

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
  
И.Г.Игнатова  
«22» февраля 2022 г.



## ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

«Ионно- и электронно-лучевые методы диагностики микро- и наноструктур»

Москва, 2022

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

### **1.1. Цель реализации программы**

Цель программы – формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности в области ионно- и электронно-лучевых методов диагностики наноструктур и нанообъектов.

Программа разработана на основе ОП для направления подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профиля) «Нанодиагностика материалов и структур», ориентирована на опережающую подготовку и переподготовку выпускников, изучающие материалы и технологии наноструктур, даёт возможность специалистам расширить спектр компетенций в области нанодиагностики материалов и структур и позволит:

- разрабатывать новые методики, проводить исследования и измерения параметров и характеристик изделий электронной техники самыми современными электронно-микроскопическими методами;

- создавать сложные компьютерные модели и проводить высокоточное компьютерное моделирование исследуемых физических процессов.

Приобретение новых компетенций делает выпускников программы конкурентоспособными на рынке труда специалистов данного профиля в эпоху развития и внедрения цифровых технологий в экономику.

Отличительной особенностью данной программы является сочетание теоретического обучения с возможностью практической деятельности с использованием комплекса современного оборудования, электронно-ионного растрового микроскопа HeliosNanoLab 650, электронного растрового микроскопа PhilipsXL 40.

Программа также направлена на получение обучающимися второй квалификации при освоении нового вида деятельности в смежной специальности путем последовательного выполнения в рамках решения профессиональной задачи ряда профессиональных заданий на опыт деятельности.

Программа разработана в соответствии с Профессиональным стандартом 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. № 593н (в редакции, введенной в действие с 20 января 2019 года приказом Минтруда России от 14 декабря 2018 года N 807н.).

### **1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации**

**Наименование нового вида деятельности:** исследования и диагностика микро- и наноструктур, нанообъектов с применением растровой электронной микроскопии, ионно-лучевых методов.

**Область профессиональной деятельности и сферы профессиональной деятельности,** в которых выпускники, освоившие программу, могут осуществлять профессиональную деятельность:

- 40 Сквозные виды профессиональной деятельности (в сфере разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов, в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок).

**Объекты профессиональной деятельности:**

- материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, диагностическое и технологическое оборудование;
- математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники;

**Задачи профессиональной деятельности:**

- разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;
- разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов.

**Квалификация:** Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и структур

**Вид экономической деятельности:** деятельность в области информации и связи

**Укрупненная группа специальностей:** код УГСН – 11.00.00, наименование «Электроника, радиотехника и системы связи»

**1.3. Требования к результатам освоения программы**

Планируемые результаты освоения программы: формирование профессиональных компетенций.

Компетенции определены на основании профессионального стандарта **40.104** «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Код и формулировка компетенции	Трудовая функция в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
ПК-1 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	(D/01.7)	<b>Знания:</b> возможностей и областей использования ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур <b>Умения:</b> применения ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретных задач <b>Опыт деятельности:</b> по

			использованию ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур при решении практических задач
ПК-2 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур методами растровой электронной микроскопии	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	(D/01.7)	<b>Знания:</b> возможностей и областей использования методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур <b>Умения:</b> применения методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретных задач <b>Опыт деятельности:</b> по использованию методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении практических задач
ЦК-1 Способен выполнять анализ и цифровую обработку электронно-микроскопических изображений	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	(D/01.7)	<b>Знания:</b> основных понятия и методов обработки, анализа и фильтрации изображений, базовых понятий компьютерного моделирования, языка программной среды МАТЛАБ <b>Умения:</b> применения математических методов обработки и анализа изображений, полученных при помощи современных электронных микроскопов, для решения задач теоретического и прикладного характера; <b>Опыт деятельности:</b> по применению методов цифровой обработки и анализа изображений в

			профессиональных задачах
ЦК-2 Способен выполнять компьютерное моделирование процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	(D/01.7)	<b>Знания:</b> основных понятий компьютерного моделирования, процессов взаимодействия ионов и электронов с конденсированными средами <b>Умения:</b> применения методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении конкретных задач <b>Опыт деятельности:</b> по использованию методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении практических задач

#### 1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

Наличие высшего образования (бакалавриат, магистратура) (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания) по направлениям: 22.03.01, 22.04.01 - «Материаловедение и технологии материалов», 28.03.03, 28.04.03 - «Наноматериалы», 12.03.04, 12.04.04 - «Биотехнические системы и технологии».

Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

#### 1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 250 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

#### 1.6. Форма обучения

Форма обучения: очно-заочная, с использованием электронного обучения и/или дистанционных образовательных технологий.

#### 1.7. Режим занятий

Без отрыва от работы

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Учебный план программы переподготовки

№ п/п	Наименование учебных дисциплин (модулей)	Общая трудоемкость, час	Контактная работа, час				ЭО или ДОТ, час				СРС, час	Промежуточная аттестация
			Всего	Лекции	Лабораторны е занятия	Практически е занятия	Всего	Лекции	Лабораторны е занятия	Практически е занятия		
1.	Диагностика микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов	72	12	-	12	-	20	-	-	20	40	За
2.	Диагностика микро- и наноструктур методами растровой электронной микроскопии	72	12	-	12	-	20	-	-	20	40	За
3.	Основные методы цифровой обработки изображений растровой электронной микроскопии	72	12	-	12	-	20	-	-	20	40	За
4.	Практика	34									34	За
	Итоговая аттестация - защита итоговой аттестационной работы											

## 2.2. Календарный учебный график

Месяц	Февраль			28 - 6	Март			28-3	Апрель			25-1	Май			
	7-13.	14-20	21-27		7-13	14-20	21-27		4-10	11-17	18-24		2-8	9-15	16-22	23-29
Дисциплина 1																
Дисциплина 2																
Дисциплина 3																
Практика															ИА	

## 3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК

### 3.1. Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Диагностика микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов»

#### 3.1.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью модуля является обучение методам диагностики микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов, изучение методик, проведение исследований, измерение параметров и характеристик наноструктур и нанобъектов, анализ полученных результатов.

