

**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  
Технология и физико-химические свойства наноматериалов**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Говоров В.А.
Идентификатор	R7859ba37-GovorovVA-8052162c	

В.А. Говоров

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Д.С.  
Холодный

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

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

А.З.  
Славинский

## 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 нанoeлектроники
  - ИД-1 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники
  - ИД-2 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники
2. ПК-4 Способен участвовать в проектировании интегральных схем
  - ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем
3. ПК-8 способен осуществлять организацию и проведение экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники
  - ИД-2 Инструктаж исполнителей экспериментальных работ в области производства изделий микроэлектроники
  - ИД-3 Формирование заявок на приобретение материалов и комплектующих для производства изделий микроэлектроники
  - ИД-4 Разработка рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических процессов производства изделий микроэлектроники
  - ИД-6 Анализ влияния параметров и режимов технологических операций производства изделий микроэлектроники на параметры качества опытных образцов изделий микроэлектроники
  - ИД-9 Контроль и проведение измерений выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе производства изделий микроэлектроники
  - ИД-10 Проведение контрольно-измерительных мероприятий и испытаний макетов и опытных образцов изделий микроэлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)
2. КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-5. Расчетное задание (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа)
2. КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)

**БРС дисциплины**

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	10	14	16
Способы изготовления субмикросталлических и нанопорошков						
Основы термодинамики сплошных сред.	+	+	+	+	+	+
Методы изготовления порошков помолом.				+	+	
Основы коллоидной химии	+		+	+		
Реология дисперсных систем.		+	+	+	+	
Получение наночастиц конденсацией		+	+	+	+	
Методы анализа нанобъектов.						
Атомно силовая микроскопия Гранулометрический анализ. Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия.	+		+	+	+	
Гранулометрический анализ.				+		
Рентгенофазовый анализ.				+	+	
Электронная микроскопия.	+		+	+	+	
Вес КМ:	20	20	20	20	20	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа) КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе) КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	Знать: условия изготовления и тестирования материалов нанoeлектроники; Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для нанoeлектроники;	КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа) КМ-5. Расчетное задание (Реферат)
ПК-4	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов Уметь: определять набор методов анализа для контроля технологического процесса получения нанообъектов	КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

ПК-8	ИД-2 <sub>ПК-8</sub> Инструктаж исполнителей экспериментальных работ в области производства изделий микроэлектроники	Знать: основные методы анализа нанообъектов Уметь: определять набор анализов для конкретного нанообъекта	КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа) Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)
ПК-8	ИД-3 <sub>ПК-8</sub> Формирование заявок на приобретение материалов и комплектующих для производства изделий микроэлектроники	Знать: основные методы исследования состава и структуры материалов; Уметь: обосновать эффект использования наноматериалов	КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа) Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)
ПК-8	ИД-4 <sub>ПК-8</sub> Разработка рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических процессов производства изделий микроэлектроники	Знать: физические эффекты взаимодействия различных типов излучения и материи; Уметь: планировать деятельность в лаборатории	Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)
ПК-8	ИД-6 <sub>ПК-8</sub> Анализ влияния параметров и режимов технологических операций производства изделий микроэлектроники на параметры качества опытных образцов изделий микроэлектроники	Знать: шкалы концентраций веществ Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;	Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)
ПК-8	ИД-9 <sub>ПК-8</sub> Контроль и	Знать:	КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики

	проведение измерений выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе производства изделий микроэлектроники	основы физико-механики Уметь: использовать математические модели для определения свойств материалов;	дисперсных систем (Эссе) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа) КМ-5. Расчетное задание (Реферат)
ПК-8	ИД-10 <sub>ПК-8</sub> Проведение контрольно-измерительных мероприятий и испытаний макетов и опытных образцов изделий микроэлектроники	Знать: основные формулировки законов термодинамики сплошных сред; Уметь: использовать физические эффекты для исследования свойств материалов;	КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе) КМ-5. Расчетное задание (Реферат)

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

### КМ-1. КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Учащиеся получают 3 контрольных вопроса на которые они должны письменно ответить в течение недели. К ответу каждого учащегося задается 2-3 дополнительных уточняющих вопроса на понимание по результатам ответа на которые принимается решение об оценке за контрольное мероприятие.

