Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 09:42:48
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
«17» июня 2025 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы диагностики материалов и структур»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Элементная база наноэлектроники»

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 2025

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-2 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов»

сформулирована на основе профессионального стандарта профессионального стандарта 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция: D 7 «Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Трудовая функция: D/01.7 «Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Подкомпетенция, формируемая в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-2.МДМС «Способен к организации и проведению исследований по тематике «анализ строения и состава материалов и наноструктур»	- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; - разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; - использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем;	**Знания:** возможности и области применения экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур **Умения:** применять экспериментальные методы анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретных задач **Опыт деятельности**: использования экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении практических задач

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении дисциплин физического профиля бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	2	72	-	16	16	40	За

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1 Диагностика материалов и структур оптическими и электронно-микроскопическими методами	-	8	8	20	Опрос Тестирование Контрольная работа №1
2 Зондовые и дифракционные методы исследования и диагностики	-	8	8	20	Опрос Тестирование Контрольная работа №2 Сдача и защита практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Современные методы диагностики материалов и структур
	2	2	Анализ материалов и структур методами оптической микроскопии
	3	2	Растровая электронная микроскопия
	4	2	Микроанализ в растровой электронной микроскопии Контрольная работа №1
2	5	2	Метод фокусированного ионного пучка
	6	2	Анализ и препарирование наноструктур фокусированным ионным пучком
	7-8	4	Дифракционный анализ материалов с применением рентгеновского излучения и электронов Контрольная работа №2

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Диагностика полупроводниковых структур оптическими методами
	2	4	Исследование и диагностика наноразмерных структур СБИС методами растровой электронной микроскопии
2	3	4	Анализ и препарирование наноразмерных структур СБИС с применением ионного пучка
	4	4	Формирование микро- и наноструктур с применением метода фокусированного ионного пучка

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	8	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	8	Подготовка к лабораторным занятиям 1 и 2: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	4	Подготовка к контрольным мероприятиям: контрольная работа №1 на занятии 4
2	4	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	6	Подготовка к лабораторным занятиям 3 и 4: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	6	Выполнение практико-ориентированного задания
	4	Подготовка к контрольным мероприятиям: контрольная работа №2 на занятии 8.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

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 Диагностика материалов и структур оптическими и электронно-микроскопическими методами.

Методическое пособие для практических и лабораторных занятий, подготовки к контрольным мероприятиям и зачету.

Модуль 2 Зондовые и дифракционные методы исследования и диагностики.

Методическое пособие для практических и лабораторных занятий, подготовки к контрольным мероприятиям и зачету.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение / Под ред. У. Жу, Ж.Л. Уанга; Пер. с англ. С.И. Иванова, К.И. Домкина, под ред. Т.П. Каминской. - 3-е изд., электронное. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2017. - 601 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/94144 (дата обращения: 16.04.2025). - ISBN 978-5-00101-478-2.
2. Фульц Б. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов [Текст] / Б. Фульц, Хау Дж. М. ; Пер. с англ. В.И. Даниленко, под ред. А.В. Мохова. - 3-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2011. - 904 с. - (Мир физики и техники). - Оригинал на англ. яз. в режиме доступа : http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-73886-2 (дата обращения: 21.04.2025)
3. Эгертон Р.Ф. Физические принципы электронной микроскопии : Введение в просвечивающую, растровую и аналитическую микроскопию / Р.Ф. Эгертон; Пер. с англ. С.А. Иванова. - М. : Техносфера, 2010. - 304 с. - (Мир физики и техники). - Оригинал на англ. яз. в режиме доступа : http://link.springer.com/book/10.1007/b136495 (дата обращения: 21.04.2025)