#### 3.1.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

**Планируемые результаты освоения программы:**

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенций:

ПК-1 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов

ЦК-2 Способен выполнять компьютерное моделирование процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом

**В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:**

**Знания:**

- возможностей и областей использования ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур;
- основных понятий компьютерного моделирования, процессов взаимодействия ионов и электронов с конденсированными средами.

**Умения:**

- применения ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретных задач;
- применения методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении конкретных задач.

**Опыт деятельности:**

- по использованию ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур при решении практических задач;
- по использованию методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении практических задач.

**3.1.3. Учебно-тематический план дисциплины (модуля)**

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	<b>Основы метода фокусированного ионного пучка</b>	16	-	4	-	-	-	4	8
1.1	Устройство и режимы работы системы с фокусированным ионным пучком электронно-ионного микроскопа	12	-	4	-	-	-	2	6
1.2.	Взаимодействие ионного пучка с конденсированными средами	4	-	-	-	-	-	2	2
2.	<b>Анализ, модификация и формирование наноструктур методом фокусированного ионного пучка</b>	40	-	8	-	-	-	10	22
2.1.	Применение метода фокусированного ионного пучка для анализа материалов, наноструктур и нанообъектов	10	-	2	-	-	-	2	6
2.2.	Прецизионная модификация и	10	-	2	-	-	-	2	6



№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная
	препарирование полупроводниковых структур и нанообъектов применением фокусированного ионного пучка								
2.3.	Формирование наноразмерных структур с применением фокусированного ионного пучка	4	-	-	-	-	-	2	2
2.4.	Использование систем локальной подачи газов для локального осаждения материалов под действием фокусированного ионного пучка	12	-	4	-	-	-	2	6
2.5.	Нанотомография и приготовление образцов для просвечивающей микроскопии методом фокусированного ионного пучка	4	-	-	-	-	-	2	2
3.	<b>Моделирование взаимодействия ионных пучков с конденсированными средами</b>	<b>8</b>	-	-	-	-	-	<b>4</b>	<b>4</b>
3.1.	Принципы моделирования взаимодействия ионных пучков с конденсированными средами	4	-	-	-	-	-	2	2
3.2.	Применение программных пакетов SRIM и TRIDYN для моделирования взаимодействия ионных пучков	4	-	-	-	-	-	2	2

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная
	конденсированными средами								
4.	<b>Промежуточная аттестация:</b> комплексное задание	4	-	-	-	-	-	2	2
5.	<b>Консультации</b>	4	-	-	-	-	-	-	-
	Всего	72	-	12				20	36
<b>Промежуточная аттестация: комплексное задание</b>									

### 3.1.4. Содержание дисциплины

#### Перечень лекций

Не планируется

#### Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1	Устройство и режимы работы системы с фокусированным ионным пучком электронно-ионного микроскопа	4
2.1, 2.2.	Анализ и препарирование наноразмерных структур и нанобъектов с применением фокусированного ионного пучка	4
2.3.	Формирование микро- и наноструктур с применением метода фокусированного ионного пучка	4

#### Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1.	Устройство и принцип работы системы с фокусированным ионным пучком электронно-ионного микроскопа	2
1.2.	Взаимодействие ионного пучка с образцом	2
2.1.	Применение метода фокусированного ионного пучка для анализа материалов, наноструктур и нанобъектов	2
2.2.	Прецизионная модификация и препарирование полупроводниковых структур и нанобъектов с применением фокусированного ионного пучка	2
2.3.	Формирование наноразмерных структур с применением	2

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
	фокусированного ионного пучка Контрольная работа	
2.4.	Использование систем локальной подачи газов для локального осаждения материалов под действием фокусированного ионного пучка	2
2.5.	Нанотомография и приготовление образцов для просвечивающей микроскопии методом фокусированного ионного пучка	2
3.1.	Принципы моделирования взаимодействия ионных пучков с конденсированными средами	2
3.2.	Применение программных пакетов SRIM и TRIDYN для моделирования взаимодействия ионных пучков с конденсированными средами	2

#### Самостоятельная работа обучающихся

Номер раздела	Вид СРС	Количество часов
1.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями	4
	Подготовка к лабораторному занятию 1: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы	4
2.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями	10
	Подготовка к лабораторным занятиям 2 и 3: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы	10
	Подготовка к контрольной работе.	2
3.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями,	2
	Выполнение индивидуального задания по моделированию в программных пакетах SRIM и TRIDYN	2
4.	Подготовка к промежуточной аттестации	2

### 3.1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru>) включает пособия для подготовки и выполнения лабораторных работ, учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и промежуточной аттестации.

#### Литература

Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 607 с. — ISBN 978-5-00101-478-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 21.12.2020)

#### Нормативная литература

Эгертон Р.Ф. Физические принципы электронной микроскопии [Текст] : 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: 17.06.2015)

### 3.1.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория ЦКП «Диагностика и модификация микроструктур и нанообъектов» Ауд. 7109	Лабораторные работы	Программно-аппаратный комплекс для лаборатории анализа СБИС: растровый электронный микроскоп с вольфрамовым катодом Система модификации и диагностики сфокусированным ионным и электронным пучком HeliosNanoLab Специализированное программное обеспечение, управляющее работой оборудования и входящее в комплект его поставки
Помещения для проведения практических занятий и самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением	Операционная система Windows от 7 версии; Пакет программ Microsoft Office; Браузер: Firefox или Internet Explorer или GoogleCrome. Acrobat reader DC

	доступа в ОРИОКС	Проигрыватель Windows Media Программные пакеты SRIM и TRIDYN
--	---------------------	---

### 3.1.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения лабораторных работ и контрольной работы в тестовой форме в программной среде MOODLE с использованием пятибалльной системы оценок. Обучающийся допускается к промежуточной аттестации по дисциплине при условии выполнения лабораторных работ и контрольной работы на положительную (три и выше) оценку.

