

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 11:02:40
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
«10» июля 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-2 Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	ОПК-2.ФХОТИМНС Способен осуществлять анализ критических ограничений разработанной технологии	Знание принципов, лежащих в основе технологических процессов Умение выделять основные параметры технологического процесса Опыт объяснения и применения научных принципов, лежащих в основе технологических процессов, при формировании материалов
ОПК-6 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.ФХОТИМНС Способен обоснованно выбирать методики и процессы при разработке технологии создания материала или структуры с заданными характеристиками	Знание особенностей технологических процессов Умение выявлять информацию о технологических процессах Опыт описания сути технологических процессов и их обоснованного выбора при создании интегральных микросхем

Компетенция ПК-1 «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>ПК-1.ФХОТИМНС Способен применять знания о физико-химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p>- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий</p>	<p>Знание типов/видов дефектов, возникающих при проведении технологических операций Умение выявлять основные факторы, влияющие на дефектообразование при проведении технологических операций Опыт обоснования причин появления дефектов и определения правильных технологических решений</p>

Компетенция ПК-4 «Способен осуществлять научно-техническое и методическое сопровождение в производстве полупроводниковых приборов и систем с использованием нанотехнологий» сформулирована на основе профессионального стандарта **26.006** «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция - В [6] Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов

Трудовая функция- В/05.6 Аналитическое и документационное сопровождение внедрения наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p>ПК-4.ФХОТИМНС Способен использовать основы проектирования технологических процессов</p>	<p>- Разработка, внедрение новых и выработка рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники - Организация и контроль технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники - Проведение технологических процессов и контроль параметров экспериментальных образцов приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов</p>	<p>Знание основных процессов протекающих при проведении технологических процессов Умение определять физико-химическую суть протекающих процессов Опыт обоснования поведения системы на основе ее физико-химических свойств</p>

Компетенция ПК-5 «Способен разрабатывать, внедрять новые и вырабатывать рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микро- и нанoeлектроники» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция - В[6] Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники

Трудовая функция - В/02.6 Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p>ПК-5.ФХОТИМНС Способен выбирать и рассчитывать параметры технологических операций для формирования материалов с заданными характеристиками</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Проведение технологических процессов и контроль параметров экспериментальных образцов приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов - Проведение процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур на основе технологических карт и инструкций по эксплуатации оборудования - Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов 	<p>Знание основных процессов протекающих при проведении технологических процессов</p> <p>Умение определять основные параметры технологического процесса формирования заданного материала</p> <p>Опыт проведения расчет основных параметров технологических операций для формирования материалов</p>

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», «Основы физической химии».

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	32	84	30	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	16	8	18	4	Тестирование Защита ЛР
2. Диэлектрические слои	2	4	4	9	4	Защита ЛР
3. Пайка, сварка	2	-	-	5	2	Доклад
4. Технология тонких пленок	8	-	16	18	4	Тестирование Защита ЛР
5. Резка, шлифование, полирование	2	-	-	3	2	Доклад
6. Обработка поверхности	2	-	-	3	2	Доклад
7. «Сухое» травление	4	4	4	9	4	Тестирование Доклад Защита ЛР

8. Диффузия	2	4	-	5	2	Доклад
9. Ионная имплантация	2	4	-	6	2	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	4	Прогнозирование вероятности протекания эпитаксиальных процессов по диаграммам фазовых равновесий.
	2	4	Расчет параметров жидкофазной эпитаксии по диаграммам фазовых равновесий. Контрольная работа №1
	3	4	Термодинамический анализ системы Si-Cl-H. Расчет составляющих автолегирования.
	4	4	Изучение тепло- и массопереноса в газофазных процессах. Контрольная работа №2.
2	5	4	Изучение кинетики локального окисления кремния. Маскирующие свойства диоксида кремния. Сегрегация примесей на границе раздела кремний-диоксид кремния.
7	6	4	Расчет параметров процесса плазмохимического травления. Интерактивное занятие по модулю «Сухое травление».
8	7	4	Интерактивное занятие по модулю «Диффузия». Расчет параметров процесса термодиффузии.
9	8	4	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 наноэлектроники.
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
	4	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	4	Подготовка к лабораторным работам
	2	Подготовка к тесту
	4	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
2	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Подготовка к лабораторным работам
	4	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
3	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к контрольной работе
	2	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
4	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к тесту
	8	Подготовка к лабораторным работам
	4	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
5	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
6	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
7	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Подготовка к лабораторным работам
	4	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
8	1	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
9	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическому занятию и контрольной работе
	2	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы
10	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к тесту
	4	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы

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 SiO₂
4. Разработка процесса осаждения тонкой пленки TiN толщиной 100 нм на SiO₂

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 по дисциплине

Модуль 1 «Эпитаксия»

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

Модуль 2 «Диэлектрические слои»

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

Модуль 3 «Пайка, сварка»

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

Модуль 4 «Технология тонких пленок»

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

Модуль 5 «Резка, шлифование, полирование»

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

Модуль 6 «Обработка поверхности»

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

Модуль 7 «Сухое» травление»

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

Модуль 8 «Диффузия»

✓ Учебно-методические материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

Модуль 9 «Ионная имплантация»

✓ Учебно-методические материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к контрольным работам, тестам.

Модуль 10 «Фотолитография»

✓ Учебно-методические материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям;

✓ Учебно-методические 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

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: 21.09.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. **Юрайт:** Электронно-библиотечная система: образовательная платформа. - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.09.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
3. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 11.09.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2024).
5. **GoogleScholar:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2024). – Режим доступа: свободный.
6. **ASC Publications :** сайт. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2024). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
7. **IOPSCIENCE :** сайт. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2024).
8. **Springer:** сайт. – URL:<http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
9. **SCOPUS:** Библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
10. **Web of Science:** сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2024). - 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
Лаборатория тонкопленочной технологии	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	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows с 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. ФХОТИМНС** «Способен осуществлять анализ критических ограничений разработанной технологии».
2. ФОС по подкомпетенции **ОПК-6. ФХОТИМНС** «Способен обоснованно выбирать методики и процессы при разработке технологии создания материала или структуры с заданными характеристиками»
3. ФОС по подкомпетенции **ПК-1. ФХОТИМНС** «Способен применять знания о физико-химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации».
4. ФОС по подкомпетенции **ПК-4. ФХОТИМНС** «Способен использовать основы проектирования технологических процессов».

5. ФОС по подкомпетенции **ПК-5. ФХОТИМНС** «Способен выбирать и рассчитывать параметры технологических операций для формирования материалов с заданными характеристиками»

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

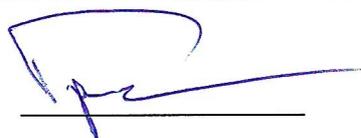
По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи экзамена по дисциплине разработаны ФОСы, включающие тестовые задания и практико-ориентированного задания по проверке сформированности подкомпетенций 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 «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов микроэлектроники» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 19 декабря 2024 года, протокол № 16

Директор Института ПМТ


/С.В.Дубков/

Лист согласования

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ


/А.Л.Переверзев /

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

Начальник АНОК


/И.М.Никulina /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки


/Т.П.Филиппова/