

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович  
Должность: И.О. Ректора  
Дата подписания: 28.07.2025 14:42:59  
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  
28.07.2025 г.  
М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Нанокompозиты в нанотехнологии»

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

Москва 2025

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-2** «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий микро- и наноэлектроники» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

**40.005** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**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><b>ПК-2.ГНвНт</b> Способен аргументированно выбирать методы разработки и исследования нанокompозитных и гибридных материалов</p>	<p><i>Научно-исследовательский тип задач:</i> – сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – разработка методики и проведение исследований и</p>	<p><b>Знает</b>, каким образом самостоятельно осуществлять поиск научно-практической информации в области разработки методов нанокompозитных и гибридных материалов <b>Умеет</b> применить свои навыки и знания для решения практических задач <b>Имеет опыт</b> деятельности при решении задач в области разработки методов синтеза нанокompозитных и гибридных материалов, основанный на предварительной обработке графических изображений или</p>

	измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;	табличных данных для получения свойств конкретного материала, с дальнейшим применением данного свойства в решении задач
--	--	---

**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 **стандарта** Профстандарт 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»

*Обобщенная трудовая функция* 40.005 В [7] Менеджмент ресурсов

*Трудовая функция* 40.005 В/02.7 Рациональное расходование основных, вспомогательных и расходных материалов, используемых при их разработке и выборе

<b>Подкомпетенции, формируемые в дисциплине</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Индикаторы достижения подкомпетенций</b>
<b>ПК-3.ГНвНт</b> Способен к проведению экспериментальных исследований в области нанокompозитных материалов с применением современных средств и методов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка и планирование экспериментальных методов исследования свойств и структуры нанокompозитных материалов,</li> <li>- проведение исследований с использованием современных аналитических и диагностических средств,</li> <li>- анализ полученных экспериментальных данных для определения характеристик нанокompозитов, их структуры и свойств.</li> <li>- оценка влияния технологических параметров синтеза на качество и свойства нанокompозитных материалов,</li> <li>- разработка</li> </ul>	<p><b>Знает</b>, каким образом влияют морфологические параметры композитов на их свойства.</p> <p><b>Умеет</b> применять методы синтеза и исследования при разработке и оптимизации технологических процессов изготовления нанокompозитов в нанотехнологии.</p> <p><b>Имеет опыт</b> проведения экспериментальных исследований в области нанокompозитных материалов с применением современных средств и методов.</p>

	рекомендаций по оптимизации методов синтеза и обработки нанокompозитов на основе экспериментальных результатов.	
--	---	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине:

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Математика», «Химия», «Физика». Формируемые в процессе изучения дисциплины 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	16	8	24	60	Экз(36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
1. Композиционный материал. Введение в предмет	2	-	8	10	Опрос

2. Виды композиционных материалов. Свойства	6	-	4	10	Опрос
3. Полимерные нанокомпозиты. Органические-неорганические гибридные пористые материалы	2	-	-	10	Опрос
4. Применение гибридных нанокомпозитов. Наноматериалы. Пористые материалы	6	8	12	30	Защита индивидуальных заданий. Защита лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Композиционный материал, композит. Нанокомпозит. Матрица (дисперсионная среда). Наполнители (дисперсная фаза). Классификация композиционного материала. Классификация композиционного материала по назначению. Композиционные материалы с металлической матрицей. Композиционные материалы с полимерной матрицей.
2	2	2	Виды композиционных материалов. Волокнистые композиты. Особенности разрушения композиционных материалов.
	3	2	Дисперсно-упрочненные композиты. Пластичная матрица – хрупкий наполнитель. Хрупкая матрица – пластичный наполнитель. Хрупкая матрица – хрупкий наполнитель.
	4	2	Слоистые композиты. Механизмы торможения разрушения
3	5	2	Полимерные нанокомпозиты. Классификация и особенности свойств полимерных композиционных материалов. Размер и форма дисперсных частиц в ПКМ. Поколения гибридных нанокомпозитных материалов на основе проводящих органических полимеров.
4	6	2	Пористые матрицы. Цеолиты. Аэрогели.
	7	2	Пористый кремний. Синтез. Свойства. Применение.
	8	2	Наноматериалы. Методы синтеза наноматериалов. Применение нанокомпозитов

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1-2	4	Правило смесей.
	3-4	4	Расчет электропроводности композиционного материала
2	5- 6	4	Волокнистые композиционные материалы. Влияние ориентации волокон на прочностные свойства композитов. Прочностные свойства композитов, армированных дискретными волокнами. Влияние объемной доли волокон на прочностные свойства композиционных материалов. Прочность композиционных материалов при сжатии.
4	7-10	8	Пористые материалы. Расчет поверхностной энергии. Расчет пористости. Расчет удельной поверхности.
	11-12	4	Композиционные материалы. Обзор методов синтеза и свойств.

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
4	1	4	Формирование силицидов никеля в пористом кремнии
	2	4	Исследование фотонно-кристаллических свойств нанокompозитных структур металл-диэлектрик

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	4	Подготовка к опросам по модулям
2	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	4	Подготовка к опросам по модулям

3	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	4	Подготовка к опросам по модулям
4	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	4	Подготовка к опросам по модулям
	10	Подготовка к лабораторным работам
	12	Выполнение индивидуального практико-ориентированного задания. Подготовка к защите (презентация и доклад).