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. ПОВЕРХНОСТЬ. РЕНТГЕНОВСКИЕ, СИНХРОТРОННЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. - М. : ИКЦ Академкнига, 1982 -. - URL: http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9739 (дата обращения: 16.11.2020)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp (дата обращения: 05.04.2025). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
2. APS Physical Society: [сайт]. –На англ. языке. - США, 2020. - URL: https://www.aps.org/ (дата обращения: 05.04.2025)
3. NSM Archive. Characteristics and Properties = Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства: Электронный архив / webmaster Алексей Толмачев // ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН : [сайт]. – Москва, 1998-2001. - URL: http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html (дата обращения: 05.04.2025).
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php (дата обращения: 05.04.2025)
5. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/ (дата обращения: 05.04.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

6. Лань: Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 05.04.2025). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

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 с использованием электронной почты.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеоресурсов, размещенных в ОРИОКС.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах электронных компонентов сервисов youtube.com.

Модуль 1

«Сканирующая электронная микроскопия»

https://www.youtube.com/watch?v=TF0EW7YgvpE&t=1479s (дата обращения 05.04.2025)

Модуль 2

«Focused Ion beam machining» https://www.youtube.com/watch?v=pWYHVsu7Fhk (дата обращения 05.04.2025)

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 Ауд. 3325	Персональный компьютер в комплекте Проектор Epson EMP-755 Принтер лазерный HP	Академические лицензии на ПО по проекту Azure Dev Tools for Teaching (Microsoft) Office
Лаборатория ЦКП «Диагностика и модификация микроструктур и нанообъектов» ауд 7109	Программно-аппаратный комплекс для лаборатории анализа СБИС: растровый электронный микроскоп с вольфрамовым излучателем	Специализированное программное обеспечения, управляющее работой оборудования и входящее в комплект его поставки

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	Система модификации и диагностики сфокусированным ионным и электронным пучком Helios NanoLab	
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Академические лицензии на ПО по проекту Azure Dev Tools for Teaching (Microsoft), Open Office, браузер Mozilla Firefox или Google Chrome

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2 МДМС «Способен к организации и проведению исследований по тематике «анализ строения и состава материалов и наноструктур»».

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

Дисциплина «Методы диагностики материалов и структур» изучается в течение одного семестра. Она включает:

- практические занятия (семинары) – 1 раз в 2 недели;
- лабораторные работы – 4-х часовые занятия 1 раз в 4 недели.

Посещение практических занятий и практической подготовки при выполнении лабораторных работ является обязательным.

Содержание дисциплины состоит из двух модулей, которые изучаются последовательно:

- диагностика материалов и структур оптическими и электронно-микроскопическими методами;
- зондовые и дифракционные методы исследования и диагностики.

Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Для организации учебной работы студентов в начале каждого семестра предоставляются следующие учебно-методические материалы:

- план практических занятий на семестр с указанием тем занятий;
- график выполнения лабораторных работ;
- график и виды контрольных мероприятий;
- список рекомендуемой учебно-методической литературы;
- рекомендуемые электронные ресурсы;
- практико-ориентированное задание на опыт деятельности, представление и защита результатов которого происходит на одном из практических занятий.

Выполнение индивидуального практико-ориентированного задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждой контрольной работы в семестре (в сумме до 20 баллов), выполнение каждой лабораторной работы (в сумме до 28 баллов), посещаемость занятий (в сумме до 8 баллов), активность в семестре (в сумме до 4 баллов). Выполнения комплексного задания программы промежуточной аттестации оценивается от 0 до 40 баллов.

Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/ .

РАЗРАБОТЧИК:

Директор Института ФПМ, д.ф.-м.н., проф. _____ /Н.И. Боргардт/

Доцент Института ФПМ, к.ф.-м.н. _____ /Р.Л. Волков/

Рабочая программа дисциплины «Методы диагностики материалов и структур» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Элементная база наноэлектроники» разработана в Институте ФПМ и утверждена на заседании Ученого Совета института 22.05. 2025 года, протокол № 5

Директор Института ФПМ _____ /Н.И. Боргардт/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Институтом ИнЭл

Директор Института ИнЭл _____ /В.В.Лосев/

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/