Промежуточная аттестация проводится в форме выполнения комплексного задания, включающего:

- 1. Тестовые задания** для проверки знаний: в задание входят 3 тестовых вопросов, отвечая на которые необходимо выбрать и обосновать правильный вариант ответа.

*Пример типового тестового вопроса:*

1. При исследовании в оптическом микроскопе темнопольное изображение формируется:			
1. Прямым светом, проходящим через объектив.			
2. Косым светом, проходящим через объектив.			
3. Прямым светом, не проходящим через объектив.			
4. Косым светом, не проходящим через объектив.			
A. 1	B. 2	C. 3	D. 4

*Условия начисления баллов:*

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное тестовое задание с ответом на тестовый вопрос, соответствующим правильному ответу	Соответствие представленного ответа правильному ответу	Представлен правильный ответ на тестовый вопрос	0,5
		Не представлен правильный ответ на тестовый вопрос	0
	Обоснованность ответа на тестовый вопрос	Приведены полные рассуждения для обоснования правильного ответа на тестовый вопрос	1,5

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
		Рассуждения для обоснования правильного ответа на тестовый вопрос не являются полными	0,5
		Правильный ответ на тестовый вопрос не обоснован	0
<b>Максимальный суммарный балл по показателю:</b>			<b>6 (2 балла за каждый из 3 тестовых вопросов)</b>

**2. Расчетные упражнения** для проверки умений, выполняемых с использованием программной среды MOODLE. В задание входят 2 расчетных упражнения, отвечая на которые необходимо выбрать и обосновать правильный вариант ответа.

*Пример типового расчетного задания:* Рассчитайте предельное разрешение микроскопа при наблюдении в красных лучах ( $\lambda = 650$  нм) через объектив с апертурой 0,5.

*Условия начисления баллов:*

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное типовое расчетное упражнение	Обоснованность применения соотношений, используемых при анализе строения и	Представлены формулы, необходимые для выполнения вычислений при анализе строения и состава материалов и наноструктур	1

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
	состава материалов и наноструктур,	Формулы, выражающие необходимые для выполнения вычислений при анализе строения и состава материалов и наноструктур, не представлены	0
	корректность математических вычислений	Математические вычисления выполнены правильно	1
		Математические вычисления содержат ошибки или не выполнены	0
<b>Максимальный суммарный балл по показателю:</b>			<b>4</b> (2 балла за каждое из 2 упражнений)

**3. Практико-ориентированное задание** для проверки приобретенного опыта деятельности.

*Пример типового задания:* Опишите способы измерения толщины и определения состава слоев интегральной микросхемы с использованием современных методов электронно-микроскопической диагностики?

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное практико-ориентированное задание	Обоснованность применения экспериментальных методов анализа строения и состава материалов и наноструктур	Приведены аргументированные рассуждения, обосновывающие применение методов анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретной задачи, подробно описана процедура их реализации и корректно представлены ожидаемые результаты	5
		Рассуждения, обосновывающие применение методов анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретной задачи, описание процедуры их реализации и представление ожидаемых результатов являются неполными или содержат неточности	4
		Продемонстрированы навыки применения методов анализа строения и состава материалов и наноструктур, схематично описана процедура их реализации и ожидаемые результаты	3
		Навыки применения методов анализа строения и состава материалов и наноструктур при решении конкретной задачи не продемонстрированы	0



Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
<b>Максимальный балл по показателю:</b>			<b>5</b>

Максимальный балл за промежуточную аттестацию составляет 20 баллов, в том числе за:

- тестовые вопросы – 6 баллов;
- расчетные упражнения – 4 баллов;
- практико-ориентированное задание – 10 баллов, поскольку баллы по критерию умножаются на 2.

После проведения промежуточной аттестации по дисциплине выставляется «Зачет», если, суммарный балл равен 10 и более баллам.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

### **3.2. Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Диагностика микро- и наноструктур методами растровой электронной микроскопии»**

#### **3.2.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

Целью дисциплины является обучение методам исследования и диагностики микро- и наноструктур, нанообъектов с применением растровой электронной микроскопии.

#### **3.2.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)**

##### **Планируемые результаты освоения программы:**

Дисциплина участвует в формировании компетенций:

ПК-2 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур методами растровой электронной микроскопии

ЦК-2 Способен выполнять компьютерное моделирование процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом

**В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:**

##### **Знания:**

- возможностей и областей использования методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур;
- основных понятий компьютерного моделирования, процессов взаимодействия ионов и электронов с конденсированными средами.

##### **Умения:**

- применения методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретных задач;
- применения методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении конкретных задач.

**Опыт деятельности:**

- по использованию методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении практических задач;
- по использованию методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении практических задач.

**3.2.3. Учебно-тематический план дисциплины (модуля)**

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	<b>Основы растровой электронной микроскопии</b>	<b>32</b>	-	8	-	-	-	8	16
1.1.	Введение в растровую электронную микроскопию, взаимодействие электронного пучка с атомами образца	4	-	-	-	-	-	2	2
1.2.	Устройство и принцип работы растрового электронного микроскопа	12	-	4	-	-	-	2	6
1.3.	Формирование изображений в растровом электронном микроскопе, типы контраста на электронно-микроскопических изображениях	4	-	-	-	-	-	2	2
1.4.	Подготовка образцов и методы исследования материалов, наноструктур и нанообъектов	12	-	4	-	-	-	2	6
2.	<b>Методы рентгеновского микроанализа</b>	<b>20</b>		4	-	-	-	6	10

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная
2.1.	Принципы рентгеноспектральных измерений с дисперсией по длинам волн и энергии, устройство детекторов характеристического рентгеновского излучения	4	-	-	-	-	-	2	2
2.2.	Качественный рентгеновский микроанализ материалов и его артефакты	4	-		-	-	-	2	2
2.3.	Количественный рентгеновский микроанализ материалов и получение двумерных карт распределения элементов	12	-	4	-	-	-	2	6
3.	<b>Моделирование взаимодействия электронов с конденсированными средами</b>	<b>12</b>	-	-	-	-	-	<b>4</b>	<b>8</b>
3.1.	Принципы моделирования взаимодействия электронов с конденсированными средами методом Монте-Карло	6	-	-	-	-	-	2	4
3.2.	Применение программного пакета Casino для моделирования взаимодействия электронов с конденсированными средами	6	-	-	-	-	-	2	4
4.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>4</b>						<b>2</b>	<b>2</b>
5.	<b>Консультации</b>	<b>4</b>	-	-	-	-	-	-	-
	Всего	72		12				24	36
Промежуточная аттестация: комплексное задание									

