

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2025 16:07:19  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
И.Г. Игнатова  
« 2 » октября 2020 г.  
М.П.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Современные методы исследования материалов электронной техники»**

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Направленность (профиль) - «Материалы и технологии функциональной электроники»

2020 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-1** «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**Обобщенная трудовая функция D[7]** Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

**Трудовая функция D/01.7** Анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенция, формируемая в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенции
<b>ПК-1.СМИМЭТ</b> Способен обоснованно выбирать экспериментальные методы исследования материалов и структур, в том числе с учетом условий производства	– сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности	<b>Знание</b> основ электронной зондовой микроскопии; спектральных методов анализа; методов измерения геометрических параметров, основ международных стандартов оценки параметров материалов и структур. <b>Умение</b> выбрать наиболее подходящий метод исследования геометрических параметров и состава материалов и структур <b>Опыт</b> в решении практико-ориентированных задач по применению методов элементного анализа

**Компетенция ПК-4** «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

**40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**Обобщенная трудовая функция 40.058 D[7]** Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

**Трудовая функция D/03.7** Разработка и адаптация групповых технологических процессов производства изделий микроэлектроники

**40.006** «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

**Обобщенная трудовая функция А[7]** Обеспечение функционирования наноэлектронного производства в соответствии с технологической документацией. Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

**Трудовые функции А/04.7** Разработка предложений по модернизации технологического процесса

**А/05.7** Разработка рекомендаций по модернизации технологического оборудования и технологической оснастки на выпускаемую организацией продукцию

Подкомпетенция, формируемая в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенции
<p><b>ПК-4.СМИМЭТ</b> Способен готовить рецензию на научную публикацию</p>	<p>– - сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности</p>	<p>. <b>Знание</b> правил написания рецензии на научную публикацию или аннотации к научной статье <b>Умение</b> критически анализировать предоставленную информацию по тематике образовательной программы при рецензировании научной публикации; подготовить развернутую аннотацию к научной публикации. <b>Опыт</b> рецензирования предоставленной информации для научной публикации</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

### Входные требования к дисциплине

Изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Физика» (Механика. Термодинамика. Электричество и магнетизм. Оптика. Атомная физика) «Химия», «Кристаллография», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур», «Физика и химия полупроводников, «Методы исследования наноматериалов и структур».

Данный модуль связан с модулем «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники». Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в

дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	32	-	16	60	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1. Специфика исследования материалов электронной техники. Международные стандарты контроля параметров материалов электронной техники	10	2		10	Контроль самостоятельной работы
2. Спектральные методы анализа элементного состава материалов электронной техники	22	14		50	Контроль выполнения самостоятельной работы (ДЗ)
					Тестирование
					Контрольная работа

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Предмет, задачи, структура курса. Специфика исследования материалов электронной техники. Тенденции.
	2	2	Международные стандарты в области контроля кристаллографических параметров п.п. материалов и структур. Требования к современным методам исследования материалов ЭТ.
	3	2	Контроль геометрических параметров. Оптические методы.
	4	2	Профилометрия. Растровая микроскопия. Атомно-силовая микроскопия..
	5	2	Методы исследования морфологических дефектов и дефектов кристаллической решетки.
2	6	2	Обзор методов исследования химического состава материалов Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА). Детекторы с дисперсией по энергиям и длинам волн.
	7	2	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия.
	8	2	Методы электронной спектроскопии. Электронная спектроскопия для химического анализа
	9	2	Электронная Оже - спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
	10	2	Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия
	11	2	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов
	12	2	ИК—Фурье спектроскопия.
	13	2	Раман - спектроскопия
	14	2	Катодолюминесценция
	15	2	Методы ионной спектроскопии. Вторичная ионная масс – спектроскопия,
	16	2	Спектроскопия упруго рассеянных ионов Спектроскопия обратного резерфордовского рассеяния Спектроскопия резонансного резерфордовского рассеяния.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Морфологические дефекты и дефекты кристаллической решетки. Составление атласа дефектов.
2	2	2	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Расчет толщин экранов.
	3	2	Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА). Детекторы с дисперсией по энергиям и длинам волн.
	4	2	Практические задачи ЭОС
	5	2	Рецензирование научной публикации
	6	2	Решение комплексных задач по исследованию структуры и состава твердых тел
	7	2	ИК—Фурье спектроскопия.
	8	2	Анализ спектров и микрофотографий объектов для отработки способности делать научно-обоснованные выводы.

