

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. Формы углерода: новые материалы XXI в.	15
1.1. Введение	15
1.2. Новые углеродные наноструктуры: фуллерены, углеродные луковичи, нанотрубки и др.	17
1.2.1. Открытие фуллеренов и их массовое производство	17
1.2.2. От гигантских фуллеренов к графитовым луковицам	18
1.2.3. Углеродные нанотрубки	18
1.3. Будущее углеродных наноструктур: сферы практического применения и новые технологии	26
1.3.1. Источники полевой эмиссии.	26
1.3.2. Наконечники сканирующих зондов.	27
1.3.3. Литий-ионные аккумуляторные батареи	27
1.3.4. Электрохимические устройства: конденсаторы повышенной емкости и электростатические возбудители.	27
1.3.5. Молекулярные сенсоры	28
1.3.6. Нанокompозиты углерод/углерод: соединение и сращивание углеродных нанотрубок	28
1.3.7. Хранение газов и водорода.	29
1.3.8. Электронные устройства на основе углеродных нанотрубок	29
1.3.9. Биологические устройства.	30
1.3.10. Полимерные композиты на основе углеродных нанотрубок	30
1.3.11. Керамические композиты на основе углеродных нанотрубок.	30
1.3.12. Многослойные углеродные нанотрубки с покрытием	30
1.4. Выводы и перспективы	31
Глава 2. Неорганические нанонити	37
2.1. Введение	37
2.2. Синтез неорганических наноструктур с высоким соотношением линейных размеров	40
2.2.1. Низкотемпературное химическое осаждение кремниевых нанонитей из паровой фазы	40
2.2.2. Синтез наностержней RuO ₂ в растворе	45
2.2.3. Физические методы синтеза наностержней SiC и нанонитей NiS — MoS ₂	48
2.3. Перспективы.	53
Глава 3. Многослойные структуры: палитра для создателя материалов	59
3.1. Введение	59
3.2. Мультислои	61
3.3. Электронная микроскопия.	64
3.4. Твердые покрытия	65
3.4.1. Мультислои TiN/NbN: случай, когда пластическое течение ограничено в пределах каждого слоя	69



3.4.2. Мультислои TiN/SiN _x : случай, когда прерывается столбчатый рост.	72
3.4.3. Снова мультислои TiN/SiN _x : случай, когда наблюдается совершенно новое (в массиве не наблюдающееся вовсе) поведение при чрезвычайно малой толщине слоев	73
3.5. Металлические магнитные мультислои	75
3.6. Выводы и перспективы	79
Глава 4. Природа как великий инженер	83
4.1. Природа вдохновляет инженера	83
4.2. Природа помогает инженеру.	86
4.3. Природа становится инженером	101
4.3.1. Будущее	101
Глава 5. Супрамолекулярная химия: создание наноразмерных систем «снизу вверх»	107
5.1. Введение	107
5.2. Молекулярное распознавание	108
5.3. Самосборка	112
5.4. Самосборка и ковалентная модификация	116
5.5. Супрамолекулярные методы создания молекулярных машин	118
5.6. Выводы	122
Глава 6. Молекулярная самосборка: набор инструментов для конструирования на нанометровом уровне.	126
6.1. Введение	126
6.2. Функционализированные поверхности	130
6.3. Разветвленные комплексы на основе ДНК	141
6.4. Манипулирование ДНК с использованием электрических полей	146
6.5. Выводы и направления будущих исследований.	150
Глава 7. Исследование туннельного транспорта через белки на молекулярном уровне	163
7.1. Введение	163
7.2. Молекулярная электроника	165
7.3. Сборка белков на электроактивных поверхностях	167
7.4. Туннельный транспорт электронов через белок при сканирующей туннельной микроскопии	168
7.5. Исследование проводимости белка атомно-силовым микроскопом с проводящим зондом	170
7.5.1. Туннельный транспорт в условиях низкой и умеренной нагрузки	171
7.5.2. Модуляция проводимости белка при умеренной нагрузке	176
7.5.3. Доступ к металлическим состояниям: отрицательное дифференциальное сопротивление	178
7.6. Выводы	181
Глава 8. Два рубежа современной электротехники: размер и частота.	189
8.1. Введение: размерные и частотные пределы для современных электронных систем	189
8.2. Работа с отдельным электроном.	191
8.2.1. Удержание электронов.	191
8.2.2. Электронные насосы и вентили.	196
8.2.3. Поверхностно-акустические волновые устройства	198
8.3. Пикосекундная электроника	201

8.3.1. Возбуждение и регистрация	201
8.3.2. Передача сигналов	204
8.3.3. Пассивные устройства, фильтры и нагрузка диэлектриком	205
8.4. Перспективы	207
Глава 9. Создание квантовых устройств методом стираемой электростатической литографии	211
9.1. Квантовые устройства	212
9.1.1. Изготовление	213
9.2. Методы сканирующей зондовой литографии	217
9.2.1. Локальное анодное окисление	217
9.2.2. Скрайбирование	218
9.2.3. Манипулирование отдельными атомами	219
9.3. Стираемая электростатическая литография	219
9.3.1. Описание результатов стираемой электростатической литографии	222
9.3.2. Перспективные разработки	225
9.4. Квантовые устройства и сканирующие зонды	226
9.4.1. Квантовые нити	227
9.4.2. «Квантовые бильяры»	229
9.4.3. Квантовые кольца	231
9.4.4. Устройства будущего	232
Глава 10. Сверхбыстрые намагниты: новый подход к хранению данных	237
10.1. Введение	238
10.2. Из чего состоит магнит?	239
10.3. В чем проявляются особенности намагнитов?	241
10.4. Технологии записи и факторы ограничения скорости	245
10.5. Наблюдение сверхбыстрой динамики намагниченности	248
10.6. Контроль над прецессией	250
10.7. Оптическая модификация спонтанного намагничивания	253
10.8. Перспективы	255
Глава 11. Микроскопия ближнего поля: наномир в объективе	261
11.1. Введение	261
11.1.1. Потребность в оптической микроскопии на нанометровом уровне	261
11.1.2. Преодоление дифракционного порога	262
11.1.3. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля	263
11.1.4. Нанооптика: путь к нанометровому оптическому разрешению	264
11.2. Апертурная сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля	266
11.2.1. Применение	266
11.2.2. Флуоресцентная микