

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:54:10  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d1c8f9b1e802184603

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



Игнатова И.Г.

« 5 » октября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Технологии наноматериалов»**

Направление подготовки – 28.03.03 «Наноматериалы»  
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов»

2020 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<b>ОПК-2</b> Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов	<b>ОПК-2.ТНМ</b> Способен осуществлять анализ критических ограничений разработанной технологии	<b>Знание</b> принципов, лежащих в основе технологических процессов <b>Умение</b> выделять основные параметры технологического процесса <b>Опыт</b> объяснения и применения научных принципов, лежащих в основе технологических процессов, при формировании материалов
<b>ОПК-5</b> Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<b>ОПК-5.ТНМ</b> Способен обоснованно выбирать методики и процессы при разработке технологии создания материала или структуры с заданными характеристиками	<b>Знание</b> особенностей технологических процессов <b>Умение</b> выявлять информацию о технологических процессах <b>Опыт</b> описания сути технологических процессов и их обоснованного выбора при создании интегральных микросхем

**Компетенция ПК-6** «Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.104** «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

**Обобщенная трудовая функция - С [6]** Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**Трудовые функции- С/01.6** Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

**С/02.6** Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p><b>ПК-6.ТНМ</b> Способен применять знания о физико-химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p>– участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения;</p> <p>– контроль качества выпускаемой продукции</p>	<p><b>Знание</b> типов/видов дефектов, возникающих при проведении технологических операций</p> <p><b>Умение</b> выявлять основные факторы, влияющие на дефектообразование при проведении технологических операций</p> <p><b>Опыт</b> обоснования причин появления дефектов и определения правильных технологических решений</p>

**Компетенция ПК-7** «Способен осуществлять научно-техническое и методическое сопровождение в производстве полупроводниковых приборов и систем с использованием нанотехнологий» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

**29.008** «Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных электро-механических систем»

**Обобщенная трудовая функция - А[6]** Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

**Трудовые функции- А/01.6** Анализ конструкций и технологий изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации

**А/02.6** Определение этапов изготовления электромеханической системы, формирование перечня оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций

**А/03.6** Моделирование и расчет требуемых входных и выходных параметров технологических операций

**40.008** «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

**Обобщенная трудовая функция - С [6]** Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**Трудовые функции- С/01.6** Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

**С/02.6** Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-7.ТНМ Способен использовать основы проектирования технологических процессов	– участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения	<b>Знание</b> основных процессов протекающих при проведении технологических процессов <b>Умение</b> определять физико-химическую суть протекающих процессов <b>Опыт</b> обоснования поведения системы на основе ее физико-химических свойств

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Основы вакуумной техники», «Безопасность жизнедеятельности», «Физика и химия материалов функциональной электроники», «Физическая химия».

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплины «Процессы микро- и нанотехнологии», 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)	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)			
3	5	6	216	32	32	16	100	42	КР, Экз(36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)			
1. Эпитаксия.	6	8	8	22	6	Тестирование
						Защита ЛР
2. Диэлектрические слои	2	2	4	9	4	Защита ЛР
3. Пайка, сварка	2	-	-	5	2	Доклад
4. Технология тонких пленок	8	-	16	22	6	Тестирование
						Защита ЛР
5. Резка, шлифование, полирование	2	-	-	5	4	Доклад
6. Обработка поверхности	2	-	-	5	4	Доклад
7. «Сухое» травление	4	2	4	9	4	Тестирование
						Доклад
						Защита ЛР
8. Диффузия	2	2	-	7	4	Доклад
9. Ионная имплантация	2	2	-	8	4	Доклад
10. Фотолитография	2	-	-	8	4	Тестирование
						Доклад

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Предмет, цель и задачи курса. Пути развития интегральных микро- и нанотехнологий. Терминология. Общая классификация физико-химических процессов технологии микроэлектроники. Физико-химические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фазы – подложки. Классификация процессов нанесения.
	2	2	Существующие представления о механизмах зародышеобразования и роста новой фазы. Теории роста кристаллов. Ориентированное и неориентированное нарастание. Феноменологические гипотезы эпитаксии. Прогнозирование вероятности и характера протекания процессов эпитаксии с использованием критериев физико-химического взаимодействия веществ.
	3	2	Физико-химические основы автоэпитаксии кремния. Термодинамический анализ системы Si-H-Cl. Кинетика и механизм кристаллизации эпитаксиальных слоев кремния в хлоридном процессе. Гидридный процесс автоэпитаксии кремния. Аппаратное оформление автоэпитаксии кремния. Гетероэпитаксия кремния. Газофазная и жидкофазная эпитаксия полупроводниковых соединений (на примере $A^{III}B^V$ ). Хемоэпитаксия.
2	4	2	Диэлектрические пленки в технологии микроэлектроники. Механизм и кинетика термического окисления кремния. Химические и электрохимические методы получения диэлектрических пленок. Газофазные методы осаждения диэлектрических пленок.
3	5	2	Процессы пайки и сварки в технологии микроэлектроники. Характер и проблемы межфазного взаимодействия в процессах пайки и сварки в технологии микроэлектроники.
4	6	2	Вакуум-термическое испарение и конденсация. Зависимость свойств тонких пленок от условий нанесения.
	7	2	Резистивный и электронно-лучевой методы нанесения тонких пленок металлов, сплавов и соединений.
	8	2	Ионно-плазменное распыление. Структура тлеющего разряда. Катодное нанесение тонких пленок металлов, сплавов и соединений. Реактивное ионно-плазменное нанесение тонких пленок.
	9	2	Триодное и магнетронное нанесение тонких пленок металлов, сплавов и соединений. Химическое и электрохимическое осаждение тонких пленок металлов, сплавов и соединений.

