

УДК 661.6+666(070.5)  
ББК 35.417+34.338я78  
Х12

Х14 **Хабас Т.А.**

Физика и химия твердых неметаллических и силикатных материалов: учебное пособие / Т.А. Хабас, В.И. Верещагин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 171 с.

В пособии изложены общие вопросы физической химии твердых кристаллических веществ, строения оксидов, основы исследования структур кристаллов методом рентгенофазового анализа. На конкретных примерах рассмотрены вопросы синтеза в оксидных системах и регулирования их свойств в присутствии микродобавок. Отдельный раздел посвящен обзору свойств и методов получения наноразмерных порошковых и консолидированных материалов, дано термодинамическое обоснование возможности активирования процессов с участием наночастиц, физико-химических методов исследования состава, структуры и морфологии получаемых продуктов.

Предназначено для подготовки магистрантов, студентов и аспирантов высших учебных заведений, углубленно изучающих основы химической технологии тугоплавких веществ.

**УДК 661.6+666(070.5)**  
**ББК 35.417+34.338я78**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТГУ  
*В.В. Козик*

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ  
*Н.К. Скрипникова*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013  
© Хабас Т.А., Верещагин В.И., 2013  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2013

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
1. АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СИЛИКАТНЫХ ТУГОПЛАВКИХ ВЕЩЕСТВ.....	7
1.1. Конденсированные системы .....	7
1.2. Строение твердых тел. Общие сведения .....	8
1.3. Строение идеальных кристаллов.....	10
1.4. Кристаллографические символы .....	15
2. СТРОЕНИЕ ОКСИДОВ.....	19
2.1. Координационное число.....	20
2.2. Плотнейшие шаровые упаковки .....	21
2.3. Правила формирования структур ионных кристаллов (правила Полинга).....	25
2.4. Структурные типы .....	27
3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ .....	32
3.1. Рентгеновское излучение .....	32
3.1.1. Историческая справка.....	32
3.1.2. Свойства рентгеновских лучей.....	34
3.1.3. Взаимодействие рентгеновского излучения с кристаллическим твердым телом.....	37
3.2. Методы съемки рентгенограмм и аппаратура.....	41
3.2.1. Подготовка образцов .....	47
3.2.2. Методика расшифровки рентгенограмм.....	47
3.2.3. Возможности метода рентгенографии.....	48
3.2.4. Определение качественного фазового состава вещества.....	49
3.2.5. Определение количественного фазового состава вещества .....	54
3.3. Элементы структурного рентгенографического анализа .....	57
3.3.1. Связь межплоскостных расстояний с параметрами кристаллической решетки.....	57
3.3.2. Определение типа кристаллической решетки вещества .....	58
3.3.3. Прецизионное измерение параметров элементарной ячейки кристалла .....	59
4. ДИФФУЗИЯ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ.....	61
4.1. Виды и механизмы диффузии.....	63
4.1.1. Диффузия по междоузлиям.....	64
4.1.2. Диффузия по вакансионному механизму .....	65
4.1.3. Особенности вакансионной диффузии .....	66
5. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	69
5.1. Тепловое расширение твердых тел.....	72
5.2. Теплопроводность .....	74
5.3. Теплоемкость .....	77

5.4. Взаимосвязь тепловых характеристик и их влияние на термическую прочность материалов .....	80
6. НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ .....	82
6.1. Общие сведения и методы исследования нанокристаллических материалов .....	82
6.1.1. Наноразмерные материалы. Общие представления. Свойства и применение .....	82
6.1.2. Исследование наноматериалов .....	94
6.2. Методы получения наноструктурированных материалов и нанопорошков.....	102
6.2.1. Наноструктурированные материалы.....	102
6.2.2. Получение нанопорошков.....	106
6.3. Физико-химические аспекты применения наноматериалов в твердофазовых процессах (в реакциях синтеза и спекания).....	108
6.4. Нанотехнологии .....	113
6.4.1. Основные принципы создания объектов .....	114
6.4.2. Методы получения наноструктур.....	115
6.4.3. Применение нанопорошков в синтезе сложных оксидов .....	119
7. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК В ОКСИДНЫХ СИСТЕМАХ.....	139
7.1. Полиморфизм в однокомпонентных системах. Общие понятия.....	139
7.2. Влияние микродобавок на кинетику и механизм монотропной фазовой трансформации .....	145
7.3. Физико-химические основы воздействия ионов добавок на структуру и свойства оксидных материалов .....	152
7.4. Микродобавки – стабилизаторы кристаллических фаз.....	158
Список литературы .....	166