

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

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

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 04.09.2023 11:05:10 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Уникальный программный ключ: «Национальный исследовательский университет

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736a76c8f89ca882b8d502 «Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«2» октября 2020 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрохимические методы в нанотехнологии»

Направление подготовки - 28.04.03 «Нanomатериалы»

Направленность (профиль) – «Инженерия наноматериалов для сенсорики»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-1 «Способен проводить экспериментальные исследования, участвовать в разработке современных технологических маршрутов и процессов по производству изделий сенсорики» **сформулирована на основе профессиональных стандартов: 40.005** «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»

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

Трудовая функция C/03.7 Проектирование и разработка продукции в части, касающейся разработки объемных нанометаллов, сплавов и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов

40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция C[7] Процессы жизненного цикла

Трудовая функция D/01.7 Анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.ЭхМвНт Способен осваивать методы автоматизации измерений в реальном времени параметров электрохимических процессов	– Участие в организации и проведении проектов, исследований и разработок новых материалов и композиций, научных и прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий; – Разработка программ, рабочих планов и методик, организация и проведение экспериментов, исследований и испытаний материалов, обработка и анализ их результатов с целью выработки технологических рекомендаций при внедрении процессов в производство, подготовка отдельных заданий для исполнителей – Моделирование материалов и процессов, исследование и экспериментальная проверка теоретических данных при	Знание основных понятий и законов электрохимических процессов Умение выбирать параметры используемых процессов, а также оценивать возможность их мониторинга в реальном времени Опыт деятельности по анализу информации, подготовке и проведению экспериментальных исследований, а также по выбору методов и способов получения наноматериалов и структур, вариантов автоматизирования процессов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
	разработке новых технологических процессов производства и обработки материалов	

Компетенция ПК-2 «Способен обеспечивать функционирование производства изделий сенсорики» 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 - В [7] Менеджмент ресурсов

Трудовые функции - В/01.7 Рациональное расходование материалов, используемых при проведении операций контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов и **В/02.7** Рациональное расходование основных, вспомогательных и расходных материалов, используемых при их разработке и выборе

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ЭхМвНт Способен выбирать методы измерения различных параметров с точки зрения рациональности расхода материалов	Сбор и сравнительный анализ данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах, способах разработки новых материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников Анализ, обоснование и выполнение технических проектов в части рационального выбора материалов в соответствии с заданными условиями при конструировании изделий, проектировании технологических процессов производства, обработки и переработки материалов, нетиповых средств для испытаний материалов, полуфабрикатов и изделий	Знание основных параметров электрохимических процессов обработки и модификации поверхности Умение выбирать параметры проведения электрохимических процессов в соответствии с конкретными характеристиками формируемых модифицируемых образцов Опыт деятельности по выбору и рациональному расходу основных и вспомогательных материалов при разработке и планировании производства изделий сенсорики, выбору методов исследования сенсорных систем с точки зрения рациональности расхода

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
		материалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы и является дисциплиной по выбору.

Входные требования к дисциплине - Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Физика», «Химия», «Математика», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов». 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	4	144	6	16	26	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Формы текущего контроля
	Лекции(часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия(часы)		
1. Общие представления об электрохимических	4	8	6	37	Защита лабораторных работ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Формы текущего контроля
	Лекции(часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия(часы)		
					Контрольная работа
процессах					
2. Энергетические устройства	2	-	8	5	Сдача индивидуального задания
					Контрольная работа
3. Технология пористого и нанотрубчатого оксида титана	-	8	4	8	Защита лабораторных работ
4. Магнитные запоминающие и микро- и нанoeлектромеханические системы	-	-	8	10	Сдача индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля	дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1		1	2	Общие представления об электрохимических процессах, протекающих на поверхности электродов. Процессы электрохимического удаления вещества с поверхности твердого тела.
		2	2	Процессы формирования диэлектрических пленок на поверхности металлов и полупроводников. Нанесение металлов и полупроводников методами катодного осаждения.
2		3	2	Нанотехнологии в производстве литиевых батарей, топливных элементов, накопителей энергии.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1-2	4	Расчет и построение диаграмм электрохимического равновесия. Определение режимов формирования материалов электрохимическими методами
	3	2	Расчет параметров пористого анодного оксида алюминия и исследование особенностей кинетики процесса анодного окисления металлов
2	4-5	4	Топливные элементы. Принципы работы, материалы. Особенности топливных элементов на основе наноструктур.
	6-7	4	Накопители энергии. Принципы работы, материалы. Особенности топливных элементов на основе наноструктур.
3	8	2	Современное представление о технологиях получения фотоэлектродов на основе наноструктурированных слоев оксида титана для фотовольтаики
	9	2	Формирование высокоупорядоченного нанотрубчатого оксида титана с помощью многостадийного электрохимического окисления, параметры и их влияние
4	10-11	4	Магнитные головки и системы записи. Принципы работы, материалы.
	12-13	4	Микроэлектромеханические и наноэлектромеханические системы. Принципы работы, материалы.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование кинетики процесса анодного окисления для гальваностатического и потенциостатического режимов
	2	4	Исследование особенностей создания тестовых структур для калибровки зондов сканирующей микроскопии
3	3	4	Исследование зависимости напряжения и геометрических параметров анодного оксида титана в гальваностатическом режиме формирования от времени

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
	4	4	Исследование зависимости плотности тока и геометрических параметров в потенциостатическом режиме формирования анодного оксида титана от времени

