

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиоэлектронной техники Небольсин В.А.
«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«Физическая химия материалов и процессов
электронной техники»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

 / Е.П. Николаева /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и наноэлектроники

 / С. И Рембеза./

Руководитель ОПОП

 / С.И Рембеза./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области физической химии материалов и процессов электронной техники в связи с задачами и современными требованиями полупроводникового материаловедения и микроэлектроники

1.2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать представления об общих физико-химических закономерностях, лежащих в основе технологических процессов получения материалов и структур микроэлектроники;

Установить взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями синтеза полупроводниковых материалов и структур

Иметь представления о тенденциях развития, основных направлениях и методах физической химии в связи с современными требованиями микроэлектроники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

ОПК-5 - способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных

ОПК-7 - способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать: основные теоретические положения физической химии, химической термодинамики и кинетики
	Уметь: использовать справочные значения стандартных термодинамических функций для проведения расчетов типичных процессов полупроводниковой технологии
	Владеть: методами термодинамического анализа

	химических и фазовых равновесий
ОПК-5	Знать: основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм; основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов
ОПК-7	Знать: основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов, основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов, методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	50	50
В том числе:		
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16

Самостоятельная работа	94	94
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Химическая термодинамика. Термодинамический метод описания свойств материалов	Общие понятия и определения физической химии. Термодинамические системы, процессы, функция состояния процесса. Первое начало термодинамики. Теплостойкость. Зависимость теплостойкости от температуры.	2	-	10	12
		Теплостойкость газов и твердых тел. Закон Гесса. Тепловой эффект процессов. Зависимость теплового эффекта от температуры. Определение температурной зависимости термодинамических свойств индивидуальных веществ (по вариантам).				
		Второе начало термодинамики. Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия. Изменение энтропии – критерий равновесия и направления процесса.	2	2	10	14
		Энергия Гиббса, Гельмгольца. Характеристические функции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Термодинамические потенциалы. Температурная зависимость термодинамических функций при наличии фазовых переходов. Энтропийный критерий самопроизвольного процесса (по вариантам).				
		Термодинамика фаз пере-	2		10	14

		менного состава. Химический потенциал идеального газа. Парциальные молярные величины и их значение в термодинамике растворов. Уравнение Гиббса – Дюгема. Идеальные, предельно разбавленные, неидеальные растворы. Законы Рауля, Генри. Температуры замерзания и кипения растворов. Растворимость твердых веществ.				
		Расчет температурного коэффициента теплового эффекта химической реакции (по вариантам).		2		
2	Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов	Термодинамика химических равновесий. Закон действующих масс. Константа равновесия и стандартная энергия Гиббса химической реакции. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Определение направления химической реакции в равновесных условиях (по вариантам). Уравнение изотермы, изобары, изохоры химической реакции. Влияние давления на равновесие химической реакции. Третье начало термодинамики. Константа равновесия химической реакции . Определение состава равновесий смеси (по вариантам). Определение направления химической реакции в неравновесных условиях (по вариантам).	2	2	10	14
		Константа равновесия химической реакции . Определение состава равновесий смеси (по вариантам). Определение направления химической реакции в неравновесных условиях (по вариантам).	2	2	10	14
3	Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии	Фазовые превращения в гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Физико-химический и термический анализы. Диаграмма состояния двухкомпонентных систем с твердыми растворами, компоненты которых взаимно неограниченно и ограниченно растворимы (по вариантам). Двухкомпонентные системы с неограниченной раство-	2	2	10	14
		Двухкомпонентные системы с неограниченной раство-	2		8	10

		римостью в твердом состоянии. Системы с полной взаимной нерастворимостью и ограниченной растворимостью в твердом состоянии.				
3.		Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями (по вариантам)	2	2	10	12
		Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями. Термодинамика жидких летучих смесей..			10	14
		Диаграммы состояния жидких летучих смесей с неограниченной взаимной растворимостью компонентов.		2		
		Закон Коновалова. Летучие смеси с неограниченно, ограниченно и практически взаимно нерастворимыми жидкими смесями			10	12
		Диаграммы состояния ограниченно растворимых и практически взаимно нерастворимых жидких летучих смесей (по вариантам).		2		
4	Термодинамика необратимых процессов	Принцип кинетического описания технологических процессов. Обобщенное уравнение переноса параметра.	2		10	14
		Поток – основная характеристика системы. Диффузионный, конвективный и переходной потоки. Источники и стоки системы. Кинетика химических реакций.		2		
Итого			18	18	108	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знать: основные теоретические положения физической химии, химической термодинамики и кинетики	Успешные выполнения контрольных и практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: использовать справочные значения стандартных термодинамических функций для проведения расчетов типичных процессов полупроводниковой технологии	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	Знать: основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм; основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов	Успешные выполнения контрольных и практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	Знать: основы моделирования технологических процессов про-		Выполнение работ в срок, предусмотрен-	Невыполнение работ в срок, предусмотрен-

