

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МГУ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:29:43  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

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  
И.Г. Игнатова  
2020 г.  
М.П.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Методы диагностики материалов и структур»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств  
интегральной нанoeлектроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-6** «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов»  
сформулирована на основе профессионального стандарта **40.035 «Инженер-конструктор аналоговых сложнофункциональных блоков»**

**Обобщенная трудовая функция: D** Сопровождение работ по проекту, контроль требований технического задания на аналоговый СФ-блок и отдельные аналоговые блоки

**Трудовая функция: D/02.7** «Контроль первичных технических требований, выбор технологического базиса для аналогового СФ-блока»

Подкомпетенция, формируемая в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-6.МДМиС «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований для анализа строения и состава материалов и наноструктур»	Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов	<b>Знает</b> возможности и области применения экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур <b>Умеет</b> применять экспериментальные методы анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретных задач <b>Имеет опыт</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 (является элективной).

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)		
2	3	3	108	-	16	16	76	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	38	Опрос
					Тестирование
					Выполнение и защита лабораторной работы
					Контрольная работа №1
2 Зондовые и дифракционные методы исследования и диагностики	-	8	8	38	Опрос
					Тестирование
					Выполнение и защита лабораторной работы
					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	18	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	12	Подготовка к лабораторным занятиям 1 и 2: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	8	Подготовка к контрольным мероприятиям: контрольная работа №1 на занятии 4
2	14	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	12	Подготовка к лабораторным занятиям 3 и 4: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	8	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: 25.10.2020). – 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 «Диагностика и модификация мик-	Программно-аппаратный комплекс для лаборатории	Azure, MATLAB, Octave

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
роструктур и нанообъектов» ауд 7109	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-6 МДМиС «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований для анализа 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/

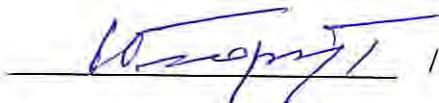
Доцент кафедры ОФ, к.ф.-м.н.



/Р.Л. Волков/

Рабочая программа дисциплины «Методы диагностики материалов и структур» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника», направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной микроэлектроники» разработана на кафедре ОФ и утверждена на заседании кафедры 22.12 2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой ОФ

 / Н.И. Боргардт /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с кафедрой ИЭМС

Заведующий кафедрой ИЭМС

 / Л.О.А. Чаплыгин /

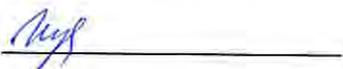
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 / Т.П. Филиппова /