

УДК 537, 548

Интернет-магазин

MANIFEST

<http://shop.rcd.ru>

- физика
- математика
- биология
- нефтегазовые технологии



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту №06-02-30038.

Ньюнхем Роберт Э.

Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. — 652 с.

Книга посвящена изучению симметрии и связанных с ней физических свойств анизотропных и текстурированных материалов, охватывает обширный диапазон разделов и является хорошим вводным курсом в основы кристаллофизики — науки, изучающей физические свойства кристаллов на основе симметрии. В доступной форме изложено учение о симметрии, симметрии кристаллов, симметрии физических явлений и математических величин: скалярных, векторных и тензорных характеристик материалов. Выявляются общие закономерности, устанавливающие связи между симметрией кристаллов и их физическими свойствами. Даются многочисленные приложения симметрии для описания электрических, оптических, магнитных, акустических и др. свойств материалов.

Книга рассчитана на студентов, молодых специалистов и инженеров, интересующихся кристаллами, их физическими свойствами и областями применения.

ISBN 978-5-93972-634-4

© Oxford University Press 2005

© Перевод на русский язык НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007

Newnham — *Properties of Material Anisotropy Symmetry Structure* was originally published in English in 2004. This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

Ньюнхем Р. Э. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура. Оригинальное издание опубликовано на английском языке в 2004 году. Русскоязычное издание публикуется по соглашению с издательством Oxford University Press.

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие	12
ГЛАВА 1. Введение	14
1.1. Обзор содержания книги	14
1.2. Зависимость свойств от структуры	18
1.3. Симметрия физических свойств	19
1.4. Параметры атомной структуры и плотность вещества	21
ГЛАВА 2. Преобразования	27
2.1. Зачем нужны преобразования?	27
2.2. Осевые преобразования	28
2.3. Условия ортогональности	29
2.4. Произвольный поворот (Эйлеровы углы)	31
ГЛАВА 3. Симметрия	34
3.1. Операции симметрии	34
3.2. Элементы симметрии и стереографические проекции	35
3.3. Точечные группы и их стереограммы	38
3.4. Кристаллографическая номенклатура	43
3.5. Распространение точечных групп	43
ГЛАВА 4. Операторы преобразования для элементов симметрии .	48
4.1. Операторы преобразования для элементов кристаллографической симметрии	48
4.2. Операции преобразования для тридцати двух кристаллографических классов	51
4.3. Стандартные назначения	51
4.4. Симметрия групп Кюри	53
ГЛАВА 5. Тензоры и физические свойства	58
5.1. Физические свойства	58
5.2. Полярные тензоры и тензорные свойства	59
5.3. Свойства, описываемые осевыми тензорами	61

5.4.	Геометрическое представление	62
5.5.	Принцип Неймана	64
5.6.	Аналитическая форма принципа Неймана	65
ГЛАВА 6.	Термодинамические соотношения	68
6.1.	Линейные системы	68
6.2.	Взаимосвязанные взаимодействия: соотношения Максвелла	69
6.3.	Условия измерений	72
ГЛАВА 7.	Удельная теплоемкость и энтропия	76
7.1.	Теплоемкость твердых тел	76
7.2.	Колебания кристаллической решетки	82
7.3.	Энтропия и магнитокалорический эффект	84
ГЛАВА 8.	Пироэлектричество	88
8.1.	Тензоры пироэлектрического и электрокалорического эффектов	88
8.2.	Ограничения симметрии	89
8.3.	Полярные оси	91
8.4.	Геометрическое представление	93
8.5.	Измерение пироэлектрического коэффициента	93
8.6.	Первичный и вторичный пироэлектрические эффекты	95
8.7.	Пироэлектрические материалы	95
8.8.	Температурная зависимость	96
8.9.	Применение в технике	99
ГЛАВА 9.	Диэлектрическая постоянная	102
9.1.	Источники диэлектрической постоянной	102
9.2.	Тензор диэлектрической проницаемости	105
9.3.	Влияние симметрии	109
9.4.	Экспериментальные методы	112
9.5.	Геометрическое представление	118
9.6.	Поликристаллические диэлектрики	122
9.7.	Зависимость свойств от структуры	122
ГЛАВА 10.	Напряжение и деформация	128
10.1.	Механическое напряжение	128
10.2.	Преобразования напряжения	131
10.3.	Тензор деформации	134
10.4.	Преобразование деформации в матричной форме	137

