

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 10.09.2025 10:28:06
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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
_____ А.Г. Балашов
«13» *сентября* 2025 г.
М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы технологии создания наноструктурированных материалов для электронных и оптоэлектронных приборов»

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

Москва 2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

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 профессионального стандарта:

40.005 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

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 производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-3.ОТСНМ Способен разработать технологическую документацию для обеспечения внедрения изучаемой технологии в производство	– разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; – 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	Знание структуры технологических (операционных) карт, основных разделов обозначений Умение использовать технологическую документацию и нормативную документацию для разработки описаний и методических рекомендаций Опыт составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями, в том числе с использованием технической и справочной литературы, нормативных документов

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 A[7] Обеспечение функционирования наноэлектронного производства в соответствии с технологической документацией. Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

Трудовые функции:

A/04.7 Разработка предложений по модернизации технологического процесса

A/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.ОТСНМ Способен на основе результатов теоретических исследований составлять план проведения и проводить экспериментальные этапы производства солнечного элемента</p>	<p>– сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – 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 основных типов рисков при реализации исследований или создании тестовых структур Умение анализировать полученные результаты с точки зрения условий выполнения конкретных этапов создания тестовых структур Опыт разработки рекомендаций по составу и условиям формирования тестовых образцов с целью повышения их эффективности</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях приобретенных студентами при изучении специальных дисциплин бакалавриата. 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)	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
2	3	4	144	16	16	16	96	24	ЗаО, КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
1. Самоорганизация	6	4	8	36	-	Опрос по лекциям и семинарам. Контроль выполнения лабораторного курсового проекта Подготовка к защите лабораторной работы
2. Самосборка	10	-	4	30	-	Опрос по лекциям и семинарам. Контроль выполнения лабораторного курсового проекта

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
3. Технология наноматериалов для оптоэлектронных приборов	-	12	4	30	24	Доклад Защита лабораторного курсового проекта

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Самоорганизация в природе. Ячейки Бенара. Механизм возбуждения термической конвекции при подогреве снизу. Механизмы возбуждения термической конвекции
	2	2	Свободная и вынужденная конвекция. Критерии подобия Автоколебательные реакции. История открытия реакции. Механизм реакции Белоусова – Жаботинского.
	3	2	Основные положения теории синергетики
2	4	2	Понятие самосборки. Силы взаимодействия. Кулоновское (электростатическое) взаимодействие. Взаимодействие Ван-дер-Ваальса.
	5	2	Самосборка металлических частиц.
	6-8	6	Самосборка неметаллических частиц. Самосборка при испарении раствора. Самосборка пористых частиц. Самосборка магнитным полем.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Рябь Фарадея
	2	2	Свойства жидкостей.
	3, 4	4	Критерии подобия
2	5	2	Теория коагуляции
	6	2	Основные принципы анализа размеров частиц

3	7	2	Расчет характеристик солнечных элементов
	8	2	Углубленное изучение технологий создания наноструктурных материалов золь-гель методами. Выступление с рефератами по тематике МЗ

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование тепловой конвекции вязкой жидкости при нагреве снизу
3	2	4	Формирование проводящих слоев оксида титана с использованием золь-гель технологии
	3	4	Формирование структуры функциональный слой/p-тип полупроводника для солнечных элементов со сверхпоглощающим слоем
	4	4	Формирование металлических контактов и расчет основных параметров солнечных элементов со сверхтонким поглощающим слоем

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Подготовка к опросам по лекциям и семинарам
	8	Подготовка к защите лабораторной работы
	6	Контроль выполнения лабораторного курсового проекта
2	12	Подготовка к опросам по лекциям и семинарам
	4	Контроль выполнения лабораторного курсового проекта
3	8	Доклад
	10	Подготовка к практическим занятиям
3	24	Защита лабораторного курсового проекта
1-3	36	Подготовка к зачету с оценкой

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Разработка технологического маршрута создания тестовой структуры фотоэлектрического преобразователя определенной структуры.