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Изучение теоретического материала по тематике лекций 1 – 5 модуля 1. Изучение международных стандартов SEMI и ASTM по контролируемым параметрам пластин и полуфабрикатов для изготовления п.п. приборов и методов контроля. Подготовка конспекта и классификации методов. Подготовка к практическому занятию № 1.
2	10	Изучение теоретического материала по тематике лекций 6-7 модуля 2 и рекомендованной литературе. Подготовка к практическому занятию № 2, 3 модуля 2
	10	Подготовка рецензии на научную публикацию (статью). Подготовка материалов к публичной защите рецензии (практическое занятие № 5 модуля 2).
	10	Подготовка к прохождению рубежного контроля.

10	Изучение теоретического материала по тематике лекций 8 – 11 модуля 2. Подготовка к практическим занятиям № 4, 6 модуля 2
10	Изучение теоретического материала по тематике лекций 12-16 модуля 2. Подготовка к практическим занятиям № 7,8 модуля 2. Сбор и проведение анализа периодических изданий и информационных ресурсов по предложенной тематике.

#### 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

**Тема «Характеристика исследуемых объектов и излучений; физические эффекты, лежащие в основе методов исследования структуры»**

По учебнику авторов Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники [Текст] : Учеб. пособие. Ч. 2 : Методы исследования структуры материалов электронной техники / Л. И. Матына [и др.]; Под ред. Ю.Н. Коркишко изучить материал на стр. 4-32

По книге: Д. Брандон, У.Каплан «Мир материалов и технологий». «Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля».М.:Техносфера, 2004 изучить (повторить) материал на стр.39 – 59; 78 -82.

#### Модуль 1

**Тема «Методы исследования морфологических дефектов и дефектов кристаллической решетки».**

- ресурсы Интернет:

<http://www.dslib.net/tverdoteln-elektronika/issledovanie-rostovyh-defektov-upakovki-monokristallicheskogo-kremnija.html>

- литература:

Вавилов В.С. Дефекты в кремнии и на его поверхности [Текст] / В. С. Вавилов, В. Ф. Киселев, Б. Н. Мукашев. - М. : Наука, 1990

#### Модуль 1

**Тема «Международные стандарты по методам исследования и контроля параметров материалов электронной техники»**

- ресурсы Интернет:

<http://www.alterenergy.info/ngos/637-semi>

[http://www.tech-e.ru/semi\\_26\\_08\\_2011.php](http://www.tech-e.ru/semi_26_08_2011.php)

<http://www.neolabllc.ru/catalog/standart/01.htm>.

#### Модуль 2

**Тема «Методы исследования структуры»**

- ресурсы Интернет:

[http://femto.com.ua/articles/part\\_2/4714.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/4714.html)

- литература

По учебнику Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля [Текст] : Учеб. пособие / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова, с доп. О.В. Егоровой. - М. : Техносфера, 2006. изучить материал на стр.123 – 138, стр.146 – 166; 171 – 174; 183-194.

## **Модуль 2**

**Тема «Методы элементного анализа»:**

- литература:

Пул Ч. Нанотехнологии [Текст] : Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009.

- Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля [Текст] : Учеб. пособие / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова, с доп. О.В. Егоровой. - М. : Техносфера, 2006 на стр. 253 - 269, 287 – 306.

## **Модуль 2.**

- Методические указания студентам для подготовки рецензии на научную статью (ОРИ-ОКС).

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Пул Ч. Нанотехнологии [Текст] : Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009. - 336 с.

2. Гаврилов С.А. Учебное пособие по дисциплине "Физика и химия поверхности" [Текст] / С. А. Гаврилов, Д. Г. Громов; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 104 с.

3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : В 2-х т. : [Учеб. пособие для вузов]. Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с.

4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : В 2-х т.: [Учеб. пособие для вузов]. Т. 2 : Технологические аспекты / М. В. Акуленок [и др.]; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 256 с.

5 Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля [Текст]: Учеб. пособие / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова, с доп. О.В. Егоровой. - М. : Техносфера, 2006. - 384 с.

6 Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники [Текст]: Учеб. пособие. Ч. 1 : Методы исследования состава материалов электронной техники / Ю. Н. Коркишко [и др.]; Под ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : МИЭТ, 1997. - 256 с.

