

**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  
Физические основы полупроводниковых наноматериалов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

## 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 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-8 способен осуществлять организацию и проведение экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники

ИД-5 Заключение о целесообразности внедрения новых технологических процессов производства изделий микроэлектроники и оборудования на основании экспериментальных данных

ИД-6 Анализ влияния параметров и режимов технологических операций производства изделий микроэлектроники на параметры качества опытных образцов изделий микроэлектроники

ИД-7 Анализ и определение причин отклонения параметров технологических операций производства изделий микроэлектроники от заданных

ИД-8 Анализ результатов проведения экспериментальных работ в области производства изделий микроэлектроники

ИД-15 Анализ передовых разработок в области технологий и оборудования для производства изделий микроэлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-5 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов. (Контрольная работа)

2. КМ-7 Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа. (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест № 1. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами (Тестирование)

2. КМ-2. Тест № 2. Физико-математические основы диффузии. (Контрольная работа)

3. КМ-3 Тест № 3. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней. (Контрольная работа)

4. КМ-4 Тест № 4. Квантовые ямы и сверхрешетки. (Контрольная работа)

5. КМ-6 Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции. Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций. (Проверочная работа)

6. КМ-8 Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей. (Контрольная работа)

**БРС дисциплины**

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	2	4	6	8	10	12	14	16
(1) Основные понятия нанoeлектроники									
(1) Основные понятия нанoeлектроники	+								
(2) Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения									
(2) Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения		+							
(3) Распространенные виды кристаллографических решеток, самоорганизация в твердых телах									
(3) Распространенные виды кристаллографических решеток, самоорганизация в твердых телах				+	+				
(4) Связь электроники и квантовой физики, простейшие виды низкоразмерных объектов									
(4) Связь электроники и квантовой физики, простейшие виды низкоразмерных объектов						+			
(5) Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц									
(5) Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц						+			
(6) Микроструктура и свойства нано кристаллических материалов, нано керамика и нано композиты									
(6) Микроструктура и свойства нано кристаллических материалов, нано керамика и нано композиты							+		
(7) Поверхностные явления									
(7) Поверхностные явления								+	
(8) Энтропия в неупорядоченных системах									
(8) Энтропия в неупорядоченных системах									+
Вес КМ:	10	15	10	15	10	15	10	15	15

\$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: 2 влияние структурных характеристик на свойства наноматериалов; Уметь: 2 интерпретировать электрофизические характеристики полупроводниковых и диэлектрических наноматериалов	КМ-1 Тест № 1. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами (Тестирование) КМ-5 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов. (Контрольная 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: 3 закономерности структурообразования, фазовые превращения в наноматериалах Уметь: 3 рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых наноматериалов для различных областей их использования	КМ-2. Тест № 2. Физико-математические основы диффузии. (Контрольная работа) КМ-5 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов. (Контрольная работа)
ПК-8	ИД-5 <sub>ПК-8</sub> Заключение о целесообразности	Знать: 4 основные типы	КМ-3 Тест № 3. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней. (Контрольная работа)

	внедрения новых технологических процессов производства изделий микроэлектроники и оборудования на основании экспериментальных данных	полупроводниковых материалов и наноматериалов неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы Уметь: 4 объяснять на основе физико-математических моделей характеристики полупроводниковых наноматериалов	КМ-6 Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции. Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций. (Проверочная 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: 5 тенденции развития современной наноэлектроники Уметь: 5 выбирать наноматериалы, а также технологические процессы их изготовления для решения задач профессиональной деятельности	КМ-4 Тест № 4. Квантовые ямы и сверхрешётки. (Контрольная работа) КМ-7 Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа. (Контрольная работа)
ПК-8	ИД-7 <sub>ПК-8</sub> Анализ и определение причин отклонения параметров технологических операций производства изделий микроэлектроники от	Знать: 1 влияние состава на свойства наноматериалов; Уметь: 1 рассчитывать теплофизические	КМ-5 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов. (Контрольная работа) КМ-8 Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей. (Контрольная работа)

	заданных	характеристики полупроводниковых наноматериалов для различных областей их использования	
ПК-8	ИД-8 <sub>ПК-8</sub> Анализ результатов проведения экспериментальных работ в области производства изделий микроэлектроники		
ПК-8	ИД-15 <sub>ПК-8</sub> Анализ передовых разработок в области технологий и оборудования для производства изделий микроэлектроники		