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/>):

Сценарий обучения по дисциплине

Модуль 1 «Самоорганизация»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений
- ✓ Учебно-методические материалы лабораторного практикума
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента

Модуль 2 «Самоформирование»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента
- ✓ Материалы для подготовки к тестам
- ✓ Учебно-методические материалы лабораторного практикума

Модуль 3 «Технология наноматериалов для оптоэлектронных приборов»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений
- ✓ Учебно-методические материалы лабораторного практикума

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Воловликова О.В. Самоорганизация и самоформирование в технологии наноструктур: учебное пособие / О.В. Воловликова, И.М. Гаврилин. - Москва: МИЭТ, 2024. - 160 с.
2. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Ф. Агулло-Руеда; Пер. с англ. А.В. Хачояна; Под ред. Е.Б. Якимова. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2009. - 368 с.
3. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 168 с.
4. Device Applications of Silicon Nanocrystals and Nanostructures / Koshida N., ed. - : Springer, 2009. - (Nanostructure Science and Technology). - - URL <http://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-78689-6> (дата обращения: 23.02.2025)
5. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
6. Nanoscale Photonics and Optoelectronics: Science and Technology / Zhiming M. Wang, Arup Neogi, ed. - : Springer, 2010. - (Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology. Volume 9). - URL : <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-7587-4> (дата обращения: 23.02.2025).
7. Mahalik N.P. Micromanufacturing and Nanotechnology [Электронный ресурс] / N. P. Mahalik. - : Springer, 2006. - URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29339-6> (дата обращения: 23.02.2025).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань: электронно-библиотечная система. – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/>(дата обращения: 21.02.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.02.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **Юрайт: Электронно-библиотечная система: образовательная платформа.** - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.02.2025). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.
4. **База American Chemical Society (ACS) :** [сайт] . - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.02.2025).
5. **IOP SCIENCE :** [сайт] . – URL: <http://ecsdl.org/> (дата обращения: 20.02.2025).

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **традиционное обучение.**

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 социальной сети.

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»	Мультимедийный комплекс, проекционная установка LP-350, компьютеры, принтеры	Windows 7 Enterprise, Microsoft Office
Лаборатория технологии наноматериалов №4315	Автоматизированный комплекс нанесения материалов атомно-слоевым осаждением KSV Dip Coater, электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1, лабораторные комплексы для исследований электрофизических параметров нитевидных наноматериалов и углеродных трубок, комплект оборудования для электрохимического формирования наноматериалов AMMT GmbH Germany, термокамера ROR-630 с программным управлением	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше,

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	МИЭТ	Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ПК-3.ОТСНМ** «Способен разработать технологическую документацию для обеспечения внедрения изучаемой технологии в производство»
2. ФОС по подкомпетенции **ПК-4.ОТСНМ** «Способен на основе результатов теоретических исследований составлять план проведения и проводить экспериментальные этапы производства солнечного элемента»

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.

Методические указания для студентов

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Математика», «Физика», «Химия», дисциплины

магистратуры «Физико-химические основы нанотехнологий». Является базой для проведения научно-исследовательской работы и написания магистерской диссертации.

В рамках освоения теоретической части дисциплины студенты самостоятельно изучают имеющиеся данные современного уровня развития дисциплины. Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание написанного реферата, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

В рамках обучения по дисциплине осуществляется выполнение лабораторного курсового проекта «Разработка технологического маршрута создания тестовой структуры фотоэлектрического преобразователя определенной структуры». На первоначальном этапе происходит распределение этапов выполнения, проработка теоретического материала, и обсуждения структуры и состава разрабатываемого солнечного элемента. Студенты группы (1-2 человека) готовят проведение отдельных этапов формирования: подробная подготовка теоретического материала, подготовка экспериментальной части, проведение этапов. На заключительном этапе идет обработка характеристик тестовых структур, публичное представление полученных результатов и их обсуждение (работа в группе).

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачет с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачета по дисциплине разработаны ФОСы, включающие 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

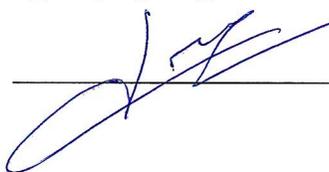
Разработчики:

Доцент Института ПМТ, к.т.н. _____ / А.В. Железнякова /

Доцент Института ПМТ, к.т.н. _____ / О.В. Воловликова /

Рабочая программа дисциплины «Основы технологии создания наноструктурированных материалов для электронных и оптоэлектронных приборов» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 28 февраля 2025 года, протокол № 18

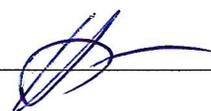
Директор Института


_____ /С.В. Дубков/

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 /