

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Основы технологии материалов электронной техники**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матасов А.В.
	Идентификатор	R05f8b92a-MatsovAV-37cb79f7

(подпись)

А.В. Матасов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С.  
Холодный

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З.  
Славинский

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

ИД-1 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

2. ПК-4 Способен участвовать в проектировании интегральных схем

ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-1. Рентгенофазовый анализ (Лабораторная работа)

2. КМ-2. Дериватографический анализ (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-5. Физико-химические основы технологии электротехнических материалов (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КМ-3. Основы технологии электротехнических материалов (Лабораторная работа)

2. КМ-4. Методы исследования наноструктур (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	6	9	12	14
1. Строение атомов и молекул. Введение в теорию симметрии.						
1.1. Строение атомов и молекул	+					
1.2. Понятие "кристалл". Элементы теории групп.	+					
2. Строение кристаллов.						
2.1. Кристаллы с периодической структурой			+			

2.2. Дефекты в кристаллах		+			
3. Основы технологии получения кристаллов, керамических материалов.					
3.1. Фазовые диаграммы			+		
3.2. Технологии роста кристаллов			+		
3.3. Керамическая технология			+		
4. Основы технологии получения композиционных материалов, пленок.					
4.1. Композиционные материалы				+	
4.2. Основные методы получения тонких пленок				+	
5. Исследование физико-химических свойств электротехнических материалов.					
5.1. Рентгенофазовый анализ					+
5.2. Дифрактографический анализ					+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### **БРС курсовой работы/проекта**

5 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	6	12	15
Подготовка технологической, модельной части проекта		+		
Подготовка части, связанной с применением технологии, модели к конкретным материалам			+	
Подготовка отчета, презентации, выступления по проекту				+
Вес КМ:		30	30	40

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	Знать: 1. Физико-химические основы получения электротехнических материалов Уметь: 1. Проводить дериватографический анализ	КМ-1. Рентгенофазовый анализ (Лабораторная работа) КМ-4. Методы исследования наноструктур (Лабораторная работа)
ПК-4	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	Знать: 2. Основы технологии получения кристаллов, керамических, композиционных материалов, пленок 3. Основы строения кристаллов, симметрии, элементы теории групп Уметь: 3. Проводить рентгеноспектральный анализ 2. Проводить рентгенофазовый анализ	КМ-2. Дериватографический анализ (Лабораторная работа) КМ-3. Основы технологии электротехнических материалов (Лабораторная работа) КМ-4. Методы исследования наноструктур (Лабораторная работа) КМ-5. Физико-химические основы технологии электротехнических материалов (Контрольная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. КМ-1. Рентгенофазовый анализ

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа по теме Рентгенофазовый анализ

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа по теме Рентгенофазовый анализ

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: 1. Физико-химические основы получения электротехнических материалов	1.КМ-1 знать 1. Объяснить механизм возникновения рентгеновских рефлексов. 2.КМ-1 знать 2. Формула Брэгга-Вульфа. Смысл входящих в нее понятий. 3.КМ-1 знать 3. Основные принципы и цели количественного и качественного РФА.
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. КМ-2. Дериватографический анализ

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа по теме Дериватографический анализ

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа по теме Дериватографический анализ

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: 2. Основы технологии получения кристаллов,	1. КМ-2 знать 1 Суть метода дифференциального термического анализа.
---	---

керамических, композиционных материалов, пленок	2. КМ-2 знать 2 Суть метода термогравиметрического анализа. 3. КМ-2 знать 3 Суть методы дериватографического анализа
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. КМ-3. Основы технологии электротехнических материалов**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа по теме Основы технологии электротехнических материалов

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа по теме Основы технологии электротехнических материалов

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: 3. Основы строения кристаллов, симметрии, элементы теории групп	1.КМ-3 знать 1 Зачем нужны монокристаллы? 2.КМ-3 знать 2 Чем определяется анизотропия свойств монокристалла? Что такое кристаллизация. 3.КМ-3 знать 3 Теоретическая и фактическая температуры кристаллизации.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

