физика», «Физическая химия», «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур», «Общее материаловедение». Является предшествующей для прохождения практики и выполнения выпускной работы.

Входные требования к дисциплине: знание основных типов материалов и их свойств; содержания основных законов химии, химических и физико-химических свойств различных систем и веществ; принципов, лежащих в основе технологических процессов; умение выделять основные параметры технологического процесса; навыки проведения термодинамических расчетов и анализа свойств материалов.

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	3	108	16	16	16	60	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1. Общие представления об электрохимических процессах	4	8	8	14	Контрольная работа 1
					Рубежное тестирование
					Защита лабораторных работ 1 и 2
					Контроль выполнения роль БДЗ (Модуль 1)
2. Процессы электрохимического удаления и окисления	6	4	4	17	Контрольная работа 2
					Защита лабораторной работы 3
					Контроль выполнения БДЗ (Модуль 2)
3. Процессы формирования тонких пленок	4	2	4	21	Контрольная работа 3
					Защита лабораторной работы 4
					Контроль выполнения БДЗ (Модуль 3)
4. Примеры реализации приборных структур.	2	2	-	8	Контрольная работа 4
					Контроль выполнения БДЗ (задания по контролю всех модулей)

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Предмет электрохимии. Основные понятия и определения. Электролитическая диссоциация. Электрическая проводимость растворов электролитов. Механизм образования ЭДС и природа электродного потенциала
	2	2	Двойной электрический слой вблизи поверхности металлического электрода и его строение. Термодинамическое выражение для равновесного электродного потенциала. Полупроводниковые

			электроды в электрохимических процессах.
2	3	2	Процессы анодного растворения в технологии микро- и наноструктур. Анодное растворение полупроводников
	4	2	Анодное растворение в технологии кремниевых микро- и наноструктур. Квантово-размерные эффекты в пористом кремнии
	5	2	Закономерности образования барьерных анодных оксидов на поверхности металлов и полупроводников. Закономерности образования пористых анодных оксидов
3	6	2	Катодное осаждение в технологии микро- и наноструктур. Катодное осаждение сплавов в технологии соединения элементов микросистем. Матричное (темплатное) осаждение нитевидных нанокристаллов
	7	2	Химические методы получения наноструктурированных материалов: золь-гель синтез, атомно-слоевое осаждение из растворов (SILAR)
4	8	2	Применение электрохимической обработки материалов в технологии УБИС, МЭМС и нанотехнологиях

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Электролитическая диссоциация.
	2	2	Расчет константы равновесия. Закон Фарадея.
	3-4	4	Термодинамическое выражение для равновесного электродного потенциала. Расчет ЭДС электрохимических цепей. Контрольная работа
2	5	2	Расчет электрофизических параметров процесса анодного растворения кремния
	6	2	Расчет диаграмм Пурбе для однокомпонентных систем.
3	7	2	Расчет диаграмм Пурбе для многокомпонентных систем
4	8	2	Использование диаграмм Пурбе для электрохимической обработки материалов в технологии УБИС, МЭМС и нанотехнологиях

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	4	Измерение концентрационной зависимости электропроводности электролитов
	2	4	Изучение кинетики процессов анодного окисления титана.

2	3	4	Формирование наноструктурированных слоев кремния методом жидкостного травления с использованием серебра как катализатора
3	4	4	Исследование процесса электрохимического формирования металлических пленок и нанобъектов.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Подготовка к лабораторным работам
	6	Выполнение домашних заданий по темам практических занятий
	4	Подготовка к прохождению рубежного контроля
	4	Подготовка к контрольным работам
	8	Подготовка к защите лабораторных работ
1-4	8	Изучение теоретического материала (в объеме лекций и дополнительных материалов)
	18	Выполнение большого домашнего задания (БДЗ)
	4	Подготовка к зачету

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Все учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям и выполнению БДЗ представлены в составе УМК дисциплины в соответствующих модулях в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>. Подробные рекомендации по подготовке студентов к каждому занятию и контрольному мероприятию с указанием прямых ссылок на методические материалы даны в Методических указаниях студентам.

Модуль 1 «Общие представления об электрохимических процессах»

✓ Материалы для выполнения домашнего задания по теме практических занятий, для подготовки к контрольной работе 1, для изучения теории в рамках подготовки к выполнению и защита лабораторных работ 1 и 2, материалы для самостоятельного изучения теоретического материала (в объеме лекций и дополнительных материалов)

Модуль 2 «Процессы электрохимического удаления и окисления»

✓ Материалы для выполнения домашнего задания практических занятий, для подготовки к контрольной работе 2, материалы для изучения теории в рамках подготовки к выполнению и защите лабораторной работы 3, материалы для самостоятельного изучения теоретического материала (в объеме лекций и дополнительных материалов)

Модуль 3 «Процессы формирования тонких пленок»

✓ Материалы для выполнения домашнего задания практических занятий, для подготовки к контрольной работе 2, материалы для изучения теории в рамках подготовки