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Изучение теоретического материала в объеме лекций
1	9	Подготовка к практическим занятиям
1, 2	9	Подготовка к тестированию
1, 3	8	Подготовка к лабораторным работам
1, 3	8	Подготовка к защите лабораторных работ
2, 4	20	Подготовка индивидуального задания

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// URL: <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1 «Общие представления об электрохимических процессах»

- ✓ Материалы для подготовки к тестам, размещенные в ОРИОКС
- ✓ Материалы лабораторного практикума
- ✓ Материалы сети - интернет
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента

Модуль 2 «Энергетические устройства»

- ✓ Материалы сети - интернет
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента
- ✓ Материалы для подготовки к тестам, размещенные в ОРИОКС

Модуль 3 «Технология пористого и нанотрубчатого оксида титана»

- ✓ Материалы лабораторного практикума

Модуль 4 «Магнитные запоминающие и микро- и наноэлектромеханические системы»

- ✓ Материалы сети - интернет

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Гаврилов С.А. Электрохимические процессы в технологии микроэлектроники и нанoeлектроники: Учеб. пособие / С. А. Гаврилов, А. Н. Белов. - М.: Высшее образование, 2009. - 257 с.
2. Electrochemical Nanotechnologies / Tetsuya Osaka, Madhav Datta, Yosi Shacham-Diamand, ed. - Springer, 2010. - (Nanostructure Science and Technology). - Режим доступа: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-1424-8>. (дата обращения: 12.09.2020).
3. Лукомский Ю.А. Физико-химические основы электрохимии : [учеб. пособие] / Ю. А. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 448 с.
4. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с.

Периодические издания

1. Нано- и микросистемная техника: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М.: Новые технологии: Нано-микросистемная техника, 1999 - .

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань: электронно-библиотечная система. - Санкт-Петербург, 2011. - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 21.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Юрайт: Электронно-библиотечная система: образовательная платформа. - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.09.2020). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.
4. База American Chemical Society (ACS) : [сайт]. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. Electrochemical Society : [сайт]. - URL: <http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
6. SCOPUS: библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. - URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

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, чат с преподавателем в WhatsApp.

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 № 4139, «Лабораторный практикум по материалам электронной техники»	Проектор, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры, интернет	Операционная система Windows, пакет MS Office
Учебная аудитория № 4315 «Лаборатория Технологий наноматериалов	Автоматизированный комплекс нанесения материалов атомно-слоевым осаждением KSV Dip Coater, потенциостат-гальваностат AUTOLAB PGSTAT302, электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1 на элементе Пельтье, комплект оборудования для электрохимического формирования наноматериалов AMMT GmbH Germany, весы OXAUS Model PA 214 C, симулятор солнечного излучения NEWPORT 67005 с источником тока NEWPORT 69907, источник тока KEITHLEY 2450, потенциостат-гальваностат Elins P-45X, термостат жидкостной Lauda model Alpha, компьютеры, принтеры, интернет	Microsoft Windows, Visual C++, CorelDRAW, Kaspersky Total Security, Microsoft Office
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 Microsoft Office Professional Plus браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-1.ЭхМвНт** Способен осваивать методы автоматизации измерений в реальном времени параметров электрохимических процессов

ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-2.ЭхМвНт** Способен выбирать методы измерения различных параметров с точки зрения рациональности расхода материалов

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

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

–**лекции**, цель которых состоит в рассмотрении основных теоретических вопросов дисциплины

–**практические занятия**, цель проведения которых –изучение некоторых особенностей курса, решение практических задач, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы

–**лабораторные занятия**, цель проведения которых –экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений, формирование профессиональных компетенций, умений и навыков проведения экспериментов, ознакомление с современными приборами и аппаратурой.

–**внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем курса.

Дисциплина «Электрохимические методы в нанотехнологии» состоит из четырех модулей. Модуль 1 «Общие представления об электрохимических процессах» является базовым модулем курса, обеспечивающий студентов знаниями по основным разделам курса, а также основным направлениям применения электрохимических технологий. Остальные модули подробно рассматривают некоторые области применения электрохимических технологий и процессов.

В рамках учебного проектного задания студентам представляется возможность изучить работу привычных приборов, обеспечивающих нашу жизнь с использованием специализированного оборудования, имеющегося в распоряжении института. Работы выполняются малыми группами или индивидуально. Объект исследования выбирается студентами: в качестве объекта может выступить любая приборная структура, ячейка, имеющаяся в наличии у студента/преподавателя, работающая на основе электрохимических процессов. При грамотном подходе к выбору объекта, можно в рамках лабораторной работы провести исследование, которое войдет отдельным пунктом в

магистерскую диссертацию студента. Студенты выбирают объект исследования, проводят анализ рынка таких приборов, методов исследования их характеристик. На практическом занятии и/или лабораторной работе происходит обсуждение возможностей изучения характеристик конкретного прибора/структуры, имеющимся в наличии оборудовании, определяются методики измерения и расчетов. Практическим заданием каждой лабораторной работы является измерение запланированных ранее параметров по выбранным методикам.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <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:

Доцент института ПМТ, к.т.н. _____

Доцент института ПМТ, к.т.н. _____



/А.А. Дронов/

/А.В. Железнякова/

Рабочая программа дисциплины «Электрохимические методы в нанотехнологии» по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов для сенсорики» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании УС ИПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Директор Института ПМТ

 / С.А. Гаврилов /

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 /