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 микро-, опто- и наноэлектроники»

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

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-1.ТММОНЭ Способен осуществлять выбор методов модификации состава материалов, используемых в наноэлектронике	- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий	***Знания*** принципов технологий получения наноматериалов и приборных структур на их основе. ***Умение*** определять основные факторы процессов/технологий, а также возможных рисков. ***Опыт*** разработки технологии получения наноматериалов и приборных структур на их основе

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине- знания и навыки сформированные в дисциплинах «Технологические среды», «Материалы электронной техники», «Процессы микро- и нанотехнологии».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
4	7	2	72	16	-	16	40	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Общие вопросы технологии материалов микро-, опто- и наноэлектроники	8	-	8	10	Контрольная работа 1 Рубежный контроль (Тестирование)
2. Технология металлов для микро-, опто- и наноэлектроники.	4	-	4	6	Контрольная работа 2
3. Технология диэлектрических и вспомогательных материалов.	4	-	4	24	Контрольная работа 3 Контроль выполнения индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение. Общие вопросы и задачи получения чистых и сверхчистых материалов. Современное состояние и проблемы технологии

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Общие вопросы технологии материалов. Базовые технологические процессы. Принципы очистки и разделения материалов.
	2	2	Технология получения бора технической и высокой чистоты. Соединения бора.
	3	2	Технология получения фосфора технической и высокой чистоты. Соединения фосфора.
	4	2	Технология получения мышьяка технической и высокой чистоты. Соединения мышьяка.
2	5	2	Технология металлов для микро-, опто- и наноэлектроники. Базовые процессы. Пиро- и гидрометаллургия. Принципы выделения химических соединений. Принципы восстановления металлов из их соединений. Технология получения тугоплавких металлов технической и высокой чистоты. Вольфрам. Молибден. Тантал и ниобий. Титан и цирконий.
	6	2	Технология получения металлов III группы технической и высокой чистоты. Алюминий. Галлий. Индий. Технология металлов высокой проводимости. Медь
3	7	2	Технология диэлектрических материалов. Стекла. Классификация, составы и получение. Стеклокерамические материалы. Процессы катализации зародышеобразования. Технология диэлектрических материалов. Керамические материалы. Технология активных диэлектрических материалов. Пьезо-, сегнето- и пироэлектрики. Технология органических диэлектрических материалов.
	8	2	Технология углеродных материалов. Аллотропные формы углерода. Технология объемных и пленочных алмазоподобных материалов. Технология наноструктурированных углеродных материалов. Фуллерены, нанотрубки. Графены. Технология некристаллических материалов.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Интерактивное занятие. Разработка технологических приемов удаления пустой породы из бедных руд.
	2	2	Расчет сублимационной очистки фосфора.
	3	2	Расчет направленной кристаллизации галлия.
	4	2	Интерактивное занятие. Разработка технологических приемов извлечения галлия и индия из отходов полупроводникового производства.
2	5	2	Интерактивное занятие. Определение основных составов стекол для различных потребителей.
	6	2	Интерактивное занятие. Выбор оптимальных способов очистки воды
3	7	2	Интерактивное занятие. Обсуждение технологических приемов и физико-химических процессов, происходящих при изготовлении керамических изделий.
	8	2	Интерактивное занятие. Обсуждение возможных областей использования фуллеренов и нанотрубок.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3		
	16	Проработка конспекта лекций, учебников и обязательной литературы
	2	Подготовка к тестированию (рубежный контроль).
	12	Подготовка к контрольным работам по индивидуальному заданию
	10	Выполнение индивидуального задания по заданной теме

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно – методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов, представленное в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/):
Сценарий обучения по дисциплине
Модули 1-3
✓ *Учебно-методические материалы для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники»*

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: Учеб. пособие. Ч. 2 / В.М. Рощин, М.В. Силибин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 184 с. - ISBN 978-5-94774-913-7; 978-5-94774-910-6
2. Рощин В.М. Технология проводящих и диэлектрических материалов [Текст] : Учеб. пособие / В.М. Рощин. - М. : МИЭТ, 2007. - 192 с. - ISBN 978-5-7256-0462-7
3. Рощин В.М. Сборник лабораторных работ "Технология проводящих и диэлектрических материалов" [Текст] / В.М. Рощин, В.Б. Яковлев, М.В. Силибин; Под ред. В.М. Рощина. - М. : МИЭТ, 2006. - 92 с.

Периодические издания

1. Organic Electronics: Materials, Physics, Chemistry and Applications. – URL: http://www.journals.elsevier.com/organic-electronics/ (дата обращения: 10.11.2024). – Режим доступа: свободный. – ISSN 1566-1194

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru(дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Российская государственная библиотека: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: http://www.rsl.ru (дата обращения: 11.12.2024).
3. GoogleScholar: сайт. – США, 2004: - URL: https://scholar.google.ru. – (дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: свободный.

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.

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

- учебные материалы по курсу органической химии (Химический факультет МГУ) http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Microsoft Windows Microsoft Office
Лаборатория функциональной электроники № 4349	Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких плёнок методом термического испарения Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ "Плазма-РИТ" реактивно-ионного травления Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-Магна нанесения тонких плёнок методом магнетронного распыления материала Установка вакуумного осаждения нитевидных нанокристаллов и углеродных трубок First Nano Inc. USA	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-1.ТММОНЭ** «Способен осуществлять выбор методов модификации состава материалов, используемых в наноэлектронике».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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

Все содержание дисциплины разбито на 3 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят и выполняют предусмотренные контрольные мероприятия на проверку усвоения необходимых знаний и умений в форме контрольных работ, на проверку умений и опыта деятельности – в форме защиты индивидуального задания, результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе.

Индивидуальное задание подразумевают самостоятельную работу обучающихся по разработке технологии получения наноматериалов и приборных структур на их основе.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций.

По завершении обучения проводится публичное представление результатов выполнения индивидуального задания.

Зачет проходит в форме выполнения заданий для промежуточной аттестации.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен ***зачёт с оценкой***, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине разработан ФОС, включающий тестовые задания и расчётное задание по проверке сформированности подкомпетенции с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института ПМТ, к.т.н. ._____/Е.А.Лебедев /

Рабочая программа дисциплины «Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники» 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 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 /