#### 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/>):

Сценарий обучения

**Модуль 1** «Композиционный материал. Введение в предмет»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №1, лабораторного практикума №1, материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 2** «Виды композиционных материалов. Свойства»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №2, материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 3** «Полимерные нанокомпозиты»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №3, лабораторного практикума №2, материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 4** «Применение нанокомпозитов. Наноматериалы. Пористые материалы»

✓ Подготовка и выполнение практико-ориентированного индивидуального задания

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Золь-гель технология микро- и нанокомпозитов : учебное пособие / В. А. Мошников, [и др.]; под редакцией О. А. Шиловой. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 304 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/12940> (дата обращения: 06.02.2025). - ISBN 978-5-8114-1417-8
2. Введение в нанотехнологию : учебник / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1318-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/168460> (дата обращения: 10.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303> (дата обращения: 10.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Synthesis and Characterization of Amorphous and Hybrid Materials Obtained by Sol-Gel Processing for Biomedical Applications / Catauro Michelina, Bollino Flavia // Biomedical Science, Engineering and Technology / Edited by Dhanjoo N. Ghista. - Springer, 2012. - URL: <http://www.intechopen.com/books/biomedical-science-engineering-and-technology/synthesis-and-characterization-of-amorphous-and-hybrid-materials-obtained-by-sol-gel-processing-for->(дата обращения: 10.02.2025)

### Периодические издания

1. РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ / Федеральное агентство по науке и инновациям РФ, Парк-медиа. - М. : Российские нанотехнологии, 2006 - Режим доступа: <http://nanorf.elpub.ru/jour/index.-> Переводная версия NANOTECHNOLOGIESINRUSSIA <https://link.springer.com/journal/12201>(дата обращения: 10.01.2025)

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. — Москва, 2000. — URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 11.01.2025). — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Российская государственная библиотека: сайт. — Москва, 1999-2020. — URL: <http://www.rsl.ru>(дата обращения: 10.01.2025).

3. Google Scholar : сайт.— URL: <http://scholar.google.ru> (дата обращения: 18.01.2025).

4. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. — URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.01.2025). - 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>).

Контроль освоения образовательной программы обеспечивается электронным тестированием в ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы**:

- Российская национальная нанотехнологическая сеть:

URL: <http://www.rusnanonet.ru/>

## 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	Мультимедийное оборудование	Microsoft Windows Microsoft Office
Учебная аудитория Лаборатория технологии наноматериалов	потенциостат-гальваностат AUTOLAB PGSTAT302, электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1, комплект оборудования для электрохимического формирования наноматериалов AMMT GmbH Germany, весы OHAUS Model PA 214 C, симулятор солнечного излучения NEWPORT 67005 с источником тока NEWPORT 69907, источник тока KEITHLEY 2450, потенциостат-гальваностат Elins P-45X, термостаты жидкостные Laudamodel Alpha, RLC – измеритель параметров МНИПИ-Е7-20, вытяжные шкафы, компьютеры(5), принтер	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.ГНВНт «Способен аргументированно выбирать методы разработки и исследования нанокompозитных и гибридных материалов»

ФОС по подкомпетенции ПК-3.ГНВНт «Способен к проведению экспериментальных исследований в области нанокompозитных материалов с применением современных средств и методов»

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 теоретических основ дисциплины
- **практические занятия**, цель проведения которых – углубленное изучение разделов курса, 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 (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

Дисциплина «Нанокompозиты в нанотехнологии» состоит из четырех модулей.

Первый модуль «Композиционный материал. Введение в предмет» является базой для изучения последующих. Модули 2-4 «Виды композиционных материалов. Свойства», «Полимерные нанокompозиты» и «Применение нанокompозитов. Наноматериалы. Пористые материалы» представляют собой комплекс данных о свойствах гибридных нанокompозитов и их использовании в различных областях электроники, поэтому их изучение возможно в произвольном порядке.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы.

Для выполнения лабораторного практикума в библиотеке МИЭТ имеются учебно-методические пособия. Можно воспользоваться также разработками лабораторных работ, находящихся на кафедре. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Выполнение практико-ориентированного индивидуального задания необходимо для приобретения опыта профессиональной деятельности.

Студентам рекомендуется посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

Для итоговой аттестации целесообразно использовать: конспект материалов, подготовленных в рамках самостоятельной работы и подготовки к семинарским занятиям, материалы лабораторных работ, представление выполненного практико-ориентированного задания.

### 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 теоретическое и расчётные задания по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

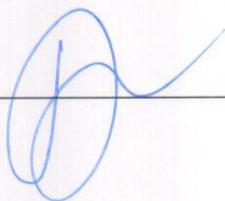
Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

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

**Разработчик:**

Доцент института ПМТ, к.т.н.



/О.В.Воловликова/

Рабочая программа дисциплины «Нанокompозиты в нанотехнологии» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии микро- и наноэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 28 февраля 2025 года, протокол № 18

Директор Института ПМТ

  
\_\_\_\_\_/С.В.Дубков/

**Лист согласования**

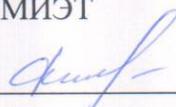
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

  
\_\_\_\_\_/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

  
\_\_\_\_\_/Т.П.Филиппова/