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

### **КМ-1. КМ-1 Тест № 1. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест № 1. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами

#### **Краткое содержание задания:**

КМ-1. Тест № 1. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: 2 влияние структурных характеристик на свойства наноматериалов;	1.КМ-1 <b>Знать 1.</b> Основные понятия наноэлектроники.. 2.КМ-1 <b>Знать 2.</b> Условная классификация материалов по размеру D частиц (зёрен).. 3.КМ-1 <b>Знать 3.</b> Многослойные наноструктуры: квантовые ямы, сверхрешётки..
--	---

#### **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: 80*

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

### **КМ-2. КМ-2. Тест № 2. Физико-математические основы диффузии.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест № 2. Физико-математические основы диффузии.

#### **Краткое содержание задания:**

Тест № 2. Физико-математические основы диффузии.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: 3 закономерности структурообразования, фазовые превращения в наноматериалах</p>	<p>1.КМ-2 <b>Знать 1. Типы</b> Дислокации в твердых телах.  2.КМ-2 <b>Знать 2. Типы</b> Дислокации в кристаллах. Невершенные дислокации. Дефекты упаковки и двойники.  3.КМ-2 <b>Знать 3.</b> Динамические свойства: общие особенности, неустойчивости. Неустойчивости в изначально бездефектных кристаллических частицах..</p>
---	---

**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 Тест № 3. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест № 3. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней.

**Краткое содержание задания:**

Тест № 3. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: 4 основные типы полупроводниковых материалов и наноматериалов неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы</p>	<p>1.КМ-3 <b>Знать 1.</b> Распространенные виды кристаллографических решеток, самоорганизация в твердых телах.  2.КМ-3 <b>Знать 2.</b> Эффективные радиусы ионов. Ионные радиусы химических; элементов.  3.КМ-3 <b>Знать 3.</b> Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров.</p>
--	--

**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 Тест № 4. Квантовые ямы и сверхрешётки.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест № 4. Квантовые ямы и сверхрешётки.

**Краткое содержание задания:**

Тест № 4. Квантовые ямы и сверхрешётки.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: 5 тенденции развития современной наноэлектроники	1.КМ-4 <b>Знать 1.</b> простейшие виды низкоразмерных объектов. 2.КМ-4 <b>Знать 2.</b> Понятие о потенциальных ямах и барьерах. 3.КМ-4 <b>Знать 3.</b> Роль примесных ионов в формировании специальных свойств материалов.
---	--

**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 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов.**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: 1 влияние состава на свойства наноматериалов;	1.КМ-5 <b>Знать 1.</b> Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц. 2.КМ-5 <b>Знать 4.</b> Физико-математические основы диффузии.
Уметь: 2 интерпретировать электрофизические характеристики полупроводниковых и диэлектрических наноматериалов	1.КМ-5 <b>Уметь 3.</b> Анализировать структуру поверхности.
Уметь: 3 рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых нано материалов для различных областей их использования	1.КМ-5 <b>Уметь 1.</b> Анализировать фазовые диаграммы диспергированных систем. 2.КМ-5 <b>Уметь 2.</b> Анализировать фазовые диаграммы диспергированных систем..

**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-6. КМ-6 Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции.****Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции. Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции. Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: 4 объяснять на основе физико-математических моделей характеристики полупроводниковых наноматериалов</p>	<p>1.КМ-6 <b>Уметь 1.</b> Анализировать микроструктуру и свойства нанокристаллических материалов.  2.КМ-6 <b>Уметь 2.</b> Выстраивать изображения границ разделов в наноматериалах.  3.КМ-6 <b>Уметь 3.</b> Анализировать особенности структуры субмикроструктурных металлов.</p>
---	---

**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-7. КМ-7 Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа.**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: 5 выбирать наноматериалы, а также технологические процессы их изготовления для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>1.КМ-7 <b>Уметь 1.</b> Анализировать поверхностное натяжение и термодинамика плоских границ раздела..  2.КМ-7 <b>Уметь 2.</b> Определять фрактальную размерность в неупорядоченных средах.  3.КМ-7 <b>Уметь 3.</b> Анализировать твердофазные топохимические реакции.</p>
--	--

