

**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
Физическая химия материалов и процессов электронной техники**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зайцев Ю.В.
	Идентификатор	Rb7a6cef7-ZaitsevYV-c77407dc

Ю.В. Зайцев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

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

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2. Раздел 2. Дефектообразование. (Контрольная работа)

2. КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий. (Контрольная работа)

2. КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	7	11	14
раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.					
тема 1. Термодинамика фазовых равновесий.		+			
раздел 2. Дефектообразование.					
тема 2. Дефектообразование.			+		
раздел 3. Диффузионные процессы.					

тема 3. Диффузионные процессы.			+	
раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.				
тема 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
раздел 1 Определение температурной зависимости теплоемкости исходных веществ		+			
раздел 2 Определение температурной зависимости энтальпии исходных и конечных веществ			+		
раздел 3 Определение температурной зависимости энтропии исходных и конечных веществ				+	
раздел 4 Определение температурной зависимости энергии Гиббса исходных и конечных веществ					+
Вес КМ:		25	25	25	25

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 наноэлектроники	Знать: знать 1. зонную теорию, электронное строение атомов и молекул, типы дефектов. Уметь: уметь 1. проводить анализ функций, решать уравнения и системы дифференциальных и алгебраических уравнений применительно к реальным химическим процессам,	Км-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий. (Контрольная работа) КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	Знать: знать 2. основы теории химической связи в соединениях разных типов. знать 3. основные понятия и методы физики конденсированного состояния. Уметь: уметь 2. применять методы математической физики при решении типовых	Км-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий. (Контрольная работа) КМ-2. Раздел 2. Дефектообразование. (Контрольная работа) КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа) КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. (Контрольная работа)

		профессиональных задач физической химии. уметь 3. использовать основные химические законы.	
ПК-4	ИД-2_{ПК-4} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	Знать: знать 4. основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния. знать 5. методы классической и статистической химической термодинамики для описания различных равновесий. Уметь: уметь 5. использовать методы построения математических моделей типовых профессиональных задач. уметь 4. использовать термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической и физической химии для решения	КМ-2. Раздел 2. Дефектообразование. (Контрольная работа) КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа) КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. (Контрольная работа)

		профессиональных задач.	
--	--	-------------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Км-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Км-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.

Краткое содержание задания:

Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: знать 1. зонную теорию, электронное строение атомов и молекул, типы дефектов.	1.КМ-1. Знать 1. Основные понятия и методы физики конденсированного состояния 2.КМ-1. Знать 2. Зонную теорию.
Знать: знать 2. основы теории химической связи в соединениях разных типов.	1.КМ-1. Знать 3. Типы дефектов и их влияние на проводимость.

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

Оценка: 2

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

КМ-2. КМ-2. Раздел 2. Дефектообразование.

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Раздел 2. Дефектообразование.

Краткое содержание задания:

Раздел 2. Дефектообразование.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: знать 3. основные понятия и методы физики конденсированного состояния.	1.КМ-2. Знать 1. Типы точечных дефекты. Дефекты по Шоттки и Френкелю, равновесие дефектов, дефекты нестехиометрии. 2.КМ-2. Знать 2. Типы дислокации в кристаллах. Несовершенные дислокации. Дефекты упаковки и двойники.
Знать: знать 4. основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния.	1.КМ-2. Знать 3. Физико-химическое управление типом и концентрацией дефектов нестехиометрии в полупроводниках.

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

Оценка: 2

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

КМ-3. КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Раздел 3. Диффузионные процессы.

Краткое содержание задания:

КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: знать 5. методы классической и статистической химической термодинамики для описания различных равновесий.	1.КМ-3. Знать 3. Механизмы диффузии.
Уметь: уметь 1. проводить анализ функций, решать уравнения и системы дифференциальных и алгебраических уравнений применительно к реальным химическим процессам,	1.КМ-3. Уметь 1. Находить коэффициент диффузии.

Уметь: уметь 2. применять методы математической физики при решении типовых профессиональных задач физической химии.	1.КМ-3. Уметь 3. Определять геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами.
---	---

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

Оценка: 2

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

КМ-4. КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.

Краткое содержание задания:

Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: уметь 3. использовать основные химические законы.	1.КМ-4. Уметь 1. Выстраивать схемы механизмов гетеро эпитаксиального роста пленок.
Уметь: уметь 4. использовать термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической и физической химии для решения профессиональных задач.	1.КМ-4. Уметь 2. Анализировать твердые растворы с ограниченной растворимостью и перитектикой.
Уметь: уметь 5. использовать методы построения математических моделей типовых профессиональных задач.	1.КМ-4. Уметь 3. Анализировать системы, образующие одно соединение, плавящееся без разложения.

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

Оценка: 2

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Фазовые равновесия. Основные термины. Правило фаз.
2. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
3. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.

