

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	10
Предисловие редактора перевода	12
Введение: особые свойства как результат наноразмерности	15
Ссылки	26
Глава 1. Технологии наночастиц и их применение	29
1.1. Введение	29
1.2. Промышленное производство наночастиц	32
1.3. Процессы синтеза и производства наночастиц	36
1.3.1. Нисходящие процессы	36
1.3.2. Восходящие процессы	45
1.4. Промышленное использование наночастиц	52
1.4.1. Получение углеродных нанотрубок	52
1.4.2. Получение оксида металла (ZnO)	58
1.5. Применение наночастиц	60
1.6. Тенденции в производстве наночастиц	62
1.7. Ссылки на специализированные и полезные веб-сайты	62
1.8. Ссылки	63
Глава 2. Нанометрические архитектуры: возникновение эффективной некристаллической организации атомов в наноструктуре	70
2.1. Введение	70
2.2. Упаковки одинаковых сфер	73
2.2.1. Шесть образцов	74
2.3. Исследование структуры: функция кругового распределения	75
2.4. Местные рисунки и ориентационная симметрия	75
2.4.1. Двухмерные упаковки и геометрическая фрустрация	77
2.4.2. Местная вращательная симметрия	78
2.5. Разбор структуры: местная геометрическая организация	79
2.5.1. Формы Вороного	79
2.5.2. Общие «соседи»	81
2.5.3. Исследование плотных местных упаковок	81
2.5.4. Распределение двугранных углов	82
2.6. Упаковка тетраэдров	84
2.7. Структурная организация и упаковочная фракция	86

2.7.1. «Соседи» в контакте	87
2.7.2. Совместимость и плотность: фильтрация жесткости	88
2.8. Упаковочная иерархия: топологическая структура за пределами «соседей» первого порядка	90
2.8.1. Анализ оболочки	91
2.8.2. Сетевое взаимодействие	93
2.9. Может ли неупорядоченность быть более эффективной?	93
2.9.1. Эффективность упаковки	94
2.9.2. Изопериметрическое частное	97
2.10. Заключение	98
2.11. Благодарности	99
2.12. Ссылки	99

Глава 3. Изучение наноструктуры с использованием электронно-лучевых технологий

электронно-лучевых технологий	103
3.1. Введение	103
3.2. Подготовка материала	107
3.2.1. Система сфокусированного ионного луча	107
3.2.2. Ультрамикротомия	108
3.3. Наноанализ	109
3.3.1. Рентгеновская спектрометрия на основе метода энергетической дисперсии	110
3.3.2. Электронная спектроскопия энергетических потерь	113
3.3.3. Нанодифракция	114
3.3.4. Энергетическая фильтрация	115
3.4. Отображение	116
3.4.1. Томография	116
3.4.2. Скорректированные измерительные средства	118
3.5. Тенденции	120
3.5.1. Улучшенное разрешение	120
3.5.2. Автоматизированная микроскопия	120
3.5.3. Выводы	122
3.6. Благодарности	123
3.7. Ссылки	123

Глава 4. Органические нанокompозитные мембраны с неорганическими добавками для процессов молекулярного разделения

молекулярного разделения	129
4.1. Введение	129
4.2. Проницаемость плотных мембран	131

