

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора	9
Глава 1. Что такое нанотехнология	12
1.1. Определения и общие представления	13
1.1.1. Общепринятые определения	13
1.1.2. К общим представлениям о нанотехнологии	15
1.2. Наглядное определение нанотехнологии	17
1.3. Краткая история нанотехнологии	18
1.3.1. Ультрапрецизионное производство	20
1.3.2. Производство полупроводников и микротехнология	21
1.3.3. Наночастицы	22
1.4. Биология как парадигма	23
1.5. Почему нанотехнология?	24
1.5.1. Новые комбинации свойств	26
1.5.2. Миниатюризация устройств: расширение функциональных возможностей	27
1.5.3. Универсальная технология производства	28
1.6. Выводы	29
1.7. Дополнительные источники	29
Глава 2. Наношкала	30
2.1. Размер атомов	33
2.2. Молекулы и поверхности	33
2.3. Образование зародышей	36
2.4. Химическая реакционная способность	38
2.5. Электронные и оптические свойства	41
2.6. Магнитные и ферроэлектрические свойства	45
2.7. Механические свойства	47

2.8. Значение и распространение малых размеров	49
2.9. Выводы	53
2.10. Дополнительные источники	54
Глава 3. Силы, действующие в масштабе нанoshкалы	55
3.1. Казимировы силы	56
3.2. Внутримолекулярные взаимодействия	57
3.2.1. Концепция поверхностного натяжения	57
3.2.2. Критика формализации поверхностного натяжения	62
3.2.3. Экспериментальное определение поверхностного натяжения отдельного вещества	63
3.2.4. Смачивание и несмачиваемость	64
3.2.5. Масштабы длины при определении поверхностного натяжения	65
3.2.6. Условия изменения смачиваемости	66
3.3. Капиллярная сила	66
3.4. Гетерогенные поверхности	67
3.4.1. Смачивание на шероховатых и химически негомогенных поверхностях	68
3.4.2. Тройное взаимодействие	70
3.5. Конкурирующие слабые взаимодействия	71
3.6. Кооперативный эффект	71
3.7. Перколяция	72
3.8. Структура воды	74
3.9. Выводы	75
3.10. Дополнительные источники	76
Глава 4. Нано/био интерфейс	77
4.1. «Физический интерфейс» нано/био	80
4.1.1. Организмы	80
4.1.2. Ткани	81
4.1.3. Клетки	82
4.1.4. Биомолекулы	88
4.2. Наномедицина	91
4.2.1. Концептуальная система для наномедицины	92
4.2.2. Более широкое значение	96
4.3. Нанотоксикология	97
4.4. Выводы	100
4.5. Дополнительные источники	101
Глава 5. Нанометрология	102
5.1. Методы измерения рельефа поверхности	104
5.1.1. Контактные методы	104
5.1.2. Неконтактные (оптические) методы	109

5.2. Химическая структура поверхности (хемография)	113
5.3. Метрология самосборки	116
5.4. Представление текстуры	118
5.4.1. Шероховатость	118
5.4.2. Одномерная текстура	120
5.4.3. Двухмерная текстура: лакунарность	125
5.5. Метрология нано/био интерфейса	126
5.5.1. Определение наноструктуры протеиновых корон	127
5.5.2. Измерение адгезии клетки: взаимодействие исчезающего поля с клеткой	127
5.5.3. Схемы оптических измерений	130
5.5.4. Волноводы обратной волны	132
5.5.5. Интерпретация изменений эффективного индекса рефракции	133
5.5.6. Интерпретация изменений ширины связанных максимумов	134
5.6. Выводы	135
5.7. Дополнительные источники	136
Глава 6. Наноматериалы и их производство	137
6.1. Наночастицы	139
6.1.1. Измельчение и дисперсия	140
6.1.2. Образование зародышей и их рост	141
6.2. Нановолокна	145
6.3. Нанопокртия и ультратонкие покрытия	146
6.3.1. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ)	147
6.3.2. Пленки Ленгмюра	147
6.3.3. Самособирающиеся монослои (ССМ — SAMs)	151
6.4. Кристаллизация и супрамолекулярная химия	154
6.5. Композиты	155
6.5.1. Смеси полимеров с нанообъектами	156
6.5.2. Композиты металл–матрица	160
6.5.3. Саморемонтирующиеся композиты	162
6.5.4. Наножидкости для теплопереноса	163
6.5.5. Попеременное осаждение из полиэлектrolитов	164
6.6. Выводы	167
6.7. Дополнительные источники	167
Глава 7. Нанустройства	168
7.1. Проблемы миниатюризации	170
7.2. Обработка цифровой информации	173
7.3. Квантовые вычисления	177
7.4. Электронные устройства	180
7.4.1. Баллистический транспорт	180