7 Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники [Текст]: Учеб. пособие. Ч. 2 : Методы исследования структуры материалов электронной техники / Л. И. Матына [и др.]; Под ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : МИЭТ, 1997. - 120 с.

8 Матына Л.И. Основы световой, электронной и рентгеновской микроскопии [Текст]: Учеб. пособие по курсу "Методы исследования состава, структуры и электрофизических свойств материалов электронной техники" / Л. И. Матына. - М. : МИЭТ, 1998. - 104 с.

### Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники : научный журнал / ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС". - Москва : МИСиС, 1998 - . - URL: <http://met.misis.ru/jour> (дата обращения: 09.07.2020)- ISSN 1609-3577 (Print); 2413-6387 (Online).
2. Российские нанотехнологии / Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт". - Москва : ИКЦ Академкнига, 2006 - . - URL: <https://sciencejournals.ru/journal/nano/> (дата обращения: 24.06.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

### 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. База American Chemical Society (ACS) : сайт. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. IOP SCIENCE : [сайт] . – URL: <http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.09.2020).
3. Федеральный институт промышленной собственности : сайт. – URL: <https://new.fips.ru/about/> (дата обращения: 20.09.2020).
4. База данных авторских свидетельств СССР: сайт. – URL: <https://patents.su/> (дата обращения: 20.09.2020).
5. Европейский патентный офис: сайт. – URL: <http://worldwide.espacenet.com/> (дата обращения: 20.09.2020).
6. Ведомство патентов и торговых марок США: сайт. – URL: <http://www.uspto.gov/> (дата обращения: 20.09.2020).
7. База данных химического факультета МГУ «Термические константы веществ» : сайт. - URL: <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html/welcome.html> (дата обращения: 20.09.2020)
8. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - 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 и самостоятельной работы студентов формами и видами взаимодействия преподавателей и обучающихся в электронной образовательной среде.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: электронная почта, платформа ZOOM, а также иные виды информационно-коммуникативных технологий сети Интернет, обеспечивающие оперативный канал связи преподавателя со студентом.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в форме тестирования в ОРИОКС.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения семинаров и практических занятий - ЛП по материаловедению	- компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ, беспроводная клавиатура + мышь , проектор.	ОС Microsoft Windows 7 MS Office 2007/2010, Internet Explorer/Chrome
Помещение для 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; Браузер: Firefox или Internet Explorer или Google Chrome. Acrobat reader DC Проигрыватель Windows Media

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ПК-1.СМИМЭТ** «Способен обоснованно выбирать экспериментальные методы исследования материалов и структур, в том числе с учетом условий производства»

2. ФОС по подкомпетенции **ПК-4.СМИМЭТ** Способен готовить рецензию на научную публикацию

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Особенности организации процесса обучения

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- *лекции*, цель которых состоит в формировании знаний путем рассмотрения теоретических вопросов дисциплины

- *практические занятия*, цель проведения которых – формирование умений путем выполнения практико-ориентированных заданий;

- *внеаудиторная самостоятельная работа*, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации.

Для успешного усвоения нового материала необходимо просматривать ранее пройденный материал по соответствующим предметам и разделам.

Для подготовки к практическим занятиям в библиотеке МИЭТ имеются учебно-методические пособия. Полезно воспользоваться учебно-методическим обеспечением для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, URL: <http://orioks.miet.ru/>)

Для решения комплексной задачи и изучения материала модулей 4 и 5 потребуются работа с периодическими изданиями, такими, как журнал «Известия вузов. Материалы электронной техники», журнал «Российские нанотехнологии» и др.

Подготовкой портфолио необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устранившись от активного участия во всех видах занятий.

Студентам рекомендуется регулярно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

## 11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачет с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачета с оценкой по дисциплине разработаны ФОСы, включающие тестовые задания, контрольные задания и практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
71 – 85	4
86 – 100	5

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института ПМТ, к.т.н. , доцент  Матына Л.И.

Рабочая программа дисциплины «Современные методы исследования материалов электронной техники» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника» по программе «Материалы и технологии функциональной электроники» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании УС ИПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ \_\_\_\_\_



/Железнякова А.В./

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Программа согласована с Координационно-мониторинговым центром основных образовательных программ

Начальник КМЦ \_\_\_\_\_



/Никулина И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки \_\_\_\_\_



/Филиппова Т.П./