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
«20» декабря 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология материалов электронной техники»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция **ПК-1** «Способен разрабатывать и обосновывать модернизацию технологических линий, процессов измерений параметров и модификации свойств» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

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

40.037 Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники

Обобщенная трудовая функция D[6] Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий

Трудовые функции: D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов

D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-1.ТМЭТ Способен применять на практике знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях	- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий, - Проведение измерений параметров наноматериалов и наноструктур в соответствии с требованиями технической и нормативной документации	**Знания:** основных технологических процессов разделения гомогенных и гетерогенных систем и очистки исходных материалов **Знания** физико-химических основ поведения примесей в зависимости от типа диаграммы состояния **Опыт** разработки технологии получения материалов электронной техники и приборных структур на их основе

Компетенция **ПК-2** «Способен организовывать и аналитически сопровождать выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция А [6] Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов

Трудовые функции: А/01.6 Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

А/02.6 Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

А/03.6 Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

А/05.6 Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию

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

Обобщенная трудовая функция А[6] Организация выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике

Трудовые функции: А/01.6 Разработка и организация выполнения мероприятий по тематическому плану

А/02.6 Управление разработкой технической документации проектных работ

А/03.6 Осуществление работ по планированию ресурсного обеспечения проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

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**А/03.6** Осуществление работ по планированию ресурсного обеспечения проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-2.ТМЭТ Способен осуществлять подбор параметров процесса формирования материалов	- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических	**Умения:** осуществлять технологическую подготовку производства материалов на основе знания физико-химических свойств систем **Умение** выбирать процессы технологической схемы производства материалов и изделий электронной

	требований к модернизации технологических линий, - Организация выполнения научно-исследовательских работ по закрепленной тематике	техники. **Опыт** подготовки проведения технологических операций получения, модификации, измерения параметров материалов электронной техники и структур на их основе

Компетенция **ПК-4** «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 электромеханических 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 В[6] Организация проведения работ по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Трудовые функции: В/01.6 Организация выполнения научно-исследовательских работ по проблемам, предусмотренным тематическим планом сектора (лаборатории)

В/02.6 Управление ресурсами соответствующего структурного подразделения организации

В/03.6 Организация анализа и оптимизации процессов управления жизненным циклом проектирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

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

Трудовые функции: В/01.6 Сбор и систематизация научно-технической информации о существующих наноструктурированных композиционных материалах

В/02.6 Корректировка и разработка методик комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов

В/03.6 Разработка опытных образцов наноструктурированных композиционных материалов

В/04.6 Организация проведения испытаний технологических и функциональных свойств наноструктурированных композиционных материалов

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

В/06.6 Составление аналитических обзоров, научных отчетов, публикация результатов исследований

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.ТМЭТ Способен осуществлять подготовку методических материалов по сопровождению технологических процессов электронной техники	- 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	**Знания:** основных технологических процессов получение материалов электронной техники **Умение** использовать физико-химические основы поведения примесей в зависимости от типа диаграммы состояния для получение материалов электронной техники **Опыт** расчета требуемых входных и выходных параметров технологических операций

Компетенция **ПК-5** «Способен разрабатывать, внедрять новые и вырабатывать рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микро- и наноэлектроники» **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

Трудовые функции: В/01.6 Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению

В/02.6 Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники

В/03.6 Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-5.ТМЭТ Способен разрабатывать технологические процессы по формированию материалов заданной размерности и заданными	- Разработка, внедрение новых и выработка рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники - Организация и контроль технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники	**Знание** физико-химических основ процессов получения материалов электронной техники **Умение** рассчитывать параметры проведения процесса очистки или получения материалов электронной техники заданной чистоты

характеристиками	- Проведение технологических процессов и контроль параметров экспериментальных образцов приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов	**Опыт** разработки технологических процессов по получению материалов электронной техники заданного качества

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине:

Изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Технологические среды», «Введение в управление качеством».

Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются 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)**	**Практическая подготовка при выполнении курсовой работы**	**Промежуточная аттестация**
				Лекции (часы)	**Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)**	**Практические занятия (часы)**			
4	7	5	180	32	16	16	80	17	Экз, КР

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	**Контактная работа**	**Самостоятельная работа**	**В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы**	**Формы текущего контроля**

	Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)			
1. Основные классы современных материалов	4	4	-	10	1	Опрос
2. Основные технологические процессы производства и обработки материалов	4	4	-	11	3	Опрос Контрольная работа
3. Закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах	8	2	8	11	3	Опрос Защита лабораторных работ
4. Методы и технологии получения кристаллических и некристаллических материалов	2	-	-	11	3	Контрольная работа Тестирование
5. Основы технологии легирования монокристаллов	6	2	4	11	3	Контрольная работа Защита лабораторной работы
6. Технология выращивания совершенных монокристаллов	8	4	4	26	4	Контрольная работа Защита лабораторной работы Защита курсовой работы

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение – номенклатура материалов микроэлектроники. Требования к глубине очистки от примесей.
	2	2	Разделение смесей веществ. Источники загрязнения. Классификация методов разделения. Термодинамика процесса разделения. Определение понятий технологическая и аппаратурно-технологическая схемы. Равновесие при массопередаче. Расчет числа контактов.
2	3	2	Абсорбция. Ректификация. Специальные виды перегонки.
	4	2	Адсорбция. Ионный обмен. Экстракция. Физико-химические основы процесса экстракции.
3	5	2	Кристаллизационные методы разделения и очистки материалов микроэлектроники.
	6	2	Технология получения поликристаллического германия. Основные свойства кремния и его соединений. Соединения, используемые в технологии.
	7	2	Технология поликристаллического кремния. Получение летучих соединений, выбор соединений, оптимальных по свойствам. Хлоридные и гидридные методы получения поликристаллического кремния. Требования к готовой продукции.
	8	2	Выращивание кристаллов германия и кремния. Метод Чохральского, бестигельная зонная плавка. Структурные дефекты кристаллов германия и кремния. Методы контроля и требования к монокристаллам.
4	9	2	Способы аморфизации материалов. Общая характеристика стекол. Химический состав и свойства оксидных стекол. Технология получения полимерных композиций и аморфных материалов. Жидкие кристаллы.
5	10	2	Закономерности поведения примесей в легированных монокристаллах. Электроактивные примеси в полупроводниках Легирующие примеси в элементарных полупроводниках и соединениях. Электронейтральные примеси в элементарных полупроводниках и соединениях.
	11	2	Диаграмма состояния и тип поведения примесей в твердом растворе на основе полупроводника.
	12	2	Распределение примесей при направленной кристаллизации. Технология получения монокристаллов с равномерным распределением примеси в объёме.
6	13	2	Структурные дефекты в монокристаллах элементарных

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			полупроводников и соединений. Равновесные и неравновесные дефекты
	14	2	Технология получения бездислокационных монокристаллов элементарных полупроводников. Особенности технологии выращивания совершенных монокристаллов соединений.
	15	2	Основы технологии управления взаимодействием структурных дефектов и примесей. Кластеры точечных дефектов.
	16	2	Выращивание монокристаллов с равномерным распределением свойств в объеме. Поддержание постоянного состава исходной фазы. Методы подпитки. Аппаратурное оформление технологических процессов кристаллизации.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Конвективная теплопередача, расчет коэффициента теплоотдачи.
	2	2	Расчет процесса массопередачи при абсорбции и ректификации.
2	3	2	Интерактивное занятие. Выбор температурного режима и условий роста твердой фазы в соответствии с механизмом кристаллизации.
	4	2	Расчет флегмового числа при ректификации летучих соединений кремния.
3	5	2	Интерактивное занятие. Разработка технологического процесса легирования монокристалла кремния, выращиваемого методом БЗП.
5	6	2	Расчет распределения примесей с различными коэффициентами распределения при направленной кристаллизации.
6	7	2	Интерактивное занятие. Разработка технологической схемы получения монокристаллов с равномерным распределением примеси и электрических свойств в объеме.
	8	2	Интерактивное занятие. Выбор условий роста совершенного монокристалла в зависимости от заданного типа микродефектов.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
3	1	4	Выращивание монокристаллов полупроводников методом вытягивания из расплава.
	2	4	Определение направления проекции главной оси сапфира на поверхности подложки.
5	3	4	Моделирование распределения примеси в монокристалле при нормальной направленной кристаллизации
6	4	4	Структурные дефекты в антимониде индия