7.4.2. Обедненные слои	181
7.4.3. Одноэлектронные устройства	181
7.4.4. Молекулярные электронные устройства	187
7.4.5. Клеточные автоматы на квантовых точках	188
7.5. Тенденции в миниатюризации электронных устройств	190
7.6. Спинтроника (магнитные устройства)	192
7.6.1. Сверхчувствительные магнитные сенсоры	193
7.6.2. Другие устройства памяти	195
7.6.3. Спин-зависимые транзисторы	196
7.6.4. Логика одиночного спина	196
7.7. Фотонные устройства	197
7.8. Механические устройства	200
7.9. Жидкостные устройства	203
7.9.1. Миксеры и реакторы	206
7.9.2. Химические и биохимические сенсоры	206
7.9.3. Устройства преобразования энергии	208
7.10. Выводы	209
7.11. Дополнительные источники	210
Глава 8. Нанофактура устройств	211
8.1. Методы топ-даун (top-down)	212
8.1.1. Технология полупроводников	212
8.1.2. Эпитаксия с различными постоянными кристаллических решеток	214
8.1.3. Электростатическое осаждение распылением (ESD)	215
8.1.4. Фелтинг	215
8.1.5. Ультрапрецизионные технологии	216
8.2. Методы восходящей разработки (bottom-up)	217
8.2.1. Самосборка	217
8.2.2. Термодинамика самоорганизации	221
8.2.3. «Добротность» организации	223
8.2.4. Смеси частиц	224
8.2.5. Смешанные полимеры	225
8.2.6. Блок-сополимеры	226
8.2.7. Добавление частиц к границе раздела «твердое/жидкое»	227
8.2.8. Программируемая самосборка	233
8.2.9. Суперсферы	234
8.2.10. Биологическая самосборка	235
8.2.11. Сворачивание (фолдинг) биополимеров	237
8.2.12. Биологический рост	239
8.2.13. Самосборка как производственный процесс	240
8.3. Методы «bottom-to-bottom» (технология механосинтеза)	242

8.3.1. Tip-based нанопроизводство	243
8.3.2. Наноблоки	245
8.3.3. Dip Pen нанолитография	246
8.4. Выводы	246
8.5. Дополнительные источники	248
Глава 9. Наноматериалы и устройства на основе углерода	249
9.1. Графен	251
9.2. Углеродные нанотрубки	251
9.3. Углеродные наночастицы (фуллерены)	255
9.4. Применение материалов	256
9.5. Устройства и их компоненты	257
9.6. Выводы	259
9.7. Дополнительные источники	259
Глава 10. Наносистемы и их конструирование	260
10.1. Системы	260
10.2. Выбор материалов	261
10.3. Дефекты в наночастицах	263
10.4. Пространственное распределение дефектов	265
10.5. Стратегия преодоления отказов компонентов	266
10.6. Компьютерное моделирование	267
10.7. «Эволюционное» конструирование	268
10.8. Критерии оценки рабочих характеристик	272
10.9. Увеличение масштабных размеров	272
10.10. Стандартизация	273
10.11. Творческое конструирование	274
10.12. Технологичность	274
10.13. Выводы	275
10.14. Дополнительные источники	276
Глава 11. Бионанотехнология	277
11.1. Структурная природа биомолекул	279
11.2. Некоторые основные характеристики биологических молекул	280
11.3. Механизм биологических машин	281
11.3.1. Биологические моторы	283
11.3.2. Микротрубчатые сборки и разборки	285
11.3.3. Затраты на обеспечение контроля	286
11.4. ДНК как конструкционный материал	287
11.5. Биосенсоры	288
11.6. Биопотонные устройства	289
11.7. Выводы	291
11.8. Дополнительные источники	292

Глава 12. Воздействие нанотехнологии	293
12.1. Технические революции	295
12.2. Научное воздействие	299
12.3. Технические воздействия	300
12.3.1. Информационные технологии	300
12.3.2. Энергия	301
12.3.3. Здоровоохранение	304
12.4. Вклад в промышленность и экономику	309
12.5. Вклад в защиту окружающей среды	312
12.6. Вклад в социальные аспекты	313
12.6.1. Регулирование	314
12.6.2. Вклад в военную сферу	314
12.6.3. Техническая грамотность	315
12.6.4. Образование	316
12.7. Вклад в индивидуальную психологию	316
12.8. Некоторые вопросы этики	317
12.9. Выводы	318
12.10. Дополнительные источники	319
Приложение. Нано-неологизмы	320
Список сокращений	325
Список литературы	327