	изводства полупроводниковых материалов и приборов, основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм		ный в рабочих программах	ный в рабочих программах
	Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов, методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий	Успешные выполнения практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать: основные теоретические положения физической химии, химической термодинамики и кинетики	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: использовать справочные значения стандартных термодинамических функций для проведения расчетов типичных процессов полупроводниковой	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	технологии					
	Владеть: методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	Знать: основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм; основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	Знать: основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов, основы теории и практики фазового равновесия; принципы построения фазовых диаграмм	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: использовать диаграммы состояния для выбора условий про-	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения всех,	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

ведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов		получены верные ответы	но не получен верный ответ во всех задачах	большинстве задач	
Владеть: методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов, методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В формулировке первого закона термодинамики $\delta Q = dU + \delta A$ какие функции относятся к процессам

1. **Внутренняя энергия.**
2. Работа.
3. Теплота.
4. Работа и теплота.
5. Теплота и внутренняя энергия.

2. При превращении моля льда при 0 °С в пар при 100 °С изменение энтропии ΔS

1. ΔS нагревания от 0 °С до 100 °С.
2. ΔS плавления + ΔS испарения.
3. **ΔS плавления + ΔS нагревания + ΔS испарения.**
4. ΔS нагревания + ΔS плавления.
5. Невозможно рассчитать.

3. При нагревании 1 моля льда при 0 °С до 100 °С изменение энтропии равно

1. $\Delta S = \Delta S \text{ нагревания} = \int_{273}^{373} \frac{C_p}{T} dT$
2. **$\Delta S = \Delta S \text{ нагревания} + \Delta S \text{ плавления.}$**
3. ΔS плавления.
4. Невозможно рассчитать.

4. Разность энтропии между переохлаждением до 263К (-10 °С) воды и энтропией льда при одной и той же температуре определяется

1. $\Delta S = S_{\text{вода, тв, 263}} - S_{\text{вода, ж, 273}} = \int_{273}^{373} \frac{C_{p,\text{тв}}}{T} dT - \frac{\Delta H_{\text{пл}}}{T_{\text{пл}}}$

$$2. \Delta S = \frac{\Delta H_{пл}}{T_{пл}}$$

$$3. \Delta S = \int_{273}^{373} \frac{C_{p,ж}}{T} dT - \frac{\Delta H_{пл}}{T_{пл}}$$

$$4. \Delta S = \int_{273}^{373} \frac{C_{p,ж}}{T} dT - \frac{\Delta H_{пл}}{T_{пл}} + \int_{273}^{373} \frac{C_{p,тв}}{T} dT$$

5. Свободная энергия Гиббса определяется уравнением:

$$1. G = U - TS$$

$$2. G = H - TS$$

$$3. G = Q - TS$$

$$4. G = H - S$$

$$5. G = U - TV$$

6. $dH = TdS + VdP$, определите значение характеристических функций

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S, \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P$$

$$1. \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V, \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T$$

$$2. \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V, \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T$$

$$3. \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = S, \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = P$$

$$4. \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = P, \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = H$$

7. Свободная энергия Гельмгольца определяется уравнением:

$$1. F = U - TS$$

$$2. F = H - TS$$

$$3. F = U - TS$$

$$4. F = H - TV$$

$$5. F = Q - TS$$

8. Критерий самопроизвольного процесса

$$1. \Delta G_{T,P} < 0$$

$$2. \Delta G_{T,P} = 0$$

$$3. \Delta G_{T,P} > 0$$

$$4. \Delta G_{T,P} \geq 0$$

$$5. \Delta G_{T,P} \leq 0$$

9. Для определения направления процесса необходимо определение изменения энергии Гиббса в:

1. **Изобарно-изотермическом процессе.**

2. Изохорно-изотермическом процессе.

3. Изобарных процессах.

4. Изотермических процессах.

5. Любых процессах.

10. $dF = -SdT - PdV$, определите значение характеристических

функций $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$

1. $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = V, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = P$
2. $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = P, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = V$
3. $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = T, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = S$
4. $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = S, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = V$
5. $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S, \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -P$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Найти изменение энтропии при превращении 1 моля льда при 0 °С в пар при 100 °С.