#### Краткое содержание задания:

В ходе выполнения работы необходимо обосновать ответ о процессах фазообразования используя термодинамические законы. Обоснование требуется как в виде логических выводов так и с применением математического аппарата.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	1.КМ-1. знать 1. Что такое аморфное вещество. Что такое кристаллическое вещество, чем они отличаются 2.КМ-1. знать 2. Рассчитайте кристаллографическую плотность кристалла 3.КМ-1. знать 3. Рассчитайте концентрацию воды в воде 4.Опишите все виды химических связей
Уметь: определять набор анализов для конкретного нанобъекта	1.КМ-1. уметь 3 Предложите методы контроля роста зародышей в растворе или расплаве.
Уметь: обосновать эффект использования наноматериалов	1.КМ-1. уметь 1 Опишите что такое изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы 2.КМ-1. уметь 2 Опишите процесс роста зародыша в зависимости от параметров системы - температуры, давления, концентрации компонентов

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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*

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## **КМ-2. КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Эссе

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Учащиеся получают 3 контрольных вопроса на которые они должны письменно ответить в течение недели. К ответу каждого учащегося задается 2-3 дополнительных уточняющих вопроса на понимание по результатам ответа на которые принимается решение об оценке за контрольное мероприятие.

### **Краткое содержание задания:**

В ходе выполнения работы необходимо обосновать ответ о процессах получения и исследования нанообъектов. Обоснование требуется как в виде логических выводов так и с применением математического аппарата.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	1.КМ-2. знать 5 какие типы дефектов могут быть в кристаллах? опишите их
Знать: основные формулировки законов термодинамики сплошных сред;	1.КМ-2. знать 1. Что такое нанокристалл, монокристалл, мульткристалл? 2.КМ-2. знать 2 Как получить наночастицы осаждением из раствора? какие параметры требуется контролировать
Уметь: использовать математические модели для определения свойств материалов;	1.КМ-2. уметь 1 Опишите диффузию наночастиц в растворе при соотношении размеров молекул растворителя и наночастиц как 1:100

### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-3. Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц.

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Учащимся предоставляется методическая разработка по теме лабораторной работы. Учащиеся готовятся к собеседованию для допуска к лабораторной работе. Затем они проходят лабораторную работу с оборудованием и подготавливают отчет о выполнении работы, который защищают.

#### Краткое содержание задания:

ознакомление с методами основанными на динамическом светорассеянии позволяющими измерить размер частиц в дисперсной фазе, дзета-потенциал частиц, молекулярную массу крупных полимерных молекул и определить микровязкость дисперсной фазы.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	1.Км-3. знать 5. Перечислите необходимые операции подготовки образца перед измерением размера частиц методом динамического светорассеяния. 2.Км-3. знать 5. Каков минимальный определяемый размер частиц на сегодняшний день? С чем связаны ограничения в определении размеров частиц? 3.Км-3. знать 6. На какой теории основаны измерения размеров частиц в методе динамического светорассеяния? 4.Км-3. знать 6. Какая модель описывает строение двойного электрического слоя?
Знать: основные методы исследования состава и структуры материалов;	1.Км-3. знать 4. Объясните физический смысл Дзета-потенциала
Знать: физические эффекты взаимодействия различных типов излучения и материи;	1.Км-3. знать 4. В чем заключается отличие измерений размера частиц в проходящем пучке и отраженном свете. 2.Км-3. знать 6. В чем состоит суть поправок Релея и Фаунтгофера при определении интенсивности рассеянного частицами света.
Знать: шкалы концентраций веществ	1.Км-3. знать 5. Что описывают параметры D50 D90 D95?
Уметь: определять набор анализов для конкретного нанообъекта	1.Км-3. уметь 5 Предложите методы анализа размера частиц сажи, графита и графена
Уметь: планировать деятельность в лаборатории	1.Км-3. уметь 6 Предложите методику контроля размера частиц при получении пасты оксида алюминия методом помола
Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;	1.Км-3. уметь 4 Предложите последовательность подготовки образца пигмента для синих чернил для определения размера частиц

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-4. КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем**

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Учащимся предоставляется методическая разработка по теме лабораторной работы. Учащиеся готовятся к собеседованию для допуска к лабораторной работе. Затем они проходят лабораторную работу с оборудованием и подготавливают отчет о выполнении работы, который защищают.