Процедура проведения

стандартная

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-3} Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

- 1.4. Моно и энантиотропные фазовые превращения.
5. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.
6. Диаграммы состояния 2-х компонентных систем с эвтектикой. Ход кристаллизации.
- 2.7. Диаграммы состояния 2-х компонентных систем с неограниченной растворимостью. Ход кристаллизации.
8. Твердые растворы с ограниченной растворимостью и эвтектикой. Ход кристаллизации.
9. Твердые растворы с ограниченной растворимостью и перитектикой. Ход кристаллизации.
- 3.10. Системы, образующие одно соединение, плавящееся без разложения. Ход кристаллизации.
11. Конгруэнтное плавление с образованием твердых растворов. Ход кристаллизации.
12. Инконгруэнтное плавление соединений. Ход кристаллизации.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Проверка остаточных 1.. Гетерогенная система должна состоять минимум из

Ответы:

- А) трех фаз
- Б) двух фаз (*)
- В) четырех фаз

Верный ответ: Б) двух фаз

2. Проверка остаточных 2. Для системы $\text{CaCO}_3(\text{T})$, $\text{CaO}(\text{T})$, $\text{CO}_2(\text{Г})$, где имеет место реакция $\text{CaCO}_3(\text{T}) \leftrightarrow \text{CaO}(\text{T}) + \text{CO}_2(\text{Г})$ количество независимых компонентов равно

Ответы:

- А) два (*)
- Б) три
- В) один

Верный ответ: А) два

3. Проверка остаточных 4. Для трехкомпонентной системы, содержащей две фазы в равновесии число степеней свободы равно

Ответы:

- А) две
- Б) три (*)
- В) одна

Верный ответ: Б) три

4. Проверка остаточных 5. Вариантность системы это

Ответы:

- А) число переменных, изменение которых не приводит к изменению количества и природы фаз
- Б) минимальное число переменных, изменение которых не приводит к изменению количества и природы фаз (*)

Верный ответ: Б) минимальное число переменных, изменение которых не приводит к изменению количества и природы фаз

5. Проверка остаточных 6. При фазовом переходе 1-го рода скачкообразно изменяется

Ответы:

- А) энтропия и объем сосуществующих фаз (*)
- Б) теплоемкость производная энергии Гиббса по температуре (*)

Верный ответ: А) энтропия и объем сосуществующих фаз (*) Б) теплоемкость производная энергии Гиббса по температуре (*)

6. Проверка остаточных 12. При постоянном давлении число фаз в равновесии для бинарной системы не может быть больше

Ответы:

- А) трех (*)
- Б) двух
- В) одной

Верный ответ: А) трех

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

Вопросы, задания

- 1.13. Влияние давления на фазовые равновесия. Р-Т-Х диаграммы.
14. Термодинамические функции, используемые для анализа фазовых равновесий.
15. Уравнения состояния гетерогенной системы. Термодинамический подход к расчету диаграмм состояния.
- 2.16. Дефекты нестехиометрии. Их влияние на зонную структуру.
17. Дефекты нестехиометрии на Т-Х диаграммах. Дальтонида и бертоллида.
18. Влияние дефектов нестехиометрии на положение дистектической точки.
- 3.19. Квазихимический метод описания равновесия дефектов.
20. Равновесная концентрация дефектов нестехиометрии.
21. Зависимость концентрации дефектов от давления собственного пара на конкретном примере.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Проверка остаточных 3. Гетерогенная система при постоянной температуре и давлении находится в равновесии, если

Ответы:

- А) химические потенциалы ее компонентов во всех фазах разные
- Б) энтальпия системы постоянна
- В) химические потенциалы ее компонентов во всех фазах одинаковы (*)

Верный ответ: В) химические потенциалы ее компонентов во всех фазах одинаковы

2.Проверка остаточных 7. При фазовом переходе 2-го рода скачкообразно не меняются скачкообразно

Ответы:

- А) теплоемкость
- Б) энтропия и объем сосуществующих фаз (*)

Верный ответ: Б) энтропия и объем сосуществующих фаз

3.Проверка остаточных 8. Процесс плавления относится к фазовым переходам

Ответы:

- А) 1-го рода (*)
- Б) 2-го рода

Верный ответ: А) 1-го рода

4.Проверка остаточных 10. Известно, что при плавлении вещества мольный объем жидкости больше мольного объема твердой фазы. Для этого вещества с ростом давления температура плавления будет

Ответы:

- А) увеличиваться (*)
- Б) уменьшаться
- В) не меняться

Верный ответ: А) увеличиваться

5.Проверка остаточных 11. Для однокомпонентной системы число фаз в равновесии не может быть больше

Ответы:

- А) трех (*)
- Б) двух
- В) одной

Верный ответ: А) трех

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

Вопросы, задания

- 1.22. Дефекты идеальной поверхности.
- 23. Сильные и слабые формы хемосорбции.
- 24. Равновесие различных форм хемосорбции. Равновесная концентрация.
- 2.27. Заряжение поверхности при хемосорбции и ее влияние на поверхностный изгиб зон.
- 25. Термодинамика диффузии. Виды диффузии.
- 26. Механизмы диффузии.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Проверка остаточных 9. Фазовый переход ферромагнетика в парамагнетик относится к фазовым переходам

Ответы:

- А) 1-го рода
- Б) 2-го рода (*)

Верный ответ: Б) 2-го рода

2.Проверка остаточных 13. Число степеней свободы в точке эвтектики для бинарной системы при постоянном давлении равно

Ответы:

- А) три
- Б) два
- В) нуль

Верный ответ: В) нуль

3.Проверка остаточных 14. Парциальная величина характеризует

Ответы:

А) компонент фазы (*)

Б) свойства фазы как целого

Верный ответ: А) компонент фазы

4.Проверка остаточных 15. При записи уравнений квазихимических равновесий химическими компонентами считаются

Ответы:

А) все структурные элементы и дефекты решетки(*)

Б) только электроны и дырки

В) только дефекты Шоттки и Френкеля

Верный ответ: А) все структурные элементы и дефекты решетки

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

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

стандартные правила

Для курсового проекта/работы:

6 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

презентация и доклад по слайдам

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

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

по итогам доклада и текста пояснительной записки.