Ответ: 154,4 Дж/(моль·К)

2. Найти изменение энтропии 1 моля Na₂SiO₃ при нормальном давлении в интервале температур 298 – 1800 К.

Ответ: 343,58 Дж/(моль·К)

3. Определить, пойдет ли самопроизвольно процесс кристаллизации воды при T = 263 К и давлении P = 1 атм.

Ответ: 0,81 Дж/(моль·К)

4. Найти температурную зависимость теплового эффекта реакции с помощью стандартных термодинамических величин.

Ответ: $\Delta_r H_T^0 = 1911414 - 10,73T - 4,18 \cdot 10^{-3} T^2 + \frac{10,46 \cdot 10^5}{T}$. (Дж/моль·°С)

5. Найти тепловой эффект химической реакции CaCO₃ = CaO + CO₂, при температуре 298 К с помощью стандартных термодинамических величин.

Ответ: $\Delta_r H_{298}^0 = \Delta_f H_{298, CaO}^0 + \Delta_f H_{298, CO_2}^0 - \Delta_f H_{298, CaCO_3}^0 =$
 $= -635,55 - 393,51 + 1206,88 = 77,82$ [кДж/моль].

6. Найти тепловой эффект химической реакции CaCO₃ = CaO + CO₂, при температуре 1300 К с помощью стандартных термодинамических величин.

Ответ: 163869 [Дж/моль].

7. Рассчитать температурную зависимость $\Delta_r G_T^0$ для химической реакции 2CO + O₂ = 2CO₂ с помощью стандартных термодинамических величин.

Ответ: $\Delta_r G_T^0 = -5704522 - \frac{6,49 \cdot 10^{-3}}{2} T^2 + \frac{12,37 \cdot 10^5}{2T} + 181,43 \cdot T$ [Дж/моль].

8. Рассчитать константу равновесия при T=1000 К для химической реакции 2CO + O₂ = 2CO₂ с помощью стандартных термодинамических величин.

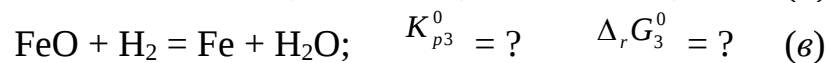
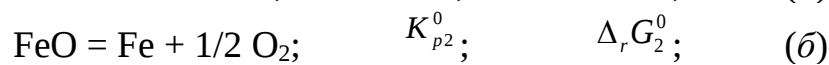
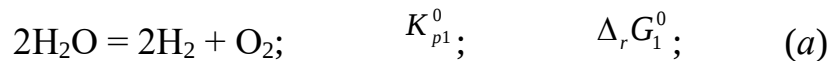
$$\text{Ответ: } \ln K_{p,1000}^0 = -\frac{\Delta_r G_{1000}^0}{RT} = \frac{3916487}{8,314 \cdot 1000} = 47,11$$

9. Рассчитать $\Delta_r G_T^0$ и K_p^0 с использованием таблиц приведенных энергий Гиббса.

$$\text{Ответ: } \ln K_{p,1000}^0 = -\frac{\Delta_r G_{1000}^0}{RT} = \frac{3916487}{8,314 \cdot 1000} = 47,11$$

10. Расчет химического равновесия комбинированием реакций.

Найти константу равновесия K_p и изменение энергии Гиббса $\Delta_r G_T^0$ химической реакции (в), если известны константы равновесия или изменения энергии Гиббса реакций (а) и (б).



$$\begin{aligned} \text{Ответ:} \quad & \text{FeO} - \text{H}_2\text{O} = \text{Fe} + 1/2 \text{O}_2 - \text{H}_2 - 1/2 \text{O}_2 \\ & \Delta_r G_3^0 = \Delta_r G_2^0 - 1/2 \Delta_r G_1^0 \\ & -RT \ln K_{p3}^0 = -RT \ln K_{p2}^0 + 1/2 \ln K_{p1}^0. \end{aligned}$$

$$K_{p3}^0 = \frac{K_{p2}^0}{\sqrt{K_{p1}^0}}.$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить направление химической реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ при температуре $T=298 \text{ K}$

Ответ: $\Delta_r G_{298}^0 = -5145763 \text{ [Дж]}$., таким образом, реакция идет в сторону продуктов.

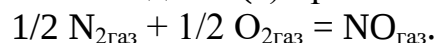
2. Определить направление химической реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ при температуре $T=1000 \text{ K}$

Ответ: $\Delta_r G_{1000}^0 = -3916487 \text{ [Дж/моль]}$, реакция идет в сторону продуктов.

3. Как изменяется выход продукта реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ в интервале температур $298 \sim 1000 \text{ K}$.

