

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 04.09.2023 11:05:07

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8b6ea882b0d062

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 » сентября 202 0 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Пористые наноструктурированные материалы»

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:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов с новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.ПНМ Способен обоснованно выбирать естественнонаучные и математические модели при формировании и использовании пористых наноструктурированных материалов	Знание физико-химических основ электрохимических процессов, применяемых для формирования наноструктурированных материалов и приборных структур на их основе Умение рассчитывать параметры электрохимического формирования нанопористых структур и композитов Опыт деятельности по владению математическим аппаратом, а также использованию физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 1 курсе в 1 семестре (очная форма обучения).

Входные требования к дисциплине - Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах бакалавриата «Химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов»

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуального задания 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)		
1	1	5	180	32	-	32	80	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Введение в технологии наноматериалов	6	-	-	11	Опрос
2. Электрохимическое формирование пористых полупроводниковых материалов	10	-	4	15	Контрольная работа
3. Пористые анодные оксиды	12	-	22	42	Контрольная работа
4. Электрохимическое осаждение в наноструктурированные матрицы	4	-	6	12	Защита индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Представление о наноматериалах. Оптические, энергетические, механические, физико-химические свойства наноматериалов.
	2	2	Наноматериалы в матрицах. Модель жидкость-наночастица. Термодинамические особенности наноразмерных систем. Поверхностное плавление. Плавление наночастиц, заключенных в матрицу другого материала.
	3	2	Введение в микро- и нанотехнологии. Особенности классических процессов на наноразмерном уровне (литография, осаждение пленок, легирование, CVD, эпитаксия, травление и др.).
2	4	2	Электрохимические процессы. Классификация, особенности. Энергетические особенности границы полупроводник-электролит. Электрохимическое травление и осаждение полупроводников.
	5	2	Система Si-электролит (HF). Пористый Si, виды, история, свойства, применение, получение. Механизм образования пор. Влияние параметров формирования на характеристики и свойства пористого кремния. Электрохимическое формирование изоляционных слоев оксида кремния.
	6	2	Отражающие покрытия. Оптические фильтры и зеркала. Биохимические сенсоры на основе пористого кремния.
	7	2	Применение пористого кремния в МЭМС и НЭМС. Взрывчатый наноструктурированный кремний.
	8	2	Металл стимулированное травление кремния. Разновидности, модели. Формирование пористых структур в полупроводниковых соединениях.
3	9	2	Типы оксидов, сформированных на металлической или полупроводниковой подложке. Пористый анодный оксид алюминия. Принципы формирования. Анодное окисление с использованием АСМ.
	10	2	Химический состав ячейки ПАОА. Структура ячейки ПАОА. Способы моделирования структурой ячейки ПАОА. Механизм изменения геометрических параметров пленки ПАОА во время роста.
	11	2	Формирование пористых алюминиевых керамических мембран.
	12	2	Нанотрубчатый оксид титана (пористый анодный оксид титана). История, получение, характеристики и свойства. Влияние состава электролита на характеристики ПАОТ.
	13	2	Кинетические зависимости формирования ПАОТ. Нанотрубчатый оксид цинка.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	14	2	Формирование нанопористого германия. Особенности технологии, свойств.
4	15	2	Гальваническое формирование медных покрытий. Особенности заполнения пор.
	16	2	Электрохимическое осаждение металлов и полупроводниковых соединений в поры ПАОА.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
2	1	2	Построение энергетической диаграммы Si в HF.
	2	2	Диффузия света в процессе формирования пористого кремния.
3	3	2	Кинетика роста барьерного слоя ПАОА.
	4	2	Различные режимы роста ПАОА.
	5-6	4	Экспериментальные зависимости геометрических параметров от условий анодирования.
	7	2	Химические реакции в процессе роста ПАОА. Равновесные условия роста ПАОА.
	8	2	Самоорганизация в процессе формирования ПАОА. Формирование иерархических структур ПАОА.
	9	2	Гальваностатический и потенциостатический режим роста. Формирование ПАОА с использованием импульсных режимов.
	10-11	4	Различные типы ПАОА. Формирование, применение. Использование.
	12	2	Формирование мембран ПАОТ. Кристаллическая структура мембран ПАОТ.
	13	2	Применение ПАОТ и наноструктурированного оксида цинка.
4	14-15	4	Импульсный метод осаждения металлов.
	16	2	Наноразмерные эффекты при плавлении материалов в матрице ПАОА

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Изучение материалов лекций и практических занятий
	5	Подготовка к опросу
2	5	Изучение материалов лекций и практических занятий
	5	Подготовка к практическим занятиям
	5	Подготовка к контрольной работе
3	22	Изучение материалов лекций и практических занятий
	10	Подготовка к практическим занятиям
	10	Подготовка к контрольной работе
4	3	Изучение материалов лекций и практических занятий
	2	Подготовка к практическим занятиям
	7	Подготовка расчетного 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, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1 «Введение в технологию наноматериалов»

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу.

