

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2025 16:07:22
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736e7b6c9a321b002

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

«Электрохимические методы в нанотехнологии»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»
Направленность (профиль) - «Материалы и технологии функциональной электроники»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-2 «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий функциональной электроники» **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 С[7] Процессы жизненного цикла продукции

Трудовая функция С/02.7 Планирование разработки продукции в части, касающейся контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов, а также их разработки и выбора

С/08.7 Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов

40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

Обобщенная трудовая функция В [7] Разработка и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования, технологической оснастки, необходимых режимов производства на выпускаемую организацией продукцию

Трудовые функции В/01.7 Разработка технологических процессов и внедрение их в производство

В/02.7 Оптимизация параметров технологических операций

В/03.7 Освоение и внедрение технологических процессов и необходимых режимов производства на выпускаемую продукцию

В/04.7 Экспериментальные работы и освоение новых технологических процессов

В/05.7 Экспериментальные работы и освоение нового оборудования и технологической оснастки

В/06.7 Экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p>ПК-2.ЭхМвНт Способен осваивать методы измерений в реальном времени параметров электрохимических процессов</p>	<p>– сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;</p>	<p>Знание основных типов и видов оборудования, используемого для контроля процессов изделий функциональной электроники Умение выбирать методы и оборудование контроля параметров изделий Опыт работы на новом оборудовании, обеспечивающем</p>

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
	– использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем;	выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных)

Компетенция ПК-3 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов, в т.ч. при разработке технологических маршрутов» **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 - В [7] Менеджмент ресурсов

Трудовые функции - В/03.7 Рациональное расходование материалов, используемых при проведении операций контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов

В/04.7 Рациональное расходование основных, вспомогательных и расходных материалов, используемых при их разработке и выборе

40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

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

Трудовая функция D/02.7 Организация и проведение экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-3.ЭхМвНт Способен выбирать методы измерения различных параметров с точки зрения рациональности расхода материалов	– Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей; – сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их	Знание способов организации и проведения экспериментальных исследований Умение самостоятельно проводить экспериментальные исследования Опыт проведения исследований с применением современных средств и методов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
	результатов; – использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем	

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 процессах	4	8	6	37	Защита лабораторных работ Контрольная работа
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 наноэлектромеханические 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

✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента

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 подкомпетенции ПК-2.ЭхМвНт «Способен осваивать методы измерений в реальном времени параметров электрохимических процессов»

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-3.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 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии функциональной электроники» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании УС ИПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ

 / 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 /