



ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК

Г. ГОТТШТАЙН

ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

4-е издание, электронное

Перевод с английского
К. Н. Золотовой
и канд. хим. наук Д. О. Чаркина

под редакцией
профессора, доктора хим. наук
В. П. Зломанова



Москва
Лаборатория знаний
2025

УДК 620.22+669.017
ББК 34.2+30.36я73
Г73

Серия основана в 2006 г.

Готтштайн Г.

Г73 Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2025. — 403 с. — (Лучший зарубежный учебник). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-565-3

В учебном пособии, написанном известным специалистом из Германии, имеющим многолетнюю преподавательскую практику, изложены основы современного материаловедения. При этом в полной мере использованы фундаментальные понятия, представления и закономерности из других областей знаний — физики, химии, математики, а также кристаллографии и металлургии. Рассмотрены различные модели, в том числе на основе фазовых диаграмм и теории химической связи. Большое внимание уделено применению термодинамических подходов при изучении материалов. Подробно обсуждаются теория дефектов в кристаллических твердых телах, процессы кристаллизации и рекристаллизации, способы управления составом композиционных материалов, структурная организация в стеклах и полимерах.

Для студентов и аспирантов университетов, а также других вузов, готовящих специалистов в области наук о материалах.

УДК 620.22+669.017
ББК 34.2+30.36я73

Деривативное издание на основе печатного аналога: Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 400 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).

ISBN 978-5-94774-769-0.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

Translation from the English edition:

Physical Foundations of Materials Science
by Günter Gottstein

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004
Springer is a part of Springer Science + Business Media
All Rights Reserved

© Перевод на русский язык, оформление.
Лаборатория знаний, 2015

ISBN 978-5-93208-565-3

Оглавление

Предисловие редактора русского издания	8
Предисловие автора к русскому изданию	10
Предисловие к английскому изданию	11
Введение	12
Глава 1. Микроструктура	15
Глава 2. Атомная структура твердых тел	22
2.1. Межатомное взаимодействие	22
2.2. Кристаллическая структура	28
2.2.1. Кристаллические системы и пространственные решетки	28
2.2.2. Кристаллические структуры металлов	30
2.2.3. Кристаллические структуры керамических материалов	35
2.2.4. Кристаллические структуры полимеров	37
2.3. Индексы кристаллографических плоскостей и направлений	37
2.4. Представление ориентаций: стереографическая проекция	41
2.5. Экспериментальные кристаллографические методы	45
2.5.1. Закон Брэггов—Вульфа	45
2.5.2. Рентгеновские методы	47
2.5.3. Электронная микроскопия	52
2.5.4. Кристаллографические текстуры	54
Глава 3. Дефекты в кристаллах	61
3.1. Общие замечания	61
3.2. Точечные дефекты	61
3.2.1. Типы точечных дефектов	61
3.2.2. Термодинамика точечных дефектов	62
3.2.3. Экспериментальное доказательство существования точечных дефектов	65
3.3. Дислокации	67
3.3.1. Геометрия дислокаций	67
3.3.2. Методы обнаружения дислокаций	72
3.4. Межзеренные границы	74
3.4.1. Терминология и определения	74
3.4.2. Атомная структура межзеренных границ	77
3.4.2.1. Малоугловые границы	77
3.4.2.2. Высокоугловые границы	80
3.5. Фазовые границы	88
3.5.1. Классификация фазовых границ	88
3.5.2. Феноменологическое описание межфазных границ	90