Модуль 2 «Электрохимическое формирование пористых полупроводниковых материалов»

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к практическим занятиям и контрольной работе.

Модуль 3 «Пористые анодные оксиды»

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: Изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к практическим занятиям и контрольной работе.

Модуль 4 «Электрохимическое осаждение в наноструктурированные матрицы»

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к практическим занятиям и выполнению расчетного задания.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Гаврилов С.А. Электрохимические процессы в технологии микроэлектроники и нанoeлектроники [Текст]: Учеб. пособие / С. А. Гаврилов, А. Н. Белов. - М.: Высшее образование, 2009. - 257 с.
2. Applications of Nanomaterials in Sensors and Diagnostics / Adisorn Tuantranont, ed. - Springer, 2013. (Volume 14. Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors). - URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-36025-1> (дата обращения: 27.09.2020).
3. Optical Nano- and Microsystems for Bioanalytics / Wolfgang Fritzsche, Jurgen Popp, editors. - Springer, 2012. (Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors. Volume 10). - URL: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-25498-7> (дата обращения: 27.09.2020).
4. Electrochemical Nanotechnologies / Tetsuya Osaka, Madhav Datta, Yosi Shacham-Diamand, ed. - Springer, 2010. (Nanostructure Science and Technology). URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-1424-8> (дата обращения: 27.09.2020).

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://ecsdl.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 № 4136 «Лаборатория микроскопии»	Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры, интернет	Операционная система Windows, пакет MS Office
Учебная аудитория № 4139 «Лабораторный практикум по материалам электронной техники»	Проектор, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры, интернет	Операционная система Windows, пакет MS 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

1. ФОС по подкомпетенции ОПК-1.ПНМ «Способен обоснованно выбирать естественнонаучные и математические модели при формировании и использовании пористых наноструктурированных материалов»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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 теоретических вопросов дисциплины;

–*практические занятия*, цель проведения которых – углубленное изучение некоторых разделов курса, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы

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

Курс состоит из 4 модулей. Первый модуль является базовым, рассматриваются основные понятия наноматериалов, обсуждаются особенности классических и существующих способов формирования микроструктур для применения при производстве наноструктур. Второй модуль посвящен изучению особенностей электрохимического формирования полупроводниковых материалов, рассматриваются как теоретические аспекты, так и практические аспекты применения и получения. Третий модуль посвящен пористым анодным оксидам металлов. Рассматриваются процессы формирования основных оксидов металлов широко применяемых в различных структурах: пористый анодный оксид алюминия, титана. Рассматриваются теории формирования, практически выявленные закономерности. Четвертый модуль основывается на третьем, т.к. рассматривает вопросы электрохимического формирования нанонитей металлов и полупроводниковых соединений в матрице пористого анодного оксида алюминия. Изучается влияние материалов матрицы на квантово-размерные эффекты, наблюдаемые в наноструктурированных материалах, сформированных в матрице ПАОА. Во втором, третьем и четвертом модуле проводятся практические занятия, направленные на более подробное изучение определенных аспектов формирования, применения пористых материалов.

Индивидуальное задание (обзор) направлено на развитие способности обоснованно применять естественнонаучные и математические модели при формировании и использовании пористых наноструктурированных материалов. Задание индивидуальное для каждого обучающегося. Результаты выполнения индивидуального задания представляются в виде отчета преподавателю и презентации на соответствующем практическом занятии. Обзор и доклад по нему могут быть представлены на английском

языке. В этом случае производится дополнительная оценка задания в качестве бонусного мероприятия.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи экзамена по дисциплине разработан ФОС, включающий комплексное практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

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:

Директор института ПМТ, д.т.н., профессор _____ / С.А. Гаврилов/
Доцент института ПМТ, к.т.н., доцент _____ / А.В. Железнякова/

Рабочая программа дисциплины «Пористые наноструктурированные материалы» по направлению подготовки 28.04.03 «Нanomатериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов в сенсорике» 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 /