ГЛАВА 11. Тепловое расширение	139
11.1. Влияние симметрии	139
11.2. Методы измерения теплового расширения	142
11.3. Зависимость свойств от структуры	145
11.4. Температурная зависимость	150
ГЛАВА 12. Пьезоэлектричество	154
12.1. Запись в тензорной и матричной формах	154
12.2. Матричные преобразования и закон Неймана	156
12.3. Пьезоэлектрические группы симметрии	160
12.4. Экспериментальные методы	160
12.5. Зависимость свойств от структуры	164
12.6. Гидростатический пьезоэлектрический эффект	170
12.7. Пьезоэлектрическая керамика	174
12.8. Технические пьезоэлектрики: кварцевые кристаллы	177
ГЛАВА 13. Упругость	182
13.1. Тензорные и матричные коэффициенты	182
13.2. Тензорные и матричные преобразования	186
13.3. Соотношения между коэффициентами жесткости и податливости	187
13.4. Влияние симметрии	188
13.5. Технические коэффициенты и методы измерения	192
13.6. Анизотропия: зависимость свойств от структуры	194
13.7. Сжимаемость	199
13.8. Усредненные величины в поликристаллах	200
13.9. Температурные коэффициенты	203
13.10. Кварцевые резонаторы	205
13.10.1. АТ- и ВТ-срезы	207
13.10.2. АС- и ВС-срезы	210
ГЛАВА 14. Магнитные явления	212
14.1. Основные понятия и единицы измерения	212
14.2. Магнитные структуры и обращение времени	215
14.3. Магнитные точечные группы	218
14.4. Магнитные осевые векторы	225
14.5. Намагниченность насыщения и пиромagnetизм	226
14.6. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость	231
14.7. Диамагнитные и парамагнитные кристаллы	233
14.8. Измерение магнитной восприимчивости	236
14.9. Магнитоэлектричество	237

14.10. Пьезомагнетизм	244
14.11. Резюме	249
ГЛАВА 15. Нелинейные явления	251
15.1. Нелинейные диэлектрические свойства	251
15.2. Нелинейные упругие свойства	252
15.3. Электрострикция	257
15.4. Магнитострикция	262
15.5. Моделирование магнитострикции	265
15.6. Магнитострикционные приводы	270
15.7. Электромагнитострикция и псевдопъезоэлектричество	274
ГЛАВА 16. Ферроактивные кристаллы	275
16.1. Формулировка свободной энергии	277
16.2. Сегнетоупругость	279
16.3. Ферромагнетизм	286
16.4. Магнитная анизотропия	289
16.5. Сегнетоэлектричество	296
16.6. Вторичные ферроики: сегнетобиэлектричество и ферробимагнетизм	303
16.7. Вторичные ферроики: сегнетобиупругость и сегнетоупругоэлектричество	306
16.8. Вторичные ферроики: ферромагнитоэлектрики и ферромагнитоэластики	310
16.9. Параметры упорядочения	313
ГЛАВА 17. Удельное электрическое сопротивление	320
17.1. Тензорные и матричные соотношения	320
17.2. Измерение удельного сопротивления	322
17.3. Электродные металлы	324
17.4. Анизотропные проводники	330
17.5. Полупроводники и диэлектрики	333
17.6. Ширина запрещенной зоны и подвижность носителей заряда	336
17.7. Нелинейное поведение: варисторы и термисторы	342
17.8. Квазикристаллы	346
ГЛАВА 18. Удельная теплопроводность	349
18.1. Описание с помощью тензоров и методы измерения	349
18.2. Зависимость от структуры	354
18.3. Зависимость от температуры	357
18.4. Зависимость от магнитных и электрических полей	361