### 3.2.4. Содержание дисциплины

#### Перечень лекций

Не планируется

#### Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2.	Устройство и режимы работы растрового электронного микроскопа	4
1.4.	Исследование и диагностика наноразмерных структур и нанобъектов методами растровой электронной микроскопии	4
2.3.	Количественный рентгеновский микроанализ	4

#### Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1.	Введение в растровую электронную микроскопию, взаимодействие электронного пучка с атомами образца	2
1.2.	Устройство и принцип работы растрового электронного микроскопа	2
1.3.	Формирование изображений в растровом электронном микроскопе, типы контраста на электронно-микроскопических изображениях	2
1.4.	Подготовка образцов и методы исследования материалов, наноструктур и нанобъектов	2
2.1.	Принципы рентгеноспектральных измерений с дисперсией по длинам волн и энергии, устройство детекторов характеристического рентгеновского излучения	2
2.2.	Качественный рентгеновский микроанализ материалов и его артефакты	2
2.3.	Количественный рентгеновский микроанализ материалов и получение двумерных карт распределения элементов	2
3.1.	Принципы моделирования взаимодействия электронов с конденсированными средами методом Монте-Карло	2
3.2.	Применение программного пакета Casino для моделирования взаимодействия электронов с конденсированными средами	2

### Самостоятельная работа обучающихся

Номер раздела	Вид СРС	Количество часов
1.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями	8
	Подготовка к лабораторному занятию 1 и 2: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы	8
2.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями	6
	Подготовка к лабораторным занятиям 3: изучение теоретического материала и схемы эксперимента, подготовка конспекта лабораторной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы	4
3.	Работа с учебной литературой: материалами семинарских занятий, учебниками и учебными пособиями,	4
	Выполнение индивидуального задания по моделированию в программных пакетах SRIM иTRIDYN	4
4.	Подготовка к промежуточной аттестации	2

#### 3.2.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru>) включает пособия для подготовки и выполнения лабораторных работ, учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и промежуточной аттестации.

#### Литература

- 1 Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 607 с. — ISBN 978-5-00101-478-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 21.12.2020)

#### Нормативная литература

- 1 Эгертон Р.Ф. Физические принципы электронной микроскопии [Текст] : 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: 17.06.2015)

### 3.2.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория ЦКП «Диагностика и модификация микроструктур и нанообъектов» Ауд. 7109	Лабораторные работы	Программно-аппаратный комплекс для лаборатории анализа СБИС: растровый электронный микроскоп с вольфрамовым излучателем Система модификации и диагностики сфокусированным ионным и электронным пучком HeliosNanoLab Специализированное программное обеспечения, управляющее работой оборудования и входящее в комплект его поставки
Помещения для проведения практических занятий и самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Операционная система Windows от 7 версии; Пакетпрограмм Microsoft Office; Браузер: Firefox или Internet Explorer или GoogleCrome. Acrobat reader DC Проигрыватель Windows Media Программный пакет Casino

### 3.2.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения лабораторных работ и контрольных работ в тестовой форме в программной среде MOODLE с использованием пятибалльной системе оценок. Обучающийся допускается к промежуточной аттестации по дисциплине при условии выполнения лабораторных работ и контрольных работ на положительную (три и выше) оценку.

Промежуточная аттестация проводится в форме выполнения комплексного задания, включающего:

- 1. Тестовые задания** для проверки знаний: в задание входят 3 тестовых вопросов, отвечая на которые необходимо выбрать и обосновать правильный вариант ответа.

*Пример типового тестового вопроса:*

<p>1. Для проведения электронно-микроскопических исследований монокристаллический образец должен быть прозрачным для электронов и, следовательно, требуется его утонение. В каком случае для утонения образца целесообразно применение системы с фокусированным ионным пучком:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для исследования в планарной проекции относительно больших участков образца с размерами в нескольких десятках мкм;</li> <li>2. Для относительно быстрого приготовления поперечного сечения образца с размерами в единицы мкм;</li> <li>3. Для приготовления поперечного разреза в заданном участке образца.</li> </ol>			
А. 1,2 и 3	В. 2 и 3	С. 1 и 2	D. 1 и 3

*Условия начисления баллов:*

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное тестовое задание с ответом на тестовый вопрос, соответствующим правильному ответу	Соответствие представленного ответа правильному ответу	Представлен правильный ответ на тестовый вопрос	0,5
		Не представлен правильный ответ на тестовый вопрос	0
	Обоснованность ответа на тестовый вопрос	Приведены полные рассуждения для обоснования правильного ответа на тестовый вопрос	1,5
		Рассуждения для обоснования правильного ответа на тестовый вопрос не являются полными	0,5
		Правильный ответ на тестовый вопрос не обоснован	0
<b>Максимальный суммарный балл по показателю:</b>			<b>6 (2 балла за каждый из 3 тестовых вопросов)</b>

2. **Расчетные упражнения** для проверки умений, выполняемых с использованием программной среды MOODLE. В задание входят 2 расчетных упражнения, отвечая на которые необходимо выбрать и обосновать правильный вариант ответа.

**Пример типового расчетного задания:** Для экспонирования электронами резиста ПММА требуется доза  $250 \text{ мкКл/см}^2$ . Какое время необходимо экспонировать шаблон размером  $10 \times 10 \text{ мкм}^2$  пучком с током 100 пА для достижения такой дозы?

**Условия начисления баллов:**

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное типовое расчетное упражнение	Обоснованность применения соотношений, используемых в методах растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка,	Представлены формулы, необходимые для выполнения вычислений при использовании методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка,	1
		Формулы, необходимые для выполнения вычислений при использовании методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка не представлены	0
	корректность математических вычислений	Математические вычисления выполнены правильно	1
		Математические вычисления содержат ошибки или не выполнены	0
<b>Максимальный суммарный балл по показателю:</b>			<b>4 (2 балла за каждое)</b>



Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
			из 2 (упражнений)

**3. Практико-ориентированное задание** для проверки приобретенного опыта деятельности.

*Пример типового задания:* Опишите, каким образом осуществляется трехмерная томография твердотельных объектов электронно-микроскопическими и ионно-лучевым методами.

*Условия начисления баллов:*

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное практико-ориентированное задание	Обоснованность применения экспериментальных методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка для диагностики материалов и наноструктур	Приведены аргументированные рассуждения, обосновывающие применение методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретной задачи, подробно описана процедура их реализации и корректно представлены ожидаемые результаты	5
		Рассуждения, обосновывающие применение методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного	4

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
		пучка для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретной задачи, описание процедуры их реализации и представление ожидаемых результатов являются неполными или содержат неточности	
		Продемонстрированы навыки применения методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка для диагностики материалов и наноструктур, схематично описана процедура их реализации и ожидаемые результаты	3
		Навыки применения методов растровой электронной микроскопии и фокусированного ионного пучка для диагностики материалов и наноструктур при решении конкретной задачи не продемонстрированы	0
<b>Максимальный балл по показателю:</b>			<b>5</b>

Максимальный балл за промежуточную аттестацию составляет 20 баллов, в том числе за:

- тестовые вопросы – 6 баллов;
- расчетные упражнения – 4 баллов;

- практико-ориентированное задание – 10 баллов, поскольку баллы по критерию умножаются на 2.

После проведения промежуточной аттестации по дисциплине выставляется «Зачет», если суммарный балл равен 10 и более баллам.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

### **3.3. Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Основные методы цифровой обработки изображений растровой электронной микроскопии»**

#### **3.3.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

Целью модуля является изучение математических основ и вычислительных инструментов методов цифровой обработки электронно-микроскопических изображений и освоение программных средств для ее выполнения.

#### **3.3.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)**

##### **Планируемые результаты освоения программы:**

Дисциплина (модуль) формирует компетенцию:

ЦК-1 Способен выполнять анализ и цифровую обработку электронно-микроскопических изображений

ЦК-2 Способен выполнять компьютерное моделирование процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом

##### **В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:**

**Знания:** основных понятий и методов обработки, анализа и фильтрации изображений, базовых понятий компьютерного моделирования, языка программной среды МАТЛАБ;

**Умения:** применения математических методов обработки и анализа изображений, полученных при помощи современных электронных микроскопов, для решения задач теоретического и прикладного характера;

**Опыт деятельности:** по применению методов цифровой обработки и анализа изображений в профессиональных задачах.

### 3.3.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	<b>Математические методы обработки изображения</b>	6	-	-	2	4
1.1.	Матрица цифрового изображения пространственные и частотные методы обработки	6	-	-	2	4
2.	<b>Пространственные методы улучшения изображений</b>	28	-	-	8	20
2.1.	Гистограммные методы обработки цифрового изображения, метод гистограммной эквализации	8	-	-	2	6
2.2.	Дифференцирующие фильтры, лапласианная фильтрация, визуализация контуров с применением градиентной фильтрации изображений и их кросс-корреляции	8	-	-	2	6
2.3.	Морфологический анализ электронно-микроскопических изображений, структурообразующие элементы, работа с контурами изображений на основе базовых логических операций	6	-	-	2	4
2.4.	Сегментации микроэлектронных изображений, пороговое преобразование, сегментация преобразованием по морфологическим водоразделам, преобразование расстояния	6	-	-	2	4
3.	<b>Частотные методы улучшения изображений</b>	26	-	-	8	18
3.1.	Спектральный анализ, низкочастотная фильтрация	6	-	-	2	4
3.2.	Высокочастотная фильтрация, подавление периодических шумов с помощью частотной фильтрации	8	-	-	2	6

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самос тоятел ьная
3.3.	Гомоморфная фильтрация, фильтрация в частотной области с использованием оператора Собеля	6	-	-	2	4
3.4.	Квантовая обработка изображений	6	-	-	2	4
4.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>8</b>	-	-	<b>2</b>	<b>6</b>
5.	<b>Консультации</b>	4	-	-	-	-
	Всего	72	-	-	20	48
	Промежуточная аттестация: комплексное задание					

### 3.3.4. Содержание дисциплины

#### Перечень лекций

Не планируется

#### Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1.	Матрица цифрового изображения пространственные и частотные методы обработки, пакет IPT (ImageProcessingToolbox) вычислительной среды МАТЛАБ	2
2.1.	Гистограммные методы обработки цифрового изображения, метод гистограммной эквализации	2
2.2.	Дифференцирующие фильтры, лапласианная фильтрация, визуализация контуров с применением градиентной фильтрации изображений и их кросс-корреляции	2
2.3.	Морфологический анализ электронно-микроскопических изображений, структурообразующие элементы, работа с контурами изображений на основе базовых логических операций	2
2.4.	Сегментации микроскопических изображений, пороговое преобразование, сегментация преобразованием по морфологическим водоразделам, преобразование расстояния Контрольная работа	2
3.1	Спектральный анализ, низкочастотная фильтрация	2
3.2.	Высокочастотная фильтрация, подавление периодических шумов с помощью частотной фильтрации	2

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
3.3.	Гомоморфная фильтрация, фильтрация в частотной области с использованием оператора Собеля	2
3.4.	Квантовая обработка изображений	2

#### Самостоятельная работа обучающихся

Номер раздела	Вид СРС	Количество часов
1.	Работа с учебной литературой, конспектами лекций, материалами ЭМИРС/ОРИОКС и ресурсами Интернет по освоению содержания дисциплины, с пакетом IPT (ImageProcessingToolbox) вычислительной среды МАТЛАБ	4
2.	Работа с учебной литературой, конспектами лекций, материалами ЭМИРС/ОРИОКС и ресурсами Интернет по освоению содержания дисциплины.	6
	Работа с пакетом IPT вычислительной среды МАТЛАБ	10
	Выполнение заданий раздела 2, подготовка к контрольным мероприятиям: контрольная работа на занятии 5	4
3.	Работа с учебной литературой, конспектами лекций, материалами ЭМИРС/ОРИОКС и ресурсами Интернет по освоению содержания дисциплины	6
	Работа с пакетом IPT вычислительной среды МАТЛАБ	6
	Выполнение заданий раздела 3.	6
4.	Подготовка к промежуточной аттестации: создание презентации с результатами обработки электронно-микроскопических изображений	6

#### 3.3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru>), включающее учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и промежуточной аттестации.

#### Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Изд.3-е— М.: Техносфера, 2012.-1073с.
2. Оппенгейм Ф.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2012.-1048с
3. Умняшкин С. В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов: Учебное пособие. — М.: Техносфера, 2012.-368 с.

### Нормативная литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: Техносфера, 2006.-616с.
2. Квантовое изображение. Сборник статей под ред. Колобова М.И. — М.: Физматлит, 2009.-328с.
3. Богданова Н.А. Лекции, теоретический и компьютерный практикум по цифровой обработке сигналов. Электронная версия. – 2016 г. ОРОКС – <http://orioks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml>
4. Основы цифровой обработки сигналов: Учеб. пособие / А.И. Солонина [и др.]. - 2-е изд., испр. и перераб. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 754 с.

### Видео-контенты МИЭТ

1. Математическая обработка микро-электронных изображений с использованием вычислительной среды MATLAB.  
<https://disk.yandex.ru/i/67o7taBlEmWiVg>
2. Растровая электронная микроскопия.  
<https://cloud.mail.ru/stock/go3K91xGDqfox7GH59aDDQsg>
3. Преобразование Фурье. От классического к квантовому.  
<https://miet.study/w/eeFqanseG1WmzCFrkZqxL8V>

### 3.3.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Помещения проведения практических занятий и самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Операционная система Windows от 7 версии; Пакет программ Microsoft Office; MATLAB 2014 Браузер: Firefox или Internet Explorer или GoogleCrome; Acrobat reader DC; Проигрыватель Windows Media Программный пакет МАТЛАБ

### 3.3.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения обязательных заданий и контрольных работ в тестовой форме с использованием пятибалльной системе оценок. Обучающийся допускается к промежуточной аттестации по

дисциплине при условии выполнения обязательных заданий и контрольной работы на положительную (три и выше) оценку.

Промежуточная аттестация проводится в форме представления презентации с результатами выполнения итогового задания по цифровой обработке и анализу изображения наноструктуры и нанообъектов, полученного методом растровой электронной микроскопии.

Презентация должна удовлетворять следующим правилам:

1. Текст должен быть проверен на содержание орфографических, пунктуационных, грамматических ошибок.
2. Информация должна быть хорошо читаема с экрана.
3. Текстовый материал сокращен до формата тезисов.
4. Цветовое оформление слайдов должно способствовать восприятию информации.
5. Количество слайдов - в пределах 5-7.
6. Первый слайд должен содержать название задания, ФИО исполнителя, ФИО преподавателя, осуществляющего руководство выполнением работы.

**Условия начисления баллов:**

<b>Показатель оценки</b>	<b>Критерий оценивания достижения показателя</b>	<b>Условия начисления баллов по критерию</b>	<b>Количество баллов</b>
Представленная презентация	Соответствие требованиям, предъявляемым к оформлению презентации	Презентация удовлетворяет требованиям	1
		Презентация не удовлетворяет требованиям	0



Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное итоговое задание	Обоснованность применения методов цифровой обработки и анализу изображения наноструктуры и нанообъектов, полученного методом растровой электронной микроскопии.	Приведены аргументированные рассуждения, обосновывающие применение методов цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры, подробно описана процедура их реализации и корректно представлены ожидаемые результаты	4
		Рассуждения, обосновывающие применение выбранных методов цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры при решении конкретной задачи, описание процедуры их реализации и представление ожидаемых результатов являются неполными или содержат неточности	3
		Продемонстрированы навыки применения методов цифровой обработки и анализа изображения	2

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
		наноструктуры, схематично описана процедура их реализации и ожидаемые результаты	
		Навыки применения методов цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры при решении конкретной задачи не продемонстрированы	0
<b>Максимальный балл:</b>			<b>5</b>

По дисциплине выставляется «Зачет», если в результате промежуточной обучающийся получил 3 и более баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

### 3.4. Рабочая программа практики

#### 3.4.1. Цели и задачи практики

*Целью* является формирование всех компетенций, указанных в п. 1.3, на основе применения знаний, умений и опыта деятельности, приобретенных во время изучения дисциплин, для решения практико-ориентированных задач.

В начале практики перед обучающимся ставится *задача* исследования и диагностики полупроводниковых материалов и наноструктур ионно- и электронно- лучевыми методами, а также цифровая обработка полученных изображений.

Для освоения алгоритмов решения задач и приобретения опыта деятельности по цифровой обработке изображений будут использованы реальные электронно-микроскопические изображения, полученные методами растровой электронной микроскопии при различных условиях формирования контраста.

### 3.4.2. Требования к результатам освоения практики.

#### Планируемые результаты освоения программы:

Практика участвует в формировании всех компетенций:

- ПК-1 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур с применением ионно-лучевых методов;
- ПК-2 Способен осуществлять диагностику микро- и наноструктур методами растровой электронной микроскопии;
- ЦК-1 Способен выполнять анализ и цифровую обработку электронно-микроскопических изображений;
- ЦК-2 Способен выполнять компьютерное моделирование процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом.

**В результате прохождения практики обучающийся должен иметь:**

#### Опыт деятельности:

- по использованию ионно-лучевых методов для диагностики материалов и наноструктур - при решении практических задач;
- по использованию методов растровой электронной микроскопии для диагностики материалов и наноструктур при решении практических задач;
- по применению методов цифровой обработки и анализа изображений в профессиональных задачах;
- по использованию методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия ионов и электронов с веществом при решении практических задач.