**Краткое содержание задания:**

Определение различных характеристик дисперсии при помощи реометра Kinexus PRO. Приобретение основных навыков работы с реометром и начальных навыков анализа дисперсии исходя из полученных графиков зависимостей.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов	1.КМ-4.С какой целью происходит термостатирование образца? 2.Что позволяет выяснить тест вязкости от скорости сдвига?
Знать: основные методы анализа нанообъектов	1.Что позволяет выяснить тест на тиксотропность? 2.Что позволяет выяснить тест развертки по амплитуде? 3.Что позволяет выяснить тест развертки по частоте?
Знать: основные методы исследования состава и структуры материалов;	1.Зачем нужны различные геометрии, и каких типов они бывают?
Знать: шкалы концентраций веществ	1.Что такое вязкость и от чего она зависит?
Знать: основы физико-механики	1.Расскажите последовательность действий при подготовке реометра и образца к измерениям и последовательность действий после проведения измерений. 2.Какие существуют модели для описания

	жидкостей?
Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для нанoeлектроники;	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры раствора полимера 2.Предложите методологию стабилизации наполненной суспензии
Уметь: определять набор методов анализа для контроля технологического процесса получения нанообъектов	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры эмульсии 2.Опишите критерии стабильности эмульсии при контроле методами ротационной реометрии
Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры суспензии

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

### КМ-5. КМ-5. Расчетное задание

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Группа студентов делится на подгруппы состоящие из 3-4 человек. В начале семестра каждая подгруппа получает тему для подготовки аналитического обзора. В течение семестра подгруппа готовит текст на заданную тему по материалам доступным в открытой печати. По ходу выполнения работы подгруппа консультируется с преподавателем. По материалам подготовленного текста подгруппа готовит 10 минутный доклад.

### Краткое содержание задания:

Подготовка текста осуществляется по заданной теме на основе анализа литературных данных

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: условия изготовления и тестирования материалов	1.КМ-5 знать 1. Проектирование электронагревательной печи.
---	--

наноэлектроники;	2.КМ-5 знать 2. Разработка материала сегнетоэлектрика
Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для наноэлектроники;	1.КМ-5 уметь 2. Формировать требования к технологии производства материалов
Уметь: использовать математические модели для определения свойств материалов;	1.КМ-5 уметь 3. Формулировать задачи при разработке новых материалов
Уметь: использовать физические эффекты для исследования свойств материалов;	1.КМ-5 уметь 1. Интерпретировать результаты анализа материалов 2.КМ-5 уметь 4. Базовые навыки владения методами анализа материалов 3.КМ-5 уметь 5. Базовые методы тестирования физико-механических и физико-химических свойств материалов

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

## Пример билета

Билет состоит из одного вопроса, который представляет собой запрос на описание технологии получения нанобъекта или описание базового термодинамического принципа для дисперсных систем

## Процедура проведения

Учащиеся получают по одному индивидуальному вопросу за 2-3 недели до сдачи зачета. Учащиеся готовят ответ в виде доклада или презентации, рассчитанной на 10 минут выступления. Предварительно текст ответа может быть представлен преподавателю в том случае если у учащегося возникли сложные вопросы. Процесс сдачи зачета предполагает наличие нескольких дополнительных и уточняющих вопросов от преподавателя для контроля усвоения материала студентом. При сдаче возможна дискуссия призванная продемонстрировать что учащийся способен отстоять свою позицию и сформировать более глубокое понимание в представленной теме.

