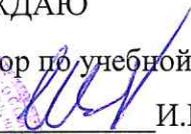


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2023 16:07:21
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736f76e0169ca8628888892

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
«1» сентября 2020 г.
М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные методы нанотехнологии»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль)– «Материалы и технологии функциональной электроники»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК- 1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» **сформулирована на основе профессионального стандарта 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/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.СМНт Способен осуществлять рациональный выбор технологий и материалов для создания объектов микро- и нанoeлектроники.	Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи.	Знание взаимосвязи между условиями получения наноразмерных объектов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами. Умение обоснованно выбирать методы обработки и контроля состава и структуры наноразмерных объектов. Опыт использования методов расчета параметров и характеристик наноразмерных объектов и материалов для прогнозирования свойств разрабатываемых изделий.

Компетенция ПК- 4 «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция 40.058 D[7] Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

Трудовая функция D/03.7 Разработка и адаптация групповых технологических процессов производства изделий микроэлектроники

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

Обобщенная трудовая функция А[7] Обеспечение функционирования нанoeлектронного производства в соответствии с технологической документацией. Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

Трудовые функции А/04.7 Разработка предложений по модернизации технологического процесса

А/05.7 Разработка рекомендаций по модернизации технологического оборудования и технологической оснастки на выпускаемую организацией продукцию

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p>ПК-4.СМНт Способен, основываясь на теоретических и экспериментальных исследованиях, давать рекомендации по выбору методов формирования поверхностных наноразмерных структур.</p>	<p>Научно-исследовательский тип задач: Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.</p>	<p>Знание принципов проведения анализа полноценности, эффективности и адекватности экспериментальных исследований. Умение подготавливать материал для научных публикаций на основе результатов исследований. Опыт подготовки и представления научно-технических результатов и заявок на защиту объектов интеллектуальной собственности.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине: изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Математика», «Физика», «Химия», «Физико-химические основы нанотехнологии». Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплины «Электрохимические методы в нанотехнологии» 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	2	108	48	16	16	16	60	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
М1. Современные технологии модификации поверхности и создания наноразмерных объектов.	8	8	8	30	Тестирование 1
					Защита лабораторной работы 1
					Защита лабораторной работы 2
М2. Зондовая сканирующая микроскопия.	8	8	8	30	Тестирование 2
					Защита лабораторной работы 3
					Защита лабораторной работы 4
					Сдача индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
М1	1	2	Технологии формирования наноразмерных покрытий.
	2	2	Литографические процессы формирования поверхностного рисунка.
	3	2	Технологии некристаллических, диспергированных и порошковых материалов. Углеродные наноразмерные структуры и материалы. Структурные модификации углерода.
	4	2	Технологии магнитных наноматериалов. Доменная структура. Блоховская стенка.
М2	5	2	Контактные методы модификации поверхности.
	6	2	Сканирующая зондовая микроскопия.
	7	2	Технологии формирования функциональных наноразмерных покрытий на кремниевых иглах кантилеверов СЗМ.
	8	2	Технологии биосенсоров.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
М1	1	2	Транспортная зондовая литография. Механическая зондовая литография. Термомеханическая зондовая литография.
	2	2	Сканирующая зондовая микроскопия. Принципы работы.
	3	2	Технология кремниевых кантилеверов. Специализированные и функциональные покрытия для кантилеверов СЗМ.
	4	2	Электропроводящая сканирующая зондовая микроскопия.
М2	5	2	Контактная, безконтактная, полуконтактная СЗМ.
	6	2	Локальное зондовое окисление. Перспективные структуры с квантовыми эффектами.
	7	2	Магнитная сканирующая микроскопия.
	8	2	Сканирующая микроскопия ближнего поля.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование влияния морфологии поверхности на проводимость сверхтонких пленок металлов
	2	4	Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости сверхтонких пленок сегнетоэлектриков
2	3	4	Исследование механизмов электрического пробоя в тонких диэлектрических пленках
	4	4	Исследование температурного коэффициента сопротивления сверхтонких пленок металлов

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-2	16	Проработка конспекта лекций, учебников и обязательной литературы
	8	Подготовка к лабораторным работам
	8	Поиск и изучение периодической научной литературы по тематике аудиторного занятия
	20	Подготовка индивидуального задания (написания реферата по выбранной теме)
	8	Подготовка к тестовым опросам