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-6	19	Изучение теоретического материала в объеме лекций
3,5,6	16	Подготовка к лабораторным работам
1-6	11	Подготовка к опросам и контрольным работам
1-6	17	Подготовка к семинарам
1-6	17	**Практическая подготовка** Выполнение курсовой работы

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Классификация I – по технологиям:

1. Выращивание кристаллов методом Чохральского;
2. Выращивание кристаллов методом бестигельной зонной плавки
3. Выращивание кристаллов методом горизонтальной направленной кристаллизации
4. Выращивание кристаллов методом Киропулоса
5. Выращивание кристаллов методом Стокбаргера
6. Выращивание кристаллов из паровой фазы
7. Выращивание кристаллов из жидкой фазы
8. Технология формирования кристаллов с однородным распределением примеси

Классификация II – по материалам:

1. Технологии формирования монокристаллов элементарных полупроводников
2. Технологии формирования монокристаллов соединений AIIIBV

3. Технологии формирования монокристаллов соединений AIIBVI

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , http://orioks.miet.ru/):

Модуль 1 «Основные классы современных материалов**»**

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим занятиям, курсовой работе, опросу.

Модуль 2 «Основные технологические процессы производства и обработки материалов**»**

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим занятиям, опросу, курсовой работе, контрольной работе

Модуль 3 «Закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах**»**

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, опросу и защите лабораторной работы

Модуль 4 «Методы и технологии получения кристаллических и некристаллических материалов**»**

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, курсовой работе, контрольной работе

Модуль 5 «Основы технологии легирования монокристаллов**»**

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к курсовой работе, контрольной работе и к защите лабораторной работы

Модуль 6 «Технология выращивания совершенных монокристаллов**»**

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к контрольной работе, к защите лабораторной работы и курсовой работы

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники : учебное пособие. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 168 с.
2. Физика полупроводников : Учебник / К.В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 400 с.
3. Материаловедение : Учебник / В. Н. Гадалов [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М., 2014. - 272 с. - (Высшая школа).
4. Прокофьева В.К. Кристаллизация полупроводников из расплава [Текст] : Учеб.пособие / В. К. Прокофьева, Б. Н. Рыгалин; Под ред. Е.Б. Соколова. - М. : МИЭТ, 2007. - 160 с.
5. Лабораторный практикум по курсу "Технология материалов электронной техники" / В.К. Прокофьева, А.А. Раскин, Б.Н. Рыгалин; Под ред. Б.Н. Рыгалина. - М. : МИЭТ, 2008. - 84 с.
6. Раскин А.А. Технология материалов электронной техники [Текст] : Учеб.пособие / А. А. Раскин, А. А. Картушина, Н. В. Баровский; Под ред. Е.Б. Соколова. - М. : МИЭТ, 1999.
7. Пасынков В.В. Материалы электронной техники [Текст] / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.

Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. В.Д. Вернер. - М. : МИЭТ.
2. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ / М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию. - М. :МИСиС.
3. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука.
4. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ / РАН. - М. : Наука.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 11.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности:** сайт. - Москва, 2009-2019. – URL: https://www1.fips.ru/iiss/ (дата обращения: 21.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **База данных «Термодинамические константы веществ»** (химического факультета МГУ): сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html (дата обращения: 10.11.2024).

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОС «Домашние задания», электронная почта, облачные платформы для видео-конференций.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория №4136 Лаборатория микроскопии	Мультимедийный комплекс, компьютер, принтер	ОС Microsoft Windows MS Office браузер
Учебная аудитория №4353 Лаборатория технологии материалов микро- и наноэлектроники	Установка С-1419 для выращивания монокристаллов методами направленной кристаллизации. Эпитаксиальная установка для получения тонких эпитаксиальных слоев соединений. Установка магнетронного распыления. Фурье-спектрометр ФСМ-1201 Микроскопы: интерференционноконтрастный – МИИ-4, инфракрасный – МИК-4	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows MS Office браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ПК- 1.ТМЭТ** «Способен применять на практике знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях».
2. ФОС по подкомпетенции **ПК- 2.ТМЭТ** «Способен осуществлять подбор параметров процесса формирования материалов».
3. ФОС по подкомпетенции **ПК- 4.ТМЭТ** «Способен осуществлять подготовку методических материалов по сопровождению технологических процессов электронной техники».
4. ФОС по подкомпетенции **ПК- 5.ТМЭТ** «Способен разрабатывать технологические процессы по формированию материалов заданной размерности и 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 рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- ***лекции***, цель которых состоит в рассмотрении теоретических вопросов дисциплины