## *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 нанoeлектроники

## Вопросы, задания

- 1.билет 12. Предложите метод роста ориентированной пленки титаната бария на поверхности монокристалла оксида магния. Предложите методы контроля состава, кристаллической структуры и микроструктуры пленки.
- 2.билет 14. Предложите метод получения полимерного электроизоляционного материала с пигментом, увеличивающим устойчивость полимера к воздействию света. Вариант изоляционного материала может быть любым из тех, что применяются в современном производстве. Предложите методы оценки качества полученного материала.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1.Знать 4.В чем принципиальные особенности дисперсных систем в их термодинамике?

Ответы:

В том что они принципиально неустойчивы

В том, что за счет повышенной энергии поверхности они требуют стабилизации

В том, что значительный вклад во внутреннюю энергию дисперсной системы вносит энергия поверхности

Верный ответ: В том, что значительный вклад во внутреннюю энергию дисперсной системы вносит энергия поверхности

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 13. Предложите метод нанесения защитного слоя состоящего из карбида кремния на поверхность стали. Определите наиболее принципиальные свойства для такого покрытия. Определите методы промышленного нанесения покрытия и методы контроля качества такого покрытия в промышленности.
2. билет 15. Предложите методы нанесения изоляционного слоя в транзисторе на поверхности монокристалла полупроводникового кремния для создания процессора. Опишите методы контроля поверхности пластины кремния по составу и структуре.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 5. Какие методы получения наночастиц Вы знаете?

Ответы:

Методы от крупного к мелкому, методы помола, методы конденсации, методы распылительной сушки и конденсации из газовой фазы

Методы основанные на помоле, методы основанные на конденсации твердой фазы

Помол и измельчение, распылительная сушка, конденсация из газовой фазы

Верный ответ: Методы от крупного к мелкому, методы помола, методы

конденсации, методы распылительной сушки и конденсации из газовой фазы

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

**Вопросы, задания**

1. билет 1. Предложите метод получения и характеристики пигмента черного цвета. Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения пигмента.
2. билет 4. Предложите метод получения частиц металлического никеля в органическом пластификаторе для магнитной краски серебрянки. Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения краски.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 7. Какие методы определения размера частиц используются для дисперсных систем

Ответы:

Методы основанные на светорассеянии

Статическое светорассеяние, динамическое светорассеяние, микроскопия оптическая и электронная

Методы основанные на рассеянии света частицами, микроскопия, рентгеновская дифракция

Верный ответ: Статическое светорассеяние, динамическое светорассеяние, микроскопия оптическая и электронная

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-8 Инструктаж исполнителей экспериментальных работ в области производства изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1.билет 9. Предложите модель реактора для получения порошка оксида титана. Обоснуйте свое техническое решение, предложите методы контроля качества продукции.

2.билет 10. Что такое сфера Эвальда. Объясните условия появления дифракции в случае электронного и рентгеновского излучения.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Знать 6.Как описывается характер течения дисперсных систем

Ответы:

Для описания используются общие представления о вязкости неньютоновской жидкости, представления о тиксотропии, представления о густоте, упругости и комплексной вязкости

Для описания используются общие представления о вязкости жидкости, представления о густоте, модуле упругости и модуле вязкости и о стабильности течения и деформации

Для описания используются общие представления о вязком течении неньютоновской жидкости, представления о тиксотропии, о наличии или отсутствии предела упругости и предела текучести, представления о густоте, упругости и комплексной вязкости

Верный ответ: Для описания используются общие представления о вязком течении неньютоновской жидкости, представления о тиксотропии, о наличии или отсутствии предела упругости и предела текучести, представления о густоте, упругости и комплексной вязкости

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-8 Формирование заявок на приобретение материалов и комплектующих для производства изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1.билет 2. Предложите метод получения и характеристики пигмента красного цвета.

Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения пигмента.

