

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2025 15:40:14
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d7c86f8bea882b8d4603

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



И.Г. Игнатова

Игнатова И.Г.

« 5 » октября 2020 г.

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 и наноструктур»

2020 г.

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-6.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 |
|---|---|--|
| ПК-1.ФХОТИМНС Способен применять знания о физико-химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации | - Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий | 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 |

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 |
|---|--|--|
| ПК-4.ФХОТИМНС Способен использовать основы проектирования технологических процессов | - 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 | 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 |

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», «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 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 |
| | 6 | Подготовка к практическому занятию и контрольной работе |
| | 4 | Подготовка к лабораторным работам |
| | 2 | Подготовка к тесту |
| | 6 | 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 |
| | 4 | Подготовка к тесту |
| | 8 | Подготовка к лабораторным работам |
| | 6 | Практическая подготовка при выполнении курсовой работы |
| 5 | 1 | Изучение теоретического материала в объеме лекций |
| | 4 | Практическая подготовка при выполнении курсовой работы |
| 6 | 1 | Изучение теоретического материала в объеме лекций |
| | 4 | 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 |
| | 4 | Практическая подготовка при выполнении курсовой работы |
| 9 | 2 | Изучение теоретического материала в объеме лекций |
| | 2 | Подготовка к практическому занятию и контрольной работе |
| | 4 | 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/>):

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 зарегистрир. 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/ (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. 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

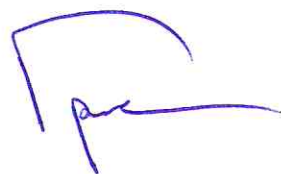
По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи экзамена по дисциплине разработаны ФОСы, включающие тестовые задания и практико-ориентированного задания по проверке сформированности подкомпетенций 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 и наноструктур» 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.Филиппова/