

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИИЭТ
Дата подписания: 01.09.2023 15:56:21
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
«01» сентября 2023 г.
М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Просвечивающая электронная микроскопия материалов и наноструктур»
Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Направленность (профиль) – «Нанодиагностика материалов и структур»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция ПК-4 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»**

Обобщенная трудовая функция: D7 «Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

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

D/03.7 «Руководство взаимодействием работников смежных подразделений и сторонних организаций»

Подкомпетенция, формируемая в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4 ПЭММН «Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур методами просвечивающей электронной микроскопии»	Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов	Знает возможности и области применения методов просвечивающей электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур Умеет применять методы просвечивающей электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретных задач Имеет опыт использования методов просвечивающей электронной микроскопии для диагностики 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.

Входные требования к дисциплине – у обучающегося до начала изучения дисциплины должны быть сформированы компетенции в соответствии с программой бакалавриата по направлению подготовки 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)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
2	3	4	144	-	24	24	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1 Теоретические основы просвечивающей электронной микроскопии	-	8	-	12	Опрос
					Тестирование
					Контрольная работа №1
2 Введение в просвечивающую электронную микроскопию	-	8	12	24	Опрос
					Тестирование
					Выполнение и защита лабораторной работы
					Контрольная работа №2

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
3 Методы просвечивающей электронной микроскопии	-	8	12	24	Опрос Тестирование Выполнение и защита лабораторной работы Контрольная работа №3 Сдача практического задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Упругое рассеяние электронов, дифференциальное сечение рассеяния
	2	2	Кинематическая теория дифракции быстрых электронов
	3	2	Динамическая теория дифракции быстрых электронов в кристаллах
	4	2	Неупругое рассеяние электронов и спектроскопия Контрольная работа №1
2	5	2	Ведение в просвечивающую электронную микроскопию, устройство и принцип работы просвечивающего электронного микроскопа
	6	2	Методы приготовления электронно-микроскопических образцов, требования к образцам
	7	2	Изображения с дифракционным контрастом, зависимость интенсивности дифрагированных волн от толщины кристалла и ошибки возбуждения
	8	2	Дифракционный контраст от дефектов кристаллической структуры Контрольная работа №2
3	9	2	Дифракционный контраст на изображениях кристаллических образцов с дефектами

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	10	2	Методы электронографического анализа
	11	2	Высокоразрешающая электронная микроскопия, распространение электронных волн в тонком образце в приближении слоевого метода, влияние оптической системы на формирование контраста на изображении
	12	2	Формирование контраста в просвечивающей растровой электронной микроскопии Контрольная работа №3

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	4	Приготовление электронно-микроскопических образцов механическим и ионным утонением
	2	4	Получение дифракционных картин в просвечивающем электронном микроскопе и методы их анализа
	3	4	Исследование материалов и структур методами просвечивающей электронной микроскопии
3	4	4	Получение высококонтрастных электронно-микроскопических изображений в просвечивающем электронном микроскопе
	5	4	Применение методов просвечивающей сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного рентгеновского микроанализа
	6	4	Методы компьютерной обработки и анализа изображений просвечивающей электронной микроскопии

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	6	Подготовка к контрольной работе № 1
2	8	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	12	Подготовка к лабораторным занятиям 1-3: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	4	Подготовка к контрольной работе № 2 рубежному контролю на
3	6	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями
	12	Подготовка к лабораторным занятиям 4-6: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы
	2	Подготовка к контрольной работе № 3,
	4	Подготовка и выполнение практико-ориентированного задания

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>).

Список литературы по дисциплине;

Методические рекомендации студентам по дисциплине;

Семестровый план организации занятий по дисциплине;

Вопросы к экзамену;

График контрольных мероприятий по дисциплине.

Модуль 1 Теоретические основы просвечивающей электронной микроскопии

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

Модуль 2 Введение в просвечивающую электронную микроскопию

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

Модуль 3 Методы просвечивающей электронной микроскопии

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

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. 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: 21.10.2020)
2. 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: 16.12.2020). - ISBN 978-5-00101-478-2.
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: 21.10.2020)

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: 16.10.2020)

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: 05.11.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
2. ProQuest : [сайт]. – URL: <https://www.proquest.com/> (дата обращения: 27.10.2020). – Режим доступа: из локальной сети МИЭТ
3. APS Physical Society: [сайт]. –На англ. языке. - США, 2020. - URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 27.10.2020)
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: 27.10.2020).
6. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 27.10.2020)
7. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/> (дата обращения: 27.10.2020). - 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 2

«Просвечивающая электронная микроскопия»

<https://www.youtube.com/watch?v=TF0EW7YgvpE&t=1479s> (дата обращения 16.10.2020)

«Самый мощный электронный микроскоп в мире»

<https://www.youtube.com/watch?v=wiqfyX12Vow&t=7s>

Модуль 3

«Transmission Electron Microscopy (TEM) basics»

<https://www.youtube.com/watch?v=1oGOwpiVvw8> (дата обращения: 11.10.2020)

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 микроструктур и нанообъектов» Ауд. 7109	Просвечивающий электронный микроскоп Titan Themis 200 Система модификации и диагностики сфокусированным ионным и электронным пучком Helios NanoLab	Azure, MATLAB, Octave
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-4 ПЭММН - «Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур методами просвечивающей электронной микроскопии».

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 «Просвечивающая электронная микроскопия материалов и наноструктур» изучается в течение одного семестра. Она включает:

- практические занятия (семинары) – 2 раз в 3 недели;
- практическая подготовка при выполнении лабораторных работ – 4-х часовые занятия 1 раз в 3 недели.

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

Содержание дисциплины состоит из трех модулей, которые изучаются последовательно:

- Принципы растровой электронной микроскопии;
- Диагностика методами растровой электронной микроскопии;
- Методы растровой электронно-ионной микроскопии.

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 использования методов просвечивающей электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.


Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме до 30 баллов), выполнение каждой лабораторной работы (в сумме до 18 баллов), посещаемость занятий (в сумме до 8 баллов), активность в семестре (в сумме до 4 балла) и комплексного задания программы промежуточной аттестации в форме экзамена (до 40 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

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 «Просвечивающая электронная микроскопия материалов и наноструктур» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Нанодиагностика материалов и структур» 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 Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



/ И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/ Т.П. Филиппова /