**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-8. КМ-8 Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 1 рассчитывать теплофизические характеристики полупроводниковых наноматериалов для различных областей их использования	1.КМ-8 <b>Уметь 1.</b> Анализировать количественную характеристику хаоса. 2.КМ-8 <b>Уметь 2.</b> Проводить оценку фрактальных размерностей. 3.КМ-8 <b>нУметь 3.</b> Определять фрактальную размерность перколяционного кластера
---	---

#### **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

#### Экзаменационный билет № 1.

- 1) Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Микрочастица в прямоугольной потенциальной яме.
- 2) Физико-математические основы диффузии.
- 3) Термодинамические аспекты поверхности. Структура поверхности и межфазных границ

### Процедура проведения

ответ устный по написанным 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 нанoeлектроники

### Вопросы, задания

#### 1.Экзаменационный билет № 2.

- 1) Применение зонной теории к квантовым ямам и сверхрешеткам.
- 2) Типы полупроводников. Элементарные полупроводники. Бинарные соединения. Окислы. Слоистые полупроводники. Разнообразие полупроводников.
- 3) Эмпирические потенциалы взаимодействия

### Материалы для проверки остаточных знаний

**1.Вопрос 1.** Структура границ зёрен в НС материале при заданной температуре сложным образом зависит от целого ряда переменных:

Ответы:

1. кристаллографических параметров, описывающих взаимную ориентацию двух кристаллов и границы раздела между ними;
2. химического состава границы, или иными словами, природы и распределения адсорбированных атомов;
3. потенциала взаимодействия между атомами;
4. природы атомной релаксации, в результате которой достигается расположение атомов с минимальной свободной энергией упругих и концентрационных возмущений в направлении перпендикулярном границе.

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 1. Правильный ответ все варианты.

**2.Вопрос 2.** Границы раздела компактированных нанокристаллических материалов могут содержать три типа дефектов:

Ответы:

- 1) отдельные вакансии;
- 2) вакансионные агломераты, или нанопоры, образующиеся в тройных стыках кристаллов;
- 3) большие поры на месте отсутствующих кристаллитов;
- 4) междоузельные атомы.Остаточные знания Вопрос 2. Ответ 2 а) содержание ответа

Остаточные знания Вопрос 2. Ответ 2 б) содержание ответа

Остаточные знания Вопрос 2. Ответ 2 в) содержание ответа

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 2. Правильный ответ все варианты.

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

### Вопросы, задания

#### 1. Экзаменационный билет № 3.

- 1) Применение теории перколяции к полупроводникам.
- 2) Фрактальный анализ самоорганизованных полупроводниковых структур.
- 3) Твердотельные химические реакции.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. **Вопрос 3.** Нанопористые микрочастицы на основе кремния — это пористые кремниевые частицы:

Ответы:

- 1) из некристаллического SiO<sub>2</sub>;
- 2) из синтетического кремния;
- 3) с размером от 1 до 100 нм;
- 4) содержащие тысячи одинаковых нанопор.

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 3. Правильный ответ 2),3)

2. **Вопрос 4.** Что представляют собой наноматериалы?

Ответы:

- 1) Наноматериалы, содержащие наноразмерные структурные элементы, называются наноструктурными материалами.
- 2) с размером от 1 до 100 нм;

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 4. Правильный ответ 2).

3. **Вопрос 5.** Среди наноматериалов можно выделить несколько основных разновидностей.

Ответы:

- 1) консолидированные наноматериалы;
- 2) нанополупроводники;
- 3) нанополимеры;
- 4) нанобиоматериалы;
- 5) фуллерены и тубулярные наноструктуры;
- 6) катализаторы;
- 7) нанопористые материалы;
- 8) супрамолекулярные структуры.

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 5. Правильный ответ все 8 видов.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-8</sub> Заключение о целесообразности внедрения новых технологических процессов производства изделий микроэлектроники и оборудования на основании экспериментальных данных

### Вопросы, задания

#### 1. Экзаменационный билет № 4

- 1) Термодинамические аспекты поверхности. Структура поверхности и межфазных границ.
- 2) Центральные и направленные силы между атомами. Силы между молекулами.
- 3) Атомные и молекулярные орбитали.

#### 2. Экзаменационный билет № 5.



- 1) Эффективные радиусы ионов.
- 2) Атомные и молекулярные орбитали.
- 3) Профили концентрации и температуры. Распределение Гаусса. Функция ошибок или Erf-функция.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. **Вопрос 6.** Классификация консолидированных наноматериалов по составу фаз, распределению и форме структурных составляющих.