к выполнению и защите лабораторной работы 4, материалы для самостоятельного изучения теоретического материала (в объеме лекций и дополнительных материалов)

Модуль 4 «Примеры реализации приборных структур»

✓ Материалы для подготовки к контрольной работе 2, методические указания по выполнению БДЗ, методические указания по подготовке к зачету

✓

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Гаврилов С.А. Электрохимические процессы в технологии микроэлектроники и нанозлектроники : Учеб. пособие / С. А. Гаврилов, А. Н. Белов. - М.: Высшее образование, 2009. - 257 с.
2. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **База данных «Термодинамические константы веществ»** (химического факультета МГУ): сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html> (дата обращения: 10.09.2020).
2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики**: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
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: свободный.
5. **Электронная версия базы данных ECS издательства Electrochemical Society**: Научное издательство IOP Publishing, 2020. – URL:<http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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 ОРИОС «Домашние задания», сервис для управления проектами в режиме онлайн <https://trello.com/>, электронная почта.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы**: электронные презентации,

фотогалереи и видеоролики лекций и мастер-классов по использованию оборудования для выполнения лабораторных работ; по выполнению расчетных заданий; контрольные тестирования в MOODLe.

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 №4136 «Лаборатория Микроскопии»	<u>Технические средства обучения:</u> Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры	ОС Microsoft Windows MS Office
Учебная аудитория № 4315 «Лаборатория технологии наноматериалов»	Автоматизированный комплекс нанесения материалов атомно-слоевым осаждением KSV Dip Coater Потенциостат-гальваностат AUTOLAB PGSTAT302 Электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1 Комплект оборудования для электрохимического формирования наноматериалов AMMT GmbH Germany весы OXAUSModelPA 214 C симулятор солнечного излучения NEWPORT 67005 с источником тока NEWPORT 69907 источник тока KEITHLEY 2450 потенциостат-гальваностатElinsP-45X термостат жидкостной LaudamodelAlpha Компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows MS Office браузер Программное обеспечение HSC CHEMISTRY - Chemical Reaction and Equilibrium Thermo – для расчета электрохимических равновесий и моделирования различных процессов в области физической химии
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows 7 MS Office 2007/2010, Internet Explorer/Chrome

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции ОПК-4.НМСНМ «Способен определять перечень ресурсов и программного обеспечения для проектирования процессов получения и модификации наноструктурированных материалов»
2. ФОС по подкомпетенции ПК-2.НМСНМ «Способен осуществлять выбор низкотемпературных методов для производства и обработки покрытий и материалов»
3. ФОС по подкомпетенции ПК-6.НМСНМ «Способен осуществлять модификацию поверхности материалов и использование электрохимических процессов»

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

Модуль 1 «Общие представления об электрохимических процессах» является базовым для всех последующих. Порядок освоения модулей 2 «Процессы электрохимического удаления и окисления» и 3 «Процессы катодного формирования тонких пленок и наноструктур» может быть произвольным, но после модуля 1. Заключительным модулем является модуль 4 «Примеры реализации приборных структур». При изучении модуля 4 закрепляются знания полученные в предыдущих модулях.

Подобная последовательность обусловлена тем, что данная последовательность имеет логику изложения: каждый следующий раздел для достижения понимания использует базисные знания предыдущих разделов.

Базовым является первый раздел, посвященный изучению основ и закономерностей электрохимических процессов, что требует увеличить аудиторное время, выделяемое на освоение данного раздела.

Необходимо уделить особое внимание изучению тем:

- Электролитическая диссоциация.
- Механизм образования ЭДС и природа электродного потенциала.
- Основные принципы кинетики электродных процессов

Самостоятельная работа студентов направлена на предварительную подготовку к практическим занятиям: подготовка к лабораторным работам и проработка теоретического материала для семинарских занятий, выполнению большого домашнего задания.

Большое домашнее задание содержит 2 части: решения типовых задач и расчет, и построение диаграмм Пурбе для заданного материала по вариантам. Расчетная часть должна содержать уравнения химических реакций, протекающих в системе, вывод уравнений Нернста, построение диаграммы Пурбе, определение характерных областей на диаграмме для заданного материала, и формулировку и аргументацию выбора режимов для создания наноструктур и пленок заданного материала электрохимическими методами.

Выполнение расчетной части осуществляется в ходе выполнения домашних заданий практических занятий 6-8. Контрольные рубежи по сдаче БДЗ: 8-ая неделя (1 часть), и 15-ая неделя семестра (2 часть).

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ и электронной почты.

Зачет проходит в форме выполнения заданий для промежуточной аттестации.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен зачёт с оценкой. Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 71 балл), активность в семестре (в сумме 19 баллов) и сдача зачета (10 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>

Получение баллов по всем контрольным мероприятиям в течение семестра обязательно.

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:

Доцент Института ПМТ, к.т.н.

 А.А.Дронов

Ст. преподаватель Института ПМТ

 Ю.В.Назаркина

Рабочая программа дисциплины «Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 22 июня 2021 года, протокол № 6

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 /