

**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

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 наноэлектроники									
(1) Основные понятия наноэлектроники	+								
(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 нанокристаллических материалов, нанокерамика и нанокомпозиты									
(6) Микроструктура и свойства нанокристаллических материалов, нанокерамика и нанокомпозиты							+		
(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 _{ПК-3} 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 _{ПК-3} 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-6 Контрольная работа № 2 Твердотельные химические реакции. Решение уравнения диффузии в присутствии химических реакций. (Проверочная работа)
ПК-8	ИД-5 _{ПК-8} 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-7 Контрольная работа № 3 Энергетические уровни примесных ионов в оксидных кристаллах. Квантовые числа. (Контрольная работа)
ПК-8	ИД-6 _{ПК-8} 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-8 Контрольная работа № 4. Основные методы расчета атомных и молекулярных орбиталей. (Контрольная работа)
ПК-8	ИД-7 _{ПК-8} Анализ и определение причин отклонения параметров технологических операций производства изделий микроэлектроники от	Знать: 1 влияние состава на свойства наноматериалов;	КМ-5 Контрольная работа № 1 Построение элементарной ячейки и расчет межатомных расстояний для наиболее часто используемых полупроводниковых и оксидных кристаллов. (Контрольная работа)

	заданных		
--	----------	--	--

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 Знать 1. Основные понятия наноэлектроники.. 2.КМ-1 Знать 2. Условная классификация материалов по размеру D частиц (зёрен).. 3.КМ-1 Знать 3. 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 Знать 1. Типы Дислокации в твердых телах. 2.КМ-2 Знать 2. Типы Дислокации в кристаллах. Невершенные дислокации. Дефекты упаковки и двойники. 3.КМ-2 Знать 3. 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 Знать 1. Распространенные виды кристаллографических решеток, самоорганизация в твердых телах. 2.КМ-3 Знать 2. Эффективные радиусы ионов. Ионные радиусы химических; элементов. 3.КМ-3 Знать 3. 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 нанoeлектроники	1.КМ-4 Знать 1. простейшие виды низкоразмерных объектов. 2.КМ-4 Знать 2. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. 3.КМ-4 Знать 3. 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 Знать 1. Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц. 2.КМ-5 Знать 2. Фазовые диаграммы диспергированных систем. 3.КМ-5 Знать 3. Влияние остаточных газов на фазовое равновесие ультрадисперсных частиц с газовой фазой.
Уметь: 2 интерпретировать электрофизические характеристики полупроводниковых и диэлектрических наноматериалов	1.КМ-5 Уметь 1. Анализировать фазовые диаграммы диспергированных систем. 2.КМ-5 Уметь 2. Анализировать фазовые диаграммы диспергированных систем.. 3.КМ-5 Уметь 3. Анализировать структуру поверхности.

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:

Уметь: 3 рассчитывать электрические характеристики	1.КМ-6 Уметь 1. Анализировать микроструктуру и свойства нанокристаллических материалов.
--	--

полупроводниковых нано материалов для различных областей их использования	2.КМ-6 Уметь 2. Выстраивать изображения границ разделов в наноматериалах. 3.КМ-6 Уметь 3. Анализировать особенности структуры субмикрорекристаллических металлов.
---	--

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:

Уметь: 4 объяснять на основе физико-математических моделей характеристики полупроводниковых наноматериалов	1.КМ-7 Уметь 1. Анализировать поверхностное натяжение и термодинамика плоских границ раздела.. 2.КМ-7 Уметь 2. Определять фрактальную размерность в неупорядоченных средах. 3.КМ-7 Уметь 3. Анализировать твердофазные топохимические реакции.
--	---

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: 5 выбирать наноматериалы, а также технологические процессы их изготовления для решения задач профессиональной деятельности	1.КМ-8 Уметь 1. Анализировать количественную характеристику хаоса. 2.КМ-8 Уметь 2. Проводить оценку фрактальных размерностей. 3.КМ-8 нУметь 3. Определять фрактальную размерность перколяционного кластераю
---	--

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-1пк-3 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 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.

3.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 .

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

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 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. 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) .

3. 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. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-8} 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 3.** Нанопористые микрочастицы на основе кремния — это пористые кремниевые частицы:

Ответы:

- 1) из некристаллического SiO₂;
- 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 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).

3. **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).

4. Компетенция/Индикатор: ИД-6_{ПК-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 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).

2. 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. 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).

5. Компетенция/Индикатор: ИД-7ПК-8 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 6. Классификация консолидированных наноматериалов по составу фаз, распределению и форме структурных составляющих.

Ответы:

- 1) Пластинчатая
- 2) Столбчатая
- 3) Равноосная
- 4) Чешуйчатая
- 5) Сверхтонкая
- 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 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