## КМ-4. КМ-4. Методы исследования наноструктур

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа по теме Методы исследования наноструктур

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа по теме Методы исследования наноструктур

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 1. Проводить дериватографический анализ	1.КМ-4. уметь 2 Физические процессы образования ожэ-электронов. 2.КМ-4. уметь 3. Методы исследования тонких пленок.
Уметь: 2. Проводить рентгенофазовый анализ	1.КМ-4. уметь 1. На какой характерной глубине образуются ожэ-электроны и с какой возможно их детектировать?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## КМ-5. КМ-5. Физико-химические основы технологии электротехнических материалов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа по теме Физико-химические основы технологии электротехнических материалов

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа по теме Физико-химические основы технологии электротехнических материалов

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 3. Проводить рентгеноспектральный анализ	1.КМ-5. уметь 1. Что понимается под спеканием керамики? Какова главная движущаяся сила процесса спекания?
---	---



	2.КМ-5. уметь 2. Какие основные принципы используются при выборе режима спекания керамики? 3.КМ-5. уметь 3. Какова главная движущая сила процесса спекания керамики?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Билет 1 пример

1. Квантово-механическое описание атомных систем, уравнение Шредингера. Атомные орбитали.
2. Классификация методов выращивания кристаллов. Метод зонной кристаллизации. Методы выращивания из растворов.
3. Суть дериватографического анализа. Определение характера химической реакции, расчет масс компонентов.

### Процедура проведения

ответы по билетам

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

### Вопросы, задания

1. Квантово-механическое описание атомных систем, уравнение Шредингера. Атомные орбитали.
2. Классификация композиционных материалов. Армирующие элементы.
3. Классификация композиционных материалов. Матричные материалы.
4. Атомные механизмы, возникающие при спекании.
5. Твердофазное спекание. Кинетика спекания.
6. Кристаллические и аморфные твердые тела. Спекание и рост зерна.
7. Зависимость скорости процесса кристаллизации и микроструктуры слитка от числа зародышей и их скорости роста.
8. Фазовые диаграммы. Двухкомпонентные системы.
9. Фазовые диаграммы. Однокомпонентные системы.
10. Условия изотермического равновесия. Правило фаз Гиббса.
11. Классификация дефектов в кристаллах. Дислокации. Фазовые границы.
12. Классификация дефектов в кристаллах. Точечные дефекты. Межзеренные границы
13. Изоструктурность, структурные типы. Классификация структурных типов.
14. Кристаллографические системы. Международные обозначения классов симметрии. Операции симметрии кристалла.
15. Определение группы, основные свойства групп.
16. Периодические и аperiodические кристаллы. Термины, используемые для описания реальных кристаллов или их идеализированных моделей.
17. Теория молекулярных орбиталей.
18. Теория валентной связи
19. Механизмы роста граней кристаллов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая информация может быть получена из термогравиметрического анализа?

Ответы:

Изменение массы образца при изменении его температуры

Разница температур исследуемого и эталонного образцов

Величина выделяемой или поглощаемой при фазовом превращении теплоты

Верный ответ: Изменение массы образца при изменении его температуры

2.Какая информация может быть получена из дифференциального термического анализа?

Ответы:

Изменение массы образца при изменении его температуры

Зависимость массы от времени

Величина выделяемой или поглощаемой при фазовом превращении теплоты

Верный ответ: Величина выделяемой или поглощаемой при фазовом превращении теплоты

3.Что такое корундовое число и для чего оно используется?

Ответы:

Отношения интенсивностей наиболее интенсивных линий вещества и корунда ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в смеси, содержащей по 50 вес.% компонентов. Используется для проведения количественного РФА.

Кристаллическая система. Для идентификации симметрии фазы.

Измеренная и рассчитанная плотность вещества. Для определения плотности.

Верный ответ: Отношения интенсивностей наиболее интенсивных линий вещества и корунда ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в смеси, содержащей по 50 вес.% компонентов. Используется для проведения количественного РФА.