2.билет 11. Предложите варианты введения пигмента в изоляцию кабеля для увеличения электросопротивления изоляционного материала.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Знать 8.Какие методы используются для анализа тонких пленок

Ответы:

Электронная микроскопия и рентгеновская дифракция

Электронная микроскопия, методы сканирующей туннельной микроскопии и атомно силовой микроскопии, рентгеновская дифракция, профилометрия

Туннельная микроскопия и атомно силовая микроскопия, электронная микроскопия

Верный ответ: Электронная микроскопия, методы сканирующей туннельной микроскопии и атомно силовой микроскопии, рентгеновская дифракция, профилометрия

**6. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-8 Разработка рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических процессов производства изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 6. Предложите метод нанесения защитного слоя состоящего из карбида кремния на поверхность стали. Определите наиболее принципиальные свойства для такого покрытия. Определите методы промышленного нанесения покрытия и методы контроля качества такого покрытия в промышленности.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 3. Как описывается кинетика зародышеобразования

Ответы:

Для описания кинетики зародышеобразования используется понятие энергетического барьера и вероятности флуктуаций состава

Для описания кинетики зародышеобразования используется понятие энергетического барьера, понятий о пересыщенности и неустойчивости системы и вероятности флуктуаций состава

Для описания кинетики зародышеобразования используется понятие энергетического барьера, понятий о пересыщенности и неустойчивости системы, зависимости скорости конденсации от разности химического потенциала в устойчивом и неустойчивом состоянии и вероятности флуктуаций состава

Верный ответ: Для описания кинетики зародышеобразования используется понятие энергетического барьера, понятий о пересыщенности и неустойчивости системы и вероятности флуктуаций состава

**7. Компетенция/Индикатор:** ИД-6ПК-8 Анализ влияния параметров и режимов технологических операций производства изделий микроэлектроники на параметры качества опытных образцов изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 7. Предложите метод получения полимерного электроизоляционного материала с пигментом, позволяющим устойчивость полимера к воздействию света. Вариант изоляционного материала может быть любым из тех, что применяются в современном производстве. Предложите методы оценки качества полученного материала.

2. билет 8. Предложите методы нанесения изоляционного слоя в транзисторе на поверхности монокристалла полупроводникового кремния для создания процессора. Размер транзистора должен быть предельно минимален.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 2. Как описывается структура кристалла

Ответы:

Для описания кристалла используются понятия элементарной ячейки и периода повторяемости

Кристалл описывается как трехмерная периодическая структура в которой выделяется элементарная ячейка

Кристалл описывается с использованием элементов симметрии, понятий о периоде повторяемости и элементарной ячейки

Верный ответ: Кристалл описывается как трехмерная периодическая структура в которой выделяется элементарная ячейка

**8. Компетенция/Индикатор:** ИД-9<sub>ПК-8</sub> Контроль и проведение измерений выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе производства изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 3. Предложите метод получения электрокаталитически активного слоя для топливного элемента. Состав слоя сажа и платина. Необходимо добиться минимального содержания платины при максимальном ее распределении в саже. Учитывайте разницу в плотности сажи и платины

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 1. Что такое фазовая диаграмма, что она описывает.

Ответы:

Графическое изображение фазового равновесия в поле параметров

Графическое отображение уравнения фазового равновесия

Фазовые состояния термодинамической системы в зависимости от термодинамических параметров

Верный ответ: Графическое изображение фазового равновесия в поле параметров

**9. Компетенция/Индикатор:** ИД-10<sub>ПК-8</sub> Проведение контрольно-измерительных мероприятий и испытаний макетов и опытных образцов изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 5. Предложите метод роста ориентированной пленки титаната бария на поверхности монокристалла оксида магния. Предложите методы контроля состава, кристаллической структуры и микроструктуры пленки.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Знать 9. Что такое эпитаксиальный рост.

Ответы:

а) Рост пленки повторяющей структуру подложки.

б) Рост ориентированной тонкой пленки структурно похожей на подложку

в) Формирование ориентированных зародышей кристалла на поверхности подложки

Верный ответ: б) Рост ориентированной тонкой пленки структурно похожей на подложку

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

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