

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

Дата подписания: 01.09.2023 15:45:45

**«Национальный исследовательский университет**

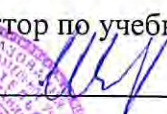
Уникальный программный ключ:

**«Московский институт электронной техники»**

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
И.Г. Игнатова

«31» декабря 2020 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»

Москва 2020

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

**Обобщенная трудовая функция:** С 7 «Осуществление технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей»

**Трудовая функция:** С/01.7 «Организация выполнения научно-исследовательских работ в соответствии с тематическим планом отдела (отделения)»

**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;	<b>Знания:</b> возможности и области применения экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур <b>Умения:</b> применять экспериментальные методы анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретных задач <b>Опыт деятельности:</b> 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 нанoeлектроника»

## 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: 16.11.2020). - 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: 21.11.2020)
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: 21.11.2020)

### 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: 05.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
2. ProQuest : [сайт]. – URL: <https://www.proquest.com/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: из локальной сети МИЭТ
3. APS Physical Society: [сайт]. –На англ. языке. - США, 2020. - URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 25.10.2020)
4. Springer Nature Limited: сайт. - 2020 -. - URL: <http://www.nature.com> (дата обращения: 05.10.2020)
5. 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: 25.10.2020).

6. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 25.10.2020)
7. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/> (дата обращения: 25.10.2020). - Режим доступа: для авториз. 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 26.10 2020)

### Модуль 2

«Focused Ion beam machining» <https://www.youtube.com/watch?v=pWYHVsu7Fhk> (дата обращения 26.10 2020)

## 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 «Диагно-	Программно-аппаратный	Azure, MATLAB, Octave

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
стика и модификация микроструктур и нанообъектов» ауд 7109	комплекс для лаборатории анализа СБИС: растровый электронный микроскоп с вольфрамовым излучателем 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:

Заведующий кафедрой ОФ, д.ф.-м.н., проф.  /Н.И. Боргардт/

Доцент кафедры ОФ, 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 (филию) «Элементная база наноэлектроники» разработана на кафедре ОФ и утверждена на заседании кафедры 02.12.2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой ОФ




/ Н.И. Боргардт /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой КФН

Зав. выпускающей кафедрой КФН



/А.А. Горбацевич/

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/