### 3.4.3. Учебно-тематический план практики.

Объём практики – 34 академических часа, выделяемых на подготовку итоговой аттестационной работы.

### 3.4.4. Содержание практики

Во время практики обучающиеся занимаются решением поставленной задачи, связанной с практической деятельностью в области исследования и диагностики полупроводниковых материалов и наноструктур ионно- и электронно- лучевыми методами, а также цифровой обработки полученных изображений и осуществляют подготовку итоговой аттестационной работы

Этапы	Всего часов	Содержание практики
	2	Консультация с руководителем по поводу практики. Обсуждение организационных вопросов и постановка задачи для работы по практике.
1	6	Подготовка образцов для исследований материалов, наноструктур и нанообъектов

Этапы	Всего часов	Содержание практики
2	8	Работа на растровом электронно-ионном микроскопе Helios NanoLab 650 по диагностике наноразмерных структур, получение изображений исследуемого образца в ходе электронно-микроскопических исследований.
3	8	Компьютерное моделирование и обработка экспериментальных данных, полученных в ходе электронно-микроскопических исследований
4	10	Подготовка итоговой аттестационной работы.

### 3.4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся в составе УМК практики (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru>) включает пособия для подготовки и выполнения лабораторных работ, учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям, которые используются для подготовки итоговой аттестационной работы.

#### Литература

- 1 Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 607 с. — ISBN 978-5-00101-478-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 21.12.2020)
- 2 Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Изд.3-е— М.: Техносфера, 2012.-1073с.
- 3 Оппенгейм Ф.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2012.-1048с.

#### Нормативная литература

- 1 Эгертон Р.Ф. Физические принципы электронной микроскопии [Текст] : 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: 17.06.2015)
- 2 Гонсалес Р., Вудс Р. Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: Техносфера, 2006.-616с.

### 3.4.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лаборатория ЦКП «Диагностика и модификация микроструктур и нанобъектов» Ауд. 7109		Программно-аппаратный комплекс для лаборатории анализа СБИС: растровый электронный микроскоп с вольфрамовым излучателем Система модификации и диагностики сфокусированным ионным и электронным пучком HeliosNanoLab Специализированное программное обеспечения, управляющее работой оборудования и входящее в комплект его поставки
Помещения самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Операционная система Windows от 7 версии; Пакет программ Microsoft Office; MATLAB 2014 Браузер: Firefox или Internet Explorer или Google Chrome; Acrobat reader DC; Проигрыватель Windows Media Программные пакеты SRIM и TRIDYN Программный пакет Casino Программный пакет МАТЛАБ

### 3.4.7. Система контроля и оценивания

Оценивание прохождения практики включает текущий контроль и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем при проведении консультаций по практике на ее различных этапах. Промежуточная аттестация по практике проводится после завершения ее 3-го этапа на основе выполненного практико-ориентированного задания на практику.

#### *Условия начисления баллов:*

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Подготовленный образец для исследований ионно- и электронно-	Соответствие требованиям, предъявляемым к образцам,	Качество образца соответствует требованиям, предъявляемым к	1

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
лучевыми методами (этап 1)	используемых в исследованиях ионно- и электронно-лучевыми методами	образцам для исследований ионно- и электронно-лучевыми методами	
		Качество образца не соответствует требованиям, предъявляемым к образцам для исследований ионно- и электронно-лучевыми методами	0
Выполненное исследование ионно- и электронно-лучевыми методами (этап 2)	Самостоятельность проведения исследования ионно- и электронно-лучевыми методами	Исследования проведены полностью самостоятельно	3
		Работа выполнена самостоятельно, но с консультациями в ходе проведения исследований	2
		Работа выполнена с привлечением преподавателя	1
Проведенная математическая обработка электронно-микроскопического изображения (этап 3)	Правильность применения методов цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры и нанобъектов	Самостоятельно применены правильные методы цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры.	2
		Применены правильные методы цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры после консультаций с преподавателем	1
		Навыки применения	0

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
		методов цифровой обработки и анализа изображения наноструктуры при решении конкретной задачи не продемонстрированы	
	Корректность выполнения цифровой обработки изображения	Цифровая обработка изображения выполнена корректно	1
		Цифровая обработка изображения не выполнена	0
<b>Максимальный балл:</b>			<b>7</b>

За прохождение практики «Зачет» выставляется, если суммарный бал за выполненное задание в соответствии с представленными критериями составляет «4» и более баллов.

На основе полученных при прохождении практики результатов обучающимся готовится к представлению на защиту на защиту итоговая аттестационная работа (этап 4).

Текущий контроль подготовки итоговой аттестационной работы осуществляется во время консультации преподавателей. Конкретные формы и процедуры текущего контроля доводятся до сведения обучающихся в течение первой недели практики.

#### 4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных дисциплин (модулей).

## 5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы переподготовки включает текущую, промежуточную аттестацию в дисциплинах, практике и итоговую аттестацию обучающихся в виде представления и защиты итоговой аттестационной работы.

Итоговая аттестационная работа представляет собой выполненную обучающимся работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника программы к самостоятельной профессиональной деятельности в области ионно- и электронно-лучевых методов диагностики наноструктур и нанообъектов.

Объем итоговой аттестационной работы составляет от 25 до 30 листов. Структурными элементами работы являются: титульный лист, содержание, список сокращений, введение, главы основной части, заключение, список использованных источников, приложения. Во введении необходимо обосновать актуальность темы итоговой аттестационной работы, определить цель работы и привести задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели. В первой главе рекомендуется привести обзор литературных источников по научно-технической проблеме работы. Объем литературного обзора не должен составлять более 25% от общего объема итоговой аттестационной работы предоставляется в напечатанном и электронном виде. В напечатанном виде итоговой аттестационной работы представляется на бумаге формата А4 (книжная ориентация).

Структурные элементы работы печатаются прописными буквами.

Параметры страницы: левое поле – 3 см; верхнее, нижнее – 2 см; правое – 1 см.

