

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2025 16:18:55
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736076c8f05ea88280d062

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 2020 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные методы нанотехнологии»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»

Направленность (профиль)– «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

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 наноэлектроники, 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 наноэлектроники.	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 профессионального стандарта 40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»**

Обобщенная трудовая функция – A[7] Обеспечение функционирования наноэлектронного производства в соответствии с технологической документацией.

Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

Трудовая функция - А/04.7 Разработка предложений по модернизации технологического процесса

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 зарегистр. 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. Рошин/

Рабочая программа дисциплины «Современные методы нанотехнологии» по направлению подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Микроэлектроника и твердотельная электроника» 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 /