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/>):

Модули 1-2

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулям 1 и 2, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники : учебное. пособие. Ч. 2 / В. М. Рошин, М. В. Силибин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 184 с. - ISBN 978-5-94774-913-7; 978-5-94774-910-6
2. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки : Пер. с англ. / М. Херман. - М. : Мир, 1989. - 240 с.
3. Пул Ч. Нанотехнологии : Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009. - 336 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-201-4
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Ч. Киттель. - 2-е изд., стер. ; Перепечатка с изд. 1978 г. - М. : Альянс, 2014. - 792 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека:** сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 22.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. **Информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности:** сайт. - Москва, 2009-2020. – URL: <https://www1.fips.ru/iiss/> (дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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 ОРИОС «Домашние задания», электронная почта.

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 № 4349 «Лабораторный практикум по функциональной электронике»	<ul style="list-style-type: none"> – малогабаритная вакуумная установка термического испарения МВУ ТМ ТИС; – малогабаритная вакуумная установка магнетронного напыления МВУ ТМ Магна; – малогабаритная вакуумная установка реактивно-ионного травления МВУ ТМ РИТ; – установка осаждения нитевидных нанокристаллов и углеродных нанотрубок, FirstNanoInc. USA; – измерительное оборудование: вольтметры, омметры, генераторы сигналов. 	Не требуется
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-1.СМНт «Способен осуществлять рациональный выбор технологий и материалов для создания объектов микро- и наноэлектроники».

ФОС по подкомпетенции ПК-4.СМНт «Способен, основываясь на теоретических и экспериментальных исследованиях, давать рекомендации по выбору методов формирования поверхностных наноразмерных структур».

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 соответствии с программой учебная дисциплина включает 2 модуля. Модуль 1 направлен на изучение физических и технологических аспектов получения и модификации низкоразмерных структур. Модуль 2 направлен на изучение сканирующей зондовой микроскопии и ее использования в технологии нанoeлектроники.

Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят реферат по тематикам, представленным ниже. Реферат готовится самостоятельно, в пределах отведенного времени на СРС. При подготовке реферата студент должен продемонстрировать знания, навыки и опыт деятельности, включающие поиск необходимой литературы, анализ и обобщение современного состояния проблемы, выбор методов и технологий для достижения планируемого результата, способность применять знания и навыки для построения моделей и продемонстрировать опыт использования современных программных средств. В краткой форме (до 7 минут) результаты выполнения индивидуального задания представляются публично на практических занятиях.

Тематики рефератов:

1. Методы и оборудование для формирования наноразмерных покрытий (проводящие, диэлектрические, полупроводниковые материалы).
1. Особенности процессов осаждения. Свойства покрытий. Основные требования к покрытиям для их использования в микро-, нанoeлектронике, механотронике.
2. Способы формирования поверхностных наноразмерных структур. Литографические процессы наноразмерного разрешения. Физические и технологические ограничения. Оборудование и материалы. Современный уровень достижений и области использования.
3. Современные технологии формирования поверхностных наноразмерных структур.
4. Способы, оборудование и реактивы для поверхностного травления структур. Современный уровень достижений и области использования.
5. Методы и оборудование для исследования характеристик наноразмерных структур (состав, структура, пространственные, механические, электрофизические свойства). Современный уровень достижений и области использования.
6. Основные современные области использования технологических процессов, позволяющих формировать наноразмерные структуры. Основные изделия и их характеристики.
7. Локальное зондовое окисление. Технологии, оборудование. Достоинства и недостатки.
8. Микроскопия ближнего поля.
9. Возможности создания элементной базы с новыми физическими принципами.
10. Структуры на эффекте кулоновской блокады, материалы и технологии их создания.
11. Возможности и перспективы развития спинтроники.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен зачёт с оценкой. Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система. Баллами оцениваются выполнение контрольных мероприятий, активность на практических занятиях, посещаемость.

Выполнение и сдача лабораторных работ обязательна для аттестации по дисциплине.

Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор Института ПМТ, д.т.н., профессор



/В.М. Роцин/

Рабочая программа дисциплины «Современные методы нанотехнологии» по направлению подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии функциональной электроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 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 /