5	10	2	Теоретические основы и классификация процессов удаления вещества с поверхности твердой фазы. Механическое удаление вещества. Механизм процессов резки, шлифовки и полировки пластин кремния. Основные закономерности процессов. Нарушенный слой и его структура. Оценка качества механической обработки пластин.
6	11	2	Пути попадания загрязнений на поверхность подложки. Классификация основных видов загрязнений. Технологические процессы очистки поверхности подложки. Химическое и электрохимическое удаление вещества с поверхности твердой фазы.
7	12	2	Классификация процессов сухого травления. Ионное травление. Особенности переноса изображения с маски на рабочий материал при ионном травлении. Оборудование для ионно-лучевого травления.
	13	2	Номенклатура рабочих газов. Плазмохимическое и ионно-химическое травление. Процессы сухого травления высокоплотной плазмой. ИТР и ИСР реакторы.
8	14	2	Теоретические основы процессов перераспределения вещества. Механизмы диффузии. Основные законы диффузии. Диффузия примесей в кремнии. Особенности термодиффузионных процессов.
9	15	2	Ионное легирование полупроводников. Модель Линхарда-Шарфа-Шиотта. Классификация технологического оборудования для ионной имплантации.
10	16	2	Физико-химические основы процессов фотолитографии в технологии микроэлектроники. Прямая и обратная фотолитографии. Основы фотохимии. Фоторезисты. Основные операции фотолитографического процесса. Формирование слоя резиста, формирование защитного рельефа, передача изображения на подложку. Особенности переноса изображения в нанометровой области размеров элементов. Электронно- и рентгенолитография.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Прогнозирование вероятности протекания эпитаксиальных процессов по диаграммам фазовых равновесий.
	2	2	Расчет параметров жидкофазной эпитаксии по диаграммам фазовых

			равновесий. Контрольная работа №1
	3	2	Термодинамический анализ системы Si-Cl-H. Расчет составляющих автолегирования.
	4	2	Изучение тепло- и массопереноса в газофазных процессах. Контрольная работа №2.
2	5	2	Изучение кинетики локального окисления кремния. Маскирующие свойства диоксида кремния. Сегрегация примесей на границе раздела кремний-диоксид кремния.
7	6	2	Расчет параметров процесса плазмохимического травления. Интерактивное занятие по модулю «Сухое травление».
8	7	2	Интерактивное занятие по модулю «Диффузия». Расчет параметров процесса термодиффузии.
9	8	2	Расчет параметров процесса ионной имплантации. Глубокая имплантация ионов кислорода (азота)

#### 4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Изучение влияния режимов эпитаксии на микроморфологию поверхности АЭС кремния
	2	4	Изучение газофазной составляющей автолегирования.
2	3	4	Изучение кинетики локального окисления кремния
4	4	4	Вакуум-термическое нанесение тонких пленок.
	5	4	Ионно-плазменное нанесение тонких пленок.
	6	4	Магнетронное нанесение тонких пленок.
7	7	4	Ионное травление в технологии нанoeлектроники.
8	8	4	Влияние режимов процесса диффузии на глубину залегания p-n перехода

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	6	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	4	Подготовка к лабораторным работам



	2	Подготовка к тесту
	6	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
2	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Подготовка к лабораторным работам
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
3	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
4	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	4	Подготовка к тесту
	8	Подготовка к лабораторным работам
	6	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
5	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
6	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
7	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Подготовка к лабораторным работам
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
8	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
9	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>
10	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к тесту
	4	<b>Практическая подготовка при выполнении курсовой работы</b>

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Примеры тем:

1. Разработка процесса осаждения эпитаксиального слоя n-Si на n+-Si подложке
2. Разработка процесса осаждения эпитаксиального слоя n-Si на сапфире
3. Разработка процесса осаждения тонкой пленки алюминия толщиной 500 нм на SiO<sub>2</sub>
4. Разработка процесса осаждения тонкой пленки TiN толщиной 100 нм на SiO<sub>2</sub>