Текст работы печатается шрифтом Times New Roman 13 кегль; интервал 1,5; выравнивание по ширине. Красная строка – 1,25 см.

Номер страницы проставляется в центре нижней части листа. Титульный лист включается в общую нумерацию отчета, но номер на нем не ставится.

Все иллюстрации в работе располагаются посередине страницы, непосредственно после текста, в котором они упоминаются. Иллюстрации нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией. Каждая иллюстрация или таблица должны иметь соответственно подпись или название. Ссылки в тексте на каждую иллюстрацию и таблицу обязательны. Подпись рисунка оформляется следующим образом:

Рисунок <№> – <Название рисунка>

Уравнения и формулы надо выделять в отдельную строку (посередине). Нумеровать формулы необходимо порядковой нумерацией в пределах отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Кегль формул должен соответствовать кеглю основного текста. Обязательно должны быть ссылки на формулы в тексте отчета.

Название таблиц размещается выше самой таблицы слева, без абзацного отступа (без красной строки):

Таблица <№> – <Название таблицы>

Основная часть отчета делится на разделы (главы), пункты, подпункты. Каждый раздел начинается с нового листа.



Защита проходит в форме устного доклада, раскрывающего суть, основные результаты и выводы итоговой аттестационной работы. Доклад сопровождается электронной презентацией или плакатами (или иным печатным графическим материалом) (далее - презентация). По окончании доклада обучающийся устно отвечает на устные вопросы (не менее трех) председателя и членов комиссии, других лиц, присутствующих на защите. Продолжительность защиты одного обучающегося (далее - продолжительность защиты) составляет не более 10 минут.

Презентация должна удовлетворять следующим правилам:

1. Текст должен быть проверен на содержание орфографических, пунктуационных, грамматических ошибок.
2. Информация должна быть хорошо читаема с экрана.
3. Текстовый материал сокращен до формата тезисов.
4. Цветовое оформление слайдов должно способствовать восприятию информации.
5. Количество слайдов - в пределах 5-7.
6. Первый слайд должен содержать название задания, ФИО исполнителя, ФИО преподавателя, осуществляющего руководство выполнением работы.

#### Критерии оценки качества выполнения и защиты итоговой аттестационной работы

Показатель оценивания на защите итоговой аттестационной работы	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Оценка
Наличие в итоговой аттестационной работе результатов экспериментальных исследований, полученных применением электронно-микроскопических методов.	Представлены результаты экспериментальных исследований, полученных применением электронно-микроскопических методов.	Полностью представлены	Отлично
		В основном представлены	Хорошо
		Частично представлены	Удовлетворительно
		Не представлены	Неудовлетворительно
Соответствие полученных в ходе выполнения итоговой аттестационной работы результатов экспериментальным требованиям;	Полученные в ходе выполнения итоговой аттестационной работы результаты соответствуют экспериментальным требованиям задания	Полностью соответствуют	Отлично
		В основном соответствуют	Хорошо
		Частично соответствуют	Удовлетворительно
		Не соответствуют	Неудовлетворительно
Наличие в итоговой аттестационной работе результатов,	В работе представлены результаты,	Полностью представлены	Отлично

полученных с использованием специализированного программно-математического обеспечения.	полученные с использованием специализированного программно-математического обеспечения.	В основном представлены	Хорошо
		Частично представлены	Удовлетворительно
		Не представлены	Неудовлетворительно
Представленная презентация	Соответствие требованиям, предъявляемым, к оформлению презентации	Полностью соответствуют	Отлично
		В основном соответствуют	Хорошо
		Частично соответствуют	Удовлетворительно
		Не соответствуют	Неудовлетворительно
Представленный отчёт	Соответствие требованиям, предъявляемым, к оформлению отчёта	Полностью соответствуют	Отлично
		В основном соответствуют	Хорошо
		Частично соответствуют	Удовлетворительно
		Не соответствуют	Неудовлетворительно

Оценивание итоговой аттестационной работы осуществляется каждым членом экзаменационной комиссии в соответствии с критериями определения итоговой оценки за работу.

***Критерии определения оценки за итоговую аттестационную работу***

Итоговая оценка	Критерии определения итоговой оценки защиты ВКР
Отлично	Среднеарифметическая оценка по всем критериям составляет 4,5 или выше; отсутствуют оценки неудовлетворительно
Хорошо	Среднеарифметическая оценка по всем критериям составляет менее 4,5; отсутствуют оценки неудовлетворительно
Удовлетворительно	Среднеарифметическая оценка по всем критериям составляет 3,0 или выше; имеются оценки неудовлетворительно
Неудовлетворительно	Среднеарифметическая оценка по всем критериям составляет менее 3,0

Оценка защиты итоговой аттестационной работы комиссией определяется открытым голосованием всех ее членов. Голосование проводится в конце каждого дня защит отдельно по каждой работе, представленной в этот день на защиту. При проведении голосования комиссии по оценке защиты итоговой аттестационной работы голос председателя комиссии является решающим. Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом и объявляется в день ее проведения.

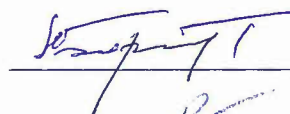
**Разработчики программы:**

Доцент Института ФПМ, к.ф.-м.н., доц.

  
\_\_\_\_\_

Н.А. Богданова

Директор Института ФПМ, д.ф.-м.н., проф.

  
\_\_\_\_\_

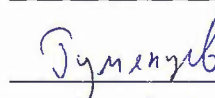
Н.И. Боргардт

Доцент Института ФПМ, к.ф.-м.н.

  
\_\_\_\_\_

Р.Л. Волков

Доцент Института ФПМ, к.ф.-м.н.

  
\_\_\_\_\_

А.В. Румянцев

Доцент Института ФПМ, к.ф.-м.н.

  
\_\_\_\_\_

А.С. Приходько

**Согласовано:**

Директор ДРОП

  
\_\_\_\_\_

Н.Ю. Соколова

Директор Института ФПМ

  
\_\_\_\_\_

Н.И. Боргардт