4.3. Проницаемость композитных материалов	131
4.4. Исследование нанокompозитной мембраны	133
4.4.1. Ранние исследования	133
4.4.2. Современные нанокompозитные мембраны	139
4.5. Выводы и тенденции	153
4.6. Ссылки	155
Глава 5. Разработка ионных проводников на основе наноструктурных полимеров	160
5.1. Введение	160
5.2. Полимерные электролиты	161
5.3. Композитные электролиты	165
5.3.1. Нанокompозитные наполненные полимерные электролиты	166
5.3.2. Нанокompозитные полимерные гелевые электролиты	171
5.3.3. Нанокompозитные полиэлектролитные гели	173
5.4. Вывод	178
5.5. Ссылки	178
Глава 6. Наноструктуры в биологических материалах	184
6.1. Введение	184
6.2. Наноструктуры биологических материалов	186
6.2.1. Параллельные наноструктуры костеподобных материалов	186
6.2.2. Конвергентные поверхностные биологические наноструктуры	190
6.3. Механика наноструктур костеподобных материалов	193
6.3.1. Устойчивость наноструктуры кости и модели для ее определения	193
6.3.2. Прочность минеральных пластин	197
6.3.3. Энергия разрушения биокомпозитов	200
6.4. Механика поверхностной наноструктуры геккон-подобных материалов	205
6.4.1. Модели контактной механики Джонсона—Кендалла—Роберта (ДКР)	205
6.4.2. Насыщение прочности адгезии шпателя в наномасштабе	210
6.4.3. Энергия адгезии решеток шпателя	212
6.4.4. Антигруппирование структуры «шпатель»	214
6.5. Выводы	216
6.6. Тенденции	219

6.7. Благодарности	219
6.8. Ссылки	220
Глава 7. Механические характеристики металлических многослойных наноматериалов	225
7.1. Введение	225
7.2. Методы синтеза металлических многослойных наноматериалов	226
7.3. Обзор механизмов упрочнения	231
7.3.1. Модель Холла—Петча	231
7.3.2. Одиночная дислокация	233
7.4. Зависимость прочности многослойных наноматериалов от толщины слоя	235
7.5. Моделирование поведения одиночной дислокации	238
7.5.1. Ограниченное скольжение слоя	238
7.5.2. Пересечение границы раздела	243
7.6. Пластическая деформация многослойных наноматериалов	248
7.7. Выводы	260
7.8. Благодарности	263
7.9. Ссылки	263
Глава 8. Подготовка монокристаллических нанокристаллических керамик	267
8.1. Введение	267
8.2. Синтез неметаллических неорганических наночастиц	272
8.2.1. Методы получения порошков в больших количествах	273
8.2.2. Характеристики порошка, оказывающие влияние на объемные свойства	277
8.3. Формирование нанокерамических тел	278
8.3.1. Проблемы в обработке нанопорошка	279
8.3.2. Методы сухого сжатия	282
8.3.3. Методы влажной обработки	284
8.4. Уплотнение	289
8.4.1. Стратегии агломерации для ограниченного роста зерна	289
8.4.2. Агломерация без давления	291
8.4.3. Горячее изостатическое сжатие	293
8.4.4. Неосевое горячее сжатие	295
8.4.5. Горячее сжатие при наличии жидкой фазы	296

8.4.6. Агломерационная ковка	297
8.4.7. Агломерация пульсирующим электрическим током	300
8.5. Особые свойства и применение	307
8.6. Выводы и тенденции	310
8.7. Ссылки	311
Глава 9. Нанопроектирование металлических материалов	322
9.1. Введение	322
9.2. Нанопроектирование металлических материалов	323
9.2.1. Эффект Холла—Петча	323
9.2.2. Роль нанопрепятствий и управление ими	324
9.2.3. Связь «обработка — структура — свойства — стоимость»	324
9.2.4. Получение нанометаллов и наносплавов	324
9.3. Дисперсионноупрочненные сплавы	325
9.3.1. Химия и конструкция сплава в дисперсионном упрочнении алюминиевых сплавов	329
9.3.2. Термическая обработка	333
9.4. Высокопрочные низколегированные стали	335
9.4.1. Обработка зерна и влияние ниобия и ванадия на свойства высокопрочных низколегированных сталей	338
9.4.2. Дисперсионное упрочнение в высокопрочных низколегированных сталях	339
9.5. Механическое сплавление	340
9.5.1. Механическое сплавление	340
9.5.2. Структура первого типа: получение нанокристаллических или аморфных порошков для улучшения качества последовательной обработки, когда конечный материал не является нанокристаллической структурой	346
9.5.3. Структура второго типа: получение нанокристаллических или аморфных порошков, когда конечный материал обладает нанокристаллической структурой или структурно однороден	347
9.5.4. Структура третьего типа: получение нанокристаллических или аморфных порошков, когда конечный материал структурно неоднороден и содержит нанокристаллические или аморфные области	348