- ***практические занятия***, цель проведения которых – углубленное изучение некоторый 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, выполнение курсовой работы (КР). Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

Модуль 1 «Основные классы современных материалов» является базовым для всех последующих. Порядок освоения модулей 2 «Основные технологические процессы производства и обработки материалов», 3 «Закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах», 4 «Методы и технологии получения кристаллических и некристаллических материалов» может быть произвольным, но после модуля 1. Заключительным модулем является модуль. Модуль 5 «Основы технологии легирования монокристаллов» должен предшествовать модулю 6 «Технология выращивания совершенных монокристаллов». При изучении модуля 6 закрепляются знания, полученные в предыдущих модулях. Подобная последовательность обусловлена логикой изложения: каждый следующий раздел для достижения понимания использует базисные знания предыдущих разделов.

Наиболее сложными являются второй раздел, посвященный изучению основных технологических процессов производства и обработки материалов, и пятый (основы технологии легирования монокристаллов), что требует увеличить аудиторное время, выделяемое на освоение данных разделов.

Необходимо уделить особое внимание изучению тем, относящихся к освоению методов разделения смесей веществ (абсорбция, ректификация, специальные виды перегонки, адсорбция, ионный обмен, экстракция).

А также темы, в которых рассматриваются технологии легирования монокристаллов:

–Закономерности поведения примесей в легированных монокристаллах.

–Диаграмма состояния и тип поведения примесей в твердом растворе на основе полупроводника.

–Распределение примесей при направленной кристаллизации.

–Технологии получения монокристаллов с равномерным распределением примеси в объёме.

Самостоятельная работа студентов направлена на предварительную подготовку к практическим занятиям: подготовка к лабораторным работам и проработка теоретического материала для семинарских занятий, выполнение курсовой работы.

Курсовая работа. При получении задания по классификации I следует выполнять полное описание заданного технологического процесса получения материалов, описывать все этапы подготовки исходных материалов, самого процесса, а также анализировать основные различия при использовании данной технологии при формировании различных материалов. Далее с участием преподавателя выбираются отдельные этапы формирования (подготовка исходных и вспомогательных материалов нужного качества и чистоты, сам процесс формирования, дополнительные методы обработки для получения заданных характеристик формируемых кристаллов) для выполнения расчетной части проекта. Расчет отдельных этапов необходимо осуществлять индивидуально с использованием данных и условий, сформулированных, исходя из конкретных проблем, решаемых на производстве (данные и характеристики преподаватель получает с профильных предприятий). В результате работы малой группы формируется полностью рассчитанный технологический процесс формирования кристалла.

При получении задания по классификации II следует описывать заданный материал (группу материалов), все технологии, используемые для формирования заданного материала с указанием основных параметров и областей применения кристаллов, полученных конкретным методом. Для описания заданного материала и технологий получения следует использовать материалы портфолио, сформированного на ранних этапах выполнения междисциплинарного задания. Далее с участием преподавателя выбираются отдельные методы формирования или подготовки материалов для выполнения расчётной части проекта. Расчётную часть проекта необходимо осуществлять индивидуально с использованием данных и условий, сформулированных, исходя из конкретных проблем, решаемых на производстве (данные и характеристики преподаватель получает с профильных предприятий). В результате работы малой группы формируется портфолио технологий формирования материала с рекомендациями применения этих методов для конкретных эксплуатационных условий и решения технологических задач. По завершении выполнения курсовой работы проводится публичное представление результатов, которое проводится малой группой с обобщение полученных индивидуальных результатов, и происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии

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-ориентированное задание 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 60	2
60 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института ПМТ, к.т.н. _____/А. И. Савицкий/

Рабочая программа дисциплины «Технология материалов электронной техники» по направлению подготовки 22.03.01«Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов микроэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 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.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/Т.П.Филиппова/