#### 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 «Эпитаксия»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 2 «Диэлектрические слои»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 3 «Пайка, сварка»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 4 «Технология тонких пленок»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 5 «Резка, шлифование, полирование»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 6 «Обработка поверхности»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 7 «Сухое» травление»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 8 «Диффузия»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 9 «Ионная имплантация»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

### **Модуль 10 «Фотолитография»**

- ✓ материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;
- ✓ материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : В 2-х т. : [Учеб. пособие для вузов]. Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с.
2. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : В 2-х т. : [Учеб. пособие для вузов]. Т. 2 : Технологические аспекты / М.В. Акуленок, В.М. Андреев, Д.Г. Громов [и др.]; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 256 с
3. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях : Учеб. пособие / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 288 с
4. МОП-СБИС. Моделирование элементов и технологических процессов [Текст] : Пер. с англ. / Под ред. П. Антонетти. - М. : Радио и связь, 1988. – 410 с.

### Периодические издания

1. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
2. Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики = JETP Letters / Российская академия наук, Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН. - М. : Наука, 1965 -.
3. Физика твердого тела / РАН, Отделение Общей Физики и Астрономии РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН; Гл. ред. А.А. Каплянский. - СПб. : Наука, 1959 -. - Переводная версия PHYSICS OF THE SOLID STATE <https://link.springer.com/journal/11451>
4. Journal of applied physics [Электронный ресурс] / American Institute of Physics. - USA : AIP. - На сайте <https://aip.scitation.org/journal/jap> представлены электронные версии статей с 1931 г. – Режим доступа: в сети МИЭТ
5. Applied physics A [Электронный ресурс] : Materials Science & Processing. - : Springer, 1973 - . - Выходит 16 раз в год. - URL : <http://link.springer.com/journal/339>

## 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. **Юрайт: Электронно-библиотечная система: образовательная платформа.** - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

3. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

4. **Российская государственная библиотека**: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).

5. **GoogleScholar**: сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.

6. **ASC Publications** : сайт. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

7. **IOPSCIENCE** : сайт. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020).

8. **Springer**: сайт. – URL:<http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

9. **SCOPUS**: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

10. **Web of Science**: сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных 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.

## 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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

Лабораторный практикум по тонкопленочной технологии №4309	вакуумная установка термического испарения УРМ-3279011; вакуумная установка магнетронного напыления УВМ-026; вакуумная установка ионно-плазменного нанесения УРМ-3279014	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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, 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 **ОПК-2.ТНМ** «Способен осуществлять анализ критических ограничений разработанной технологии».
2. ФОС по подкомпетенции **ОПК-5.ТНМ** «Способен обоснованно выбирать методики и процессы при разработке технологии создания материала или структуры с заданными характеристиками»
3. ФОС по подкомпетенции **ПК-6.ТНМ** «Способен применять знания о физико-химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации».
4. ФОС по подкомпетенции **ПК-7.ТНМ** «Способен использовать основы проектирования технологических процессов».

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 лекционный курс включает 10 модулей. Каждый из модулей рассматривает отдельный базовый процесс технологии микро- и нанoeлектроники, поэтому порядок освоения модулей может быть произвольным. Однако рекомендуется следующая последовательность освоения материала: вначале процессы, касающиеся осаждения материалов (модули 1-4), далее процессы, касающиеся удаления материалов (модули 5-7), потом процессы перераспределения (модули 8,9), и в завершение процесс литографии (модуль 10).

Для закрепления знаний, полученных на лекционных занятиях и при выполнении самостоятельной работы, а также для получения навыков исследовательской и практической работы на лабораторном оборудовании и установках, проводятся **лабораторные работы**. Лабораторные работы проводятся, как правило, в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения экспериментальных исследований и при защите полученных результатов.

В рамках выполнения *курсовой работы* студенты осуществляют разработку технологического цикла формирования структур с заданными параметрами и характеристиками.

Студент должен осуществить обоснованный выбор соответствующего технологического процесса для формирования конкретной структуры (материала) для конкретных целей и условий эксплуатации:

- обосновать выбор процесса формирования с учетом дальнейших условий эксплуатации или проведения последующих технологических операций;
- расписать все необходимые расходные материалы;
- описать способы и методы подготовки образцов;
- рассчитать параметры и условия проведения выбранного технологического процесса формирования заданной структуры (материалов).

По завершении обучения проводится публичное представление результатов выполнения курсовой работы.

Все материалы публикуются в ОРИОКС с помощью сервиса «Портфолио». Портфолио формируется на основании результатов всех мини-групп и каждый студент группы имеет доступ к данному сервису в полном объеме.

## 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 разработаны ФОСы, включающие тестовые задания и практико-ориентированного задания по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

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:**

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

Громов Д.Г.

Рабочая программа дисциплины «Технологии наноматериалов» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института  
к.т.н., доцент

  
\_\_\_\_\_/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.Филипова/