9.6. Аморфные твердые материалы и контроль кристаллизации при быстром отвердевании	349
9.6.1. Технологии быстрого отвердевания (ТБО).....	350
9.6.2. Применение аморфных сплавов.....	353
9.6.3. Применение нанокристаллических сплавов	355
9.7. Тенденции	356
9.8. Ссылки	358
Глава 10. Использование магнитного резонанса для изучения наноосаждения в легких металлических сплавах	364
10.1. Введение. Дисперсное упрочнение легких металлических сплавов	364
10.1.1. Методы изучения механизмов дисперсионного упрочнения	367
10.2. Ядерно-магнитный резонанс	368
10.2.1. Общие сведения о ядерно-магнитном резонансе	368
10.3. Спектры ядерно-магнитного резонанса сплавов	373
10.3.1. Воздействие температуры	375
10.3.2. Воздействие микросплавления	376
10.4. Выводы	381
10.5. Ссылки	382
Глава 11. Нанокристаллические легкие металлические гидриды для накопления водорода	384
11.1. Введение.....	384
11.2. Производство нанокристаллических легких металлических гидридов	385
11.3. Процессы абсорбции и десорбции водорода	386
11.4. Нанокристаллические магниевые гидриды	387
11.4.1. Создание микроструктуры, минимального размера зерна.....	387
11.4.2. Воздействие микроструктурной обработки на кинетику реакции и сравнительная характеристика с крупнозернистыми гидридами	388
11.4.3. Термическая стабильность нанокристаллической структуры	390
11.4.4. Дополнительное воздействие катализаторов на кинетику реакции нано-Mg	392
11.4.5. Факторы, позволяющие выявить наилучшие катализаторы для сорбции водорода в нанокристаллическом магнии.....	401
11.4.6. Термодинамические свойства магния и магниевых сплавов	408



11.4.7. Выводы.....	410
11.5. Нанокристаллические аланаты	410
11.6. Оценка технического потенциала нанокристаллических гидридов	416
11.6.1. Использование высокоэнергетического измельчения для получения большого количества наноматериалов	417
11.6.2. Сравнение кинетических свойств с требованиями.....	419
11.6.3. Длительная циклическая стабильность.....	419
11.6.4. Сравнение с другими материалами—носителями водорода	422
11.6.5. Интеграция гидридов для реализации законченных системных решений	423
11.7. Тенденции	424
11.8. Ссылки	426
Глава 12. Наномонтаж	430
12.1. Введение.....	430
12.2. Наноматериалы — нисходящий и восходящий подходы	431
12.3. Технологии производства — аддитивный и субтрактивный методы	432
12.4. Технологии, основанные на литографии.....	434
12.4.1. Электронолитография	434
12.4.2. Литография сфокусированным ионным лучом.....	436
12.4.3. Лазерная литография.....	438
12.4.4. Интерферометрическая литография.....	440
12.4.5. Мягкая литография	442
12.5. Технологии осаждения	447
12.5.1. Осаждение «золь-гель»	448
12.5.2. Химическое осаждение из паровой фазы.....	450
12.6. Получение нанопроводов.....	452
12.6.1. Шаблонный синтез.....	454
12.6.2. Электрохимическое пошаговое окрашивание.....	455
12.7. Тенденции	458
12.8. Ссылки	459
Дополнение 1. Перспективные Инструменты нанотехнологий	464
Дополнение 2. Существует ли цвет в наномире? (о возможностях оптических методов за пределом дифракции).....	479