ГЛАВА 19. Диффузия и ионная проводимость	363
19.1. Формулировка определения и запись в тензорной форме	363
19.2. Зависимость свойств от структуры	366
19.3. Ионная проводимость	374
19.4. Ионные сверхпроводники	377
19.5. Встречная (взаимная) диффузия	380
19.5.1. Уравнения двойной диффузии	380
19.5.2. Уравнения тепловой диффузии	381
19.5.3. Электролиз и электронный ветер	382
19.5.4. Влияние механического напряжения	383
ГЛАВА 20. Гальваномангнитные и термомагнитные явления	385
20.1. Гальваномангнитные эффекты	385
20.2. Эффект Холла и магнитосопротивление	389
20.3. Физические основы явлений	392
20.4. Гальваномангнитные эффекты в магнитных материалах	396
20.5. Термомагнитные эффекты	401
ГЛАВА 21. Термоэлектричество	404
21.1. Эффект Зеебека	404
21.2. Эффект Пельтье	405
21.3. Эффект Томсона	407
21.4. Соотношения Кельвина и абсолютная термоэлектродвижущая сила	408
21.5. Технические термоэлектрические материалы	410
21.6. Тензорные соотношения	414
21.7. Зависимость от магнитного поля	416
ГЛАВА 22. Пьезосопротивление	420
22.1. Описание в тензорной форме	420
22.2. Представление в матричной форме	422
22.3. Датчики продольного и поперечного напряжения	424
22.4. Зависимость свойств от структуры	426
ГЛАВА 23. Акустические волны I	429
23.1. Уравнение Кристоффеля	430
23.2. Акустические волны в гексагональных кристаллах	434
23.3. Матричное представление	438
23.4. Изотропные твердые тела и направления чистых волн	441
23.5. Фазовая скорость и групповая скорость	444

ГЛАВА 24. Акустические волны II	449
24.1. Полное акустическое сопротивление	449
24.2. Сверхзвуковое ослабление	450
24.3. Физическая природа ослабления	453
24.4. Поверхностные акустические волны	455
24.5. Упругие волны в пьезоэлектрических средах	458
24.6. Нелинейная акустика	464
ГЛАВА 25. Кристаллооптика	471
25.1. Электромагнитные волны	471
25.2. Оптическая индикатриса и способы измерения показателя преломления	476
25.3. Волновые нормали и направления луча	480
25.4. Зависимость свойств от структуры	483
25.5. Двойное лучепреломление и кристаллическая структура	487
ГЛАВА 26. Дисперсия и поглощение	493
26.1. Дисперсия	493
26.2. Поглощение, цвет и дихроизм	498
26.3. Отражательная способность и блеск	505
26.4. Термооптический эффект	506
ГЛАВА 27. Фотоупругость и акустооптика	510
27.1. Основные понятия	510
27.2. Фотоупругость	511
27.3. Статические измерения методом фотоупругости	513
27.4. Акустооптика	516
27.5. Анизотропные среды	519
27.6. Реальные акустооптические материалы	520
ГЛАВА 28. Электрооптические явления	523
28.1. Линейный электрооптический эффект	524
28.2. Эффект Поккельса в ДФК и ДФА	528
28.3. Коэффициенты линейного электрооптического эффекта	533
28.4. Квадратический электрооптический эффект	537
ГЛАВА 29. Нелинейная оптика	542
29.1. Зависимость свойств от структуры	543
29.2. Запись в тензорной форме и преобразование частоты	545
29.3. Генерация второй гармоники	547
29.4. Согласование фаз	552

29.5. Генерация третьей гармоники	557
ГЛАВА 30. Оптическая активность и энантиоморфизм	563
30.1. Молекулярный механизм	563
30.2. Описание с помощью тензоров	566
30.3. Влияние симметрии	569
30.4. Связь с энантиоморфизмом	574
30.5. Жидкости и жидкие кристаллы	577
30.6. Дисперсия и круговой дихроизм	585
30.7. Электровращение, пьезовращение и термовращение	588
ГЛАВА 31. Магнитооптика	592
31.1. Эффект Фарадея	592
31.2. Описание с помощью тензоров	595
31.3. Эффект Фарадея в магнитных материалах, работающих в диапазоне СВЧ	597
31.4. Магнитооптические носители информации	600
31.5. Магнитный круговой дихроизм	604
31.6. Нелинейные магнитооптические эффекты	606
31.7. Магнитоэлектрические оптические явления	609
ГЛАВА 32. Химическая анизотропия	613
32.1. Морфология кристаллов	613
32.2. Скорость роста	616
32.3. Рост кристаллов и кристаллическая структура	619
32.4. Поверхностные структуры и преобразования поверхностей	622
32.5. Фигуры травления и отношения симметрии	623
32.6. Микрообработка кварца и кремния	630
32.7. Описание с помощью тензоров	634
Литература	637
Предметный указатель	644