Ответ: максимальный выход продукта при температуре 298 K .

4. Определение степени завершенности реакции в состоянии равновесия. Вычислим выход $\text{NO} (x)$ при окислении азота при 4000 K



Ответ: . выход NO при этой температуре составляет лишь 13% .

5. Рассчитать выход реакции восстановления при $T = 873 \text{ K}$
 $\text{FeO}_T + \text{CO} = \text{Fe}_T + \text{CO}_2.$

Ответ: Выход Fe_T составляет 72% .

6. Определить направление реакции получения йодоводорода

$\frac{1}{2} \text{I}_2 + \frac{1}{2} \text{H}_2 = \text{HI}$ при условиях: $T = 298,15 \text{ K}$; $P'_{\text{H}_2} = P'_{\text{I}_2} = 0,1 \text{ атм}$; $P'_{\text{HI}} = 10 \text{ атм}$.

Ответ: $\Delta_r G_{298}^0 = 8,314 \cdot 298 \ln \frac{10}{0,1^{1/2} \cdot 0,1^{1/2}} + 8,314 \cdot 298 \cdot 0,52 = 12711 [\text{Дж/моль}]$,

таким образом, для данных условий и реакция самопроизвольно идет справа налево, т.е. будет наблюдаться разложение HI.

7. Определить направление реакции получения йодоводорода
 $\frac{1}{2} \text{I}_2 + \frac{1}{2} \text{H}_2 = \text{HI}$, при условиях, например, при $P'_{\text{H}_2} = P'_{\text{I}_2} = 1 \text{ атм}$; $P'_{\text{HI}} = 0,1 \text{ атм}$.

Ответ: $\Delta_r G_{298}^0 = -4412 [\text{Дж/моль}]$, т.е. $\Delta_r G_{298}^0 < 0$ и самопроизвольно реакция пойдет слева направо.

8. Диаграмма системы с ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Определить фазовый состав и кривые термоанализа.

Ответ:

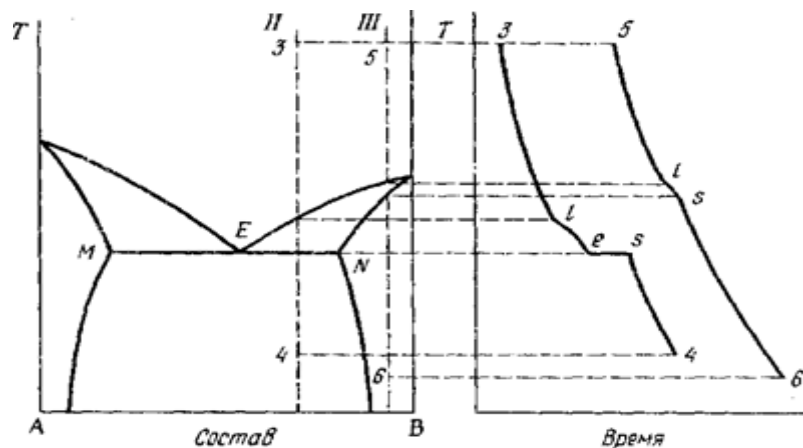
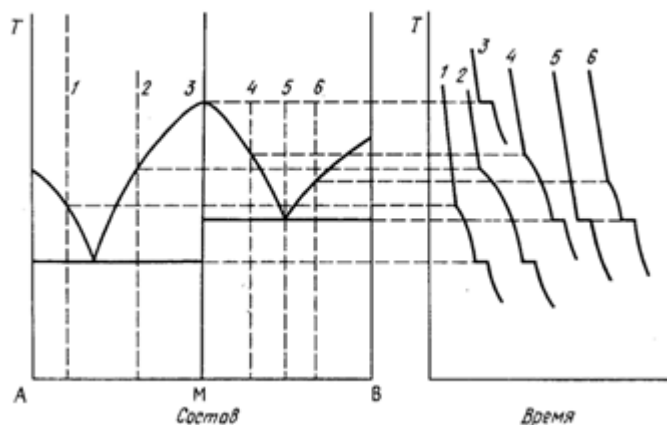


Диаграмма плавкости системы ограниченно растворимых веществ

9. Диаграмма состояния системы, образующие устойчивое химическое соединение. Определить фазовый состав и кривые термоанализа.

Ответ:



. Диаграмма плавкости веществ, образующих устойчивое химическое соединение

10. Диаграмма состояния плавкости веществ, образующих неустойчивое химическое соединение. Определить фазовый состав и кривые термo-анализа.