Ответы:

- 1) Пластинчатая
- 2) Столбчатая
- 3) Равноосная
- 4) Чешуйчатая
- 5) Сферическая
- 6) эллиптическая

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 6. Правильный ответ 1), 2), 3)

2. Остаточные знания. **Вопрос 7.** Основные методы получения консолидированных наноматериалов.

Ответы:

- 1) Порошковая технология
- 2) Интенсивная пластическая деформация
- 3) Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния
- 4) Технология пленок и покрытий

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 7. Правильный ответ все 4 варианта.

3. **Вопрос 8.** Основные типы макромолекулярной линейной архитектуры.

Ответы:

- 1) Гибкий клубок
- 2) Жесткий стержень
- 3) Линейный цикл
- 4) Полиротаксан

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 8. Правильный ответ все 4 варианта.

4. **Вопрос 9.** Основные типы макромолекулярной архитектуры.

Ответы:

- 1) Линейный
- 2) Разветвленный
- 3) Сшитый
- 4) Дендример

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 9. Правильный ответ все 4 варианта .

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

#### **Вопросы, задания**

1. **Экзаменационный билет № 6.**

- 1) Основные представления квантовой механики. Квантовая модель атома.
- 2) Зависимость размеров атомов и ионов от координационных чисел
- 3) Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров.

Координационные числа. Типы полиэдров. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами.

2. **Экзаменационный билет № 7.**

1. Термодинамический предел теории перколяции. Фазовый переход: порог перколяции и перколяционный кластер.

2. Решение параболического уравнения на бесконечности, для полуограниченных и для ограниченных сред.
3. Энергетический спектр кристалла. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных областях.

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1. Вопрос 10. ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ..

Ответы:

- 1) Температурная зависимость электросопротивления увеличивается
- 2) Температурная зависимость электросопротивления не меняется
- 3) Температурная зависимость электросопротивления спадает

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 10. Правильный ответ 3).

#### 2. Вопрос 11. Классификация дисперсных материалов по размерам дисперсной фаз в пределах 1 Ангстрема.

Ответы:

- 1) Отдельные кластера
- 2) Кластеры
- 3) Наночастицы

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 11. Правильный ответ 1).

#### 3. Вопрос 12. Возможности для движения электронов в наноразмерной структуре.

Ответы:

- 1) Вдоль плоскости как газ свободных электронов
- 2) Поперек плоскости в ограниченных размерах, как в квантовой яме

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 12. Правильный ответ 2).

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-7<sub>ПК-8</sub> Анализ и определение причин отклонения параметров технологических операций производства изделий микроэлектроники от заданных

### Вопросы, задания

#### 1. Экзаменационный билет № 8.

1. Фазовые и структурные состояния в ультрадисперсных средах. Фазовые диаграммы диспергированных систем.
2. Границы раздела в наноматериалах. Особенности структуры фазовых границ.
3. Координационные числа. Типы полиэдров. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами.

#### 2. Экзаменационный билет № 9.

1. Структурный тип перовскита, шпинели, граната, алмаза и другие типы структур.
2. Фазовые диаграммы диспергированных систем. Аморфные фазы. Влияние остаточных газов на фазовое равновесие ультрадисперсных частиц с газовой фазой. Образование ультрадисперсных частиц в переохлажденном расплаве.
3. Термодинамические аспекты поверхности. Структура поверхности.

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1. Вопрос 13. Относительное изменение периода решетки $\Delta a/a$ в зависимости от диаметра $D$ наночастиц золота (Au) и серебра (Ag).

Ответы:

- 1) Увеличивается
- 2) уменьшается

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 13. Правильный ответ 1).

#### 2. Вопрос 14. Зависимость объемной доли границ зерен и тройных стыков от размера зерна (при толщине границы зерна 1 нм).

Ответы:

- 1) Увеличивается
- 2) уменьшается

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 14. Правильный ответ 2).

3. **Вопрос 15.** Режимы работы СТМ:

Ответы:

1. изменяющийся туннельный ток (а),
2. постоянный туннельный ток (б)

Верный ответ: Остаточные знания. Вопрос 15. Правильный ответ а) и б).

## ***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***