Глава 4. Сплавы	94
4.1. Строение сплавов	94
4.2. Термодинамика сплавов	105
4.3. Твердые растворы	110
4.4. Интерметаллические соединения	116
4.4.1. Общие положения	116
4.4.2. Упорядоченные твердые растворы	117
4.4.3. Фазы химических соединений	123
4.4.4. Фазы с высокой плотностью упаковки	127
4.4.5. Электронные фазы (фазы Юм-Розери)	130
4.5. Многокомпонентные системы	132
Глава 5. Диффузия	134
5.1. Основные законы диффузии	134
5.2. Коэффициент диффузии	139
5.3. Атомистический механизм диффузии в твердом теле	144
5.4. Корреляционные эффекты	150
5.5. Химическая диффузия	152
5.6. Термодинамический фактор	155
5.7. Диффузия по межзеренным границам	158
5.8. Диффузия в неметаллах: ионные проводники	162
Глава 6. Механические свойства	166
6.1. Основы теории упругости	166
6.2. Кривая течения	170
6.3. Механизмы пластической деформации	175
6.3.1. Кристаллографическое смещение при движении дислокации	175
6.3.2. Механическое двойникование	183
6.4. Критическое разрешенное напряжение сдвига	188
6.4.1. Закон Шмидта	188
6.4.2. Дислокационная модель критического разрешенного напряжения сдвига	191
6.4.2.1. Упругие свойства дислокаций	191
6.4.2.2. Взаимодействие дислокаций	194
6.4.3. Термически активированное движение дислокаций	197
6.5. Упрочнение гранецентрированных монокристаллов под нагрузкой	200
6.5.1. Геометрия деформации	200
6.5.2. Дислокационные модели упрочнения растяжением	203
6.5.3. Диссоциация дислокаций	209
6.6. Прочность и деформация поликристаллов	212
6.7. Механизмы упрочнения	218
6.7.1. Упрочнение твердых растворов	218
6.7.2. Дисперсионное упрочнение	223
6.7.3. Упрочнение при выделении второй фазы	224
6.8. Временная зависимость деформации	227
6.8.1. Сверхпластичность: зависимость напряжения текучести от скорости деформации	227
6.8.2. Ползучесть	230
6.8.3. Неупругость и вязкостная упругость	234
Глава 7. Возврат, рекристаллизация, рост зерен	245
7.1. Процессы обработки металлов. Терминология	245
7.2. Энергетика рекристаллизации	250
7.3. Деформационная микроструктура	253
7.4. Возврат	256
7.5. Зародышеобразование	260
7.6. Миграция межзеренных границ	264
7.7. Кинетика первичной рекристаллизации	267
7.8. Рекристаллизационная диаграмма	271
7.9. Рекристаллизация в гомогенных сплавах	272
7.10. Рекристаллизация в многофазных сплавах	274
7.11. Нормальный рост зерен	275
7.12. Дискретный рост зерен (вторичная рекристаллизация)	279

7.13. Динамическая рекристаллизация	280
7.14. Рекристаллизационные текстуры	284
7.15. Рекристаллизация в неметаллических материалах	285

Глава 8. Затвердевание 286

8.1. Жидкое состояние	286
8.2. Зародышеобразование в твердой фазе	288
8.3. Рост кристаллов	293
8.3.1. Форма кристалла	293
8.3.2. Атомный механизм роста кристаллов	294
8.3.3. Рост кристаллов в расплаве	295
8.3.3.1. Кристаллизация чистых металлов	295
8.3.3.2. Кристаллизация сплавов	298
8.3.3.3. Кристаллизация эвтектических сплавов	300
8.4. Микроструктура литых образцов	303
8.5. Дефекты, обусловленные кристаллизацией	303
8.6. Быстрая закалка металлов и сплавов	305
8.7. Затвердевание стекол и полимеров	307
8.7.1. Ионные кристаллы и стекла	307
8.7.2. Полимеры	308

Глава 9. Фазовые переходы в твердом теле 310

9.1. Чистые металлы	310
9.2. Сплавы	311
9.2.1. Диффузионный контроль фазовых переходов	311
9.2.1.1. Общая классификация	311
9.2.1.2. Термодинамика разложения	312
9.2.1.3. Зародышеобразование и спинодальный распад	316
9.2.1.4. Метастабильные фазы	319
9.2.1.5. Старение	321
9.2.1.6. Кинетика роста частиц выделяющейся фазы	324
9.2.1.7. Эвтектидный распад и дискретные выделения	327
9.2.2. Мартенситные превращения	329
9.2.3. Практические применения	333
9.2.3.1. ВТП-диаграммы	333
9.2.3.2. Технологическая важность мартенситных превращений: примеры	335

Глава 10. Физические свойства 337

10.1. Основы теории электронного строения	337
10.2. Механические и тепловые свойства	342
10.3. Теплопроводность	347
10.4. Электрические свойства	349
10.4.1. Проводники, полупроводники и изоляторы	349
10.4.2. Проводимость металлов	352
10.4.3. Модели электропроводности	356
10.4.4. Сверхпроводимость	358
10.5. Магнитные свойства	362
10.5.1. Диа- и парамагнетизм	362
10.5.2. Ферромагнетизм	364
10.6. Оптические свойства	369
10.6.1. Свет	369
10.6.2. Отражение от металлических поверхностей	370
10.6.3. Изоляторы	371
10.6.3.1. Окраска	371
10.6.3.2. Поглощение	372
10.6.3.3. Фотопроводимость	372
10.6.3.4. Люминесценция	373
10.6.4. Применения	373

Список литературы	375
-----------------------------	-----

Предметный указатель	384
--------------------------------	-----