Ответ:

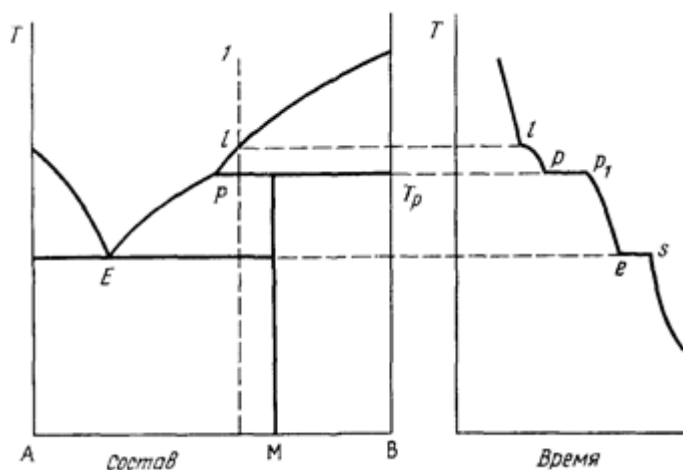
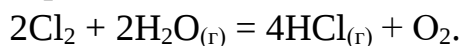


Диаграмма плавкости веществ, образующих неустойчивое химическое соединение

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. 1. Пользуясь справочными данными, рассчитайте тепловой эффект (ΔH) реакции, протекающей при 798 К и постоянном давлении 1 атм:



2. Стандартная теплота образования кристаллического In_2O_3 равна -926,76 кДж/моль. Напишите уравнение реакции, к которой относится этот тепловой эффект.

3. Определить направление химической реакции. Выбрать оптимальную температуру.

4. Рассчитать константу равновесия химической реакции в интервале температур. Определить оптимальный режим.

5. Определить направление химической реакции в неравновесных

условиях. Указать оптимальный режим.

6. Определить степень завершенности химической реакции в равновесных условиях.

7. Исследовать диаграмму состояния двухкомпонентной системы с неограниченной растворимостью в жидкой и твердой фазе. Определить фазовый состав, температуру первого кристалла и последней капли для состава $A_\alpha B_{1-x}$. Построить кривые термоанализа

8. Исследовать диаграмму состояния двухкомпонентной системы с неограниченной растворимостью в жидкой фазе и полной нерастворимостью в твердой фазе. Определить фазовый состав, температуру первого кристалла и последней капли для состава $A_\alpha B_{1-x}$. Построить кривые термоанализа.

9. Исследовать диаграмму состояния двухкомпонентной системы с неограниченной растворимостью в жидкой и ограниченной растворимостью в твердой фазе. Определить фазовый состав, температуру первого кристалла и последней капли для состава $A_\alpha B_{1-x}$. Построить кривые термоанализа.

10. Исследовать диаграмму состояния двухкомпонентной системы с образованием химического соединения постоянного состава. Определить фазовый состав, температуру первого кристалла и последней капли для состава $A_\alpha B_{1-x}$. Построить кривые термоанализа

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач *Не предусмотрено учебным планом*

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Химическая термодинамика. Термодинамический метод описания свойств материалов	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

2	Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Термодинамика необратимых процессов	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы/составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченности
8.1.1 Основная литература				
1.1.1	Стромберг А.Г.	Физическая химия: учебник для химических специальностей вузов	2001 Печат.	0,75
1.1.2	Горшунова В.П.	Краткий курс физической химии: учеб. пособие	2005 Печат.	0,5
8.1.2 Дополнительная литература				

7.1.2.1	Под ред. В.П. Глушко	Термодинамические свойства индивидуальных веществ: справочное издание; в 4-х т.. М.: Наука, 1982.	Справочник, 1982	0,5
7.1.2.2	Николаева Е.П., Кошелева Н.Н.	Точечные дефекты в кристаллах (учебное пособие) № 136-2013 ВГТУ 2016	2016 Печат.	1
7.1.2.3	Николаева Е.П., Новокрещенов Е.П.	№ 31-2016 Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» ВГТУ 2016	2016 Методич. указания	1
8.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Николаева Е.П., Николаева С.О.	Методические указания № 78-2017 к выполнению практических занятий по дисциплине «Физическая химия материалов и процессов электронной техники». Воронеж: ВГТУ, 2017.	2017 Методич. указания	1

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Электронная библиотека elibrary.ru.

Электронная библиотека ВГТУ

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, FireFox, LabVIEW, Elektronik Workbench

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Вакуумные насосы
9.2	Технологическое оборудование
9.3	Контрольно-измерительное оборудование
9.4	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4
9.5	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
9.6	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физическая химия материалов и процессов электронной техники».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических

навыков расчета. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.