4.Какая информация содержится в банке порошковых данных ICDD?

Ответы:

Химическую формулу, структурная формула, кристаллическая система,

пространственная группа, параметры элементарной ячейки кристаллической решетки

Число формульных единиц в элементарной ячейке, индексы Миллера hkl рефлексов,

рассчитанная и измеренная плотность вещества, корундовое число, параметр качества данных, сведения о некоторых физических свойствах фазы

Все выше перечисленное

Верный ответ: Все выше перечисленное

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-4 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

### Вопросы, задания

1.Определение структуры, параметров решетки, идентификация фаз с помощью рентгенофазового анализа.

2.Задачи рентгенографии. Получение и природа рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэгга.

3.Электрофизические свойства композиционных материалов.

4.Технологические методы получения композиционных материалов.

5.Виды, свойства и технологические методы получения армирующих компонентов.

6.Классификация методов выращивания кристаллов. Метод зонной кристаллизации. Методы выращивания из растворов.

7.Классификация методов выращивания кристаллов. Метод Бриджмена-Стокбаргера. Метод Вернейля.

8.Суть дериватографического анализа. Метод дифференциального термического анализа. Термогравиметрия.

9.Классификация методов выращивания кристаллов. Метод Киропулоса. Метод вытягивания Чохральского.

10. Суть дериватографического анализа. Определение характера химической реакции, расчет масс компонентов.
11. Методы, основанные на испарении мишени
12. Методы, основанные на распылении мишени
13. Осаждении из газообразных прекурсоров
14. Осаждение пленок из жидких растворов прекурсоров
15. Электрохимические методы осаждения пленок

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Зачем при РФА используется внутренний эталон?

Ответы:

Чтобы более точно измерить интенсивности рентгеновских пиков

Чтобы более точно измерить угол детектора или угол дифракции (угол между падающим и дифрагировавшим лучами) рентгеновских пиков

Чтобы более точно измерить плотность исследуемого образца

Верный ответ: Чтобы более точно измерить угол детектора или угол дифракции (угол между падающим и дифрагировавшим лучами) рентгеновских пиков

2. Температура конгруэнтного плавления - это

Ответы:

Температура, при которой твердое вещество превращается в жидкость одинакового с ним химического состава

Температура, при которой одна твердая фаза превращается в другую твердую фазу плюс жидкость, причем обе новые фазы имеют составы, отличающиеся от состава исходного вещества.

Температура, при которой твердое вещество превращается в твердое вещество другого с ним химического состава

Верный ответ: Температура, при которой твердое вещество превращается в жидкость одинакового с ним химического состава

3. Температура инконгруэнтного плавления - это

Ответы:

Температура, при которой твердое вещество превращается в жидкость одинакового с ним химического состава

Температура, при которой одна твердая фаза превращается в другую твердую фазу плюс жидкость, причем обе новые фазы имеют составы, отличающиеся от состава исходного вещества.

Температура, при которой твердое вещество превращается в твердое вещество другого с ним химического состава

Верный ответ: Температура, при которой одна твердая фаза превращается в другую твердую фазу плюс жидкость, причем обе новые фазы имеют составы, отличающиеся от состава исходного вещества.

4. Эвтектика - это

Ответы:

Нонвариантная точка, в которой жидкость находится в равновесии с двумя твердыми фазами А и В, при этом состав жидкости лежит между составами этих твердых фаз

Инвариантная точка, в которой жидкая фаза находится при данных давлении и температуре в инконгруэнтном равновесии с двумя твердыми фазами, при этом состав жидкой фазы лежит за пределами составов твердых фаз

Верный ответ: Нонвариантная точка, в которой жидкость находится в равновесии с двумя твердыми фазами А и В, при этом состав жидкости лежит между составами этих твердых фаз

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

**Для курсового проекта/работы:**

**5 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Выступление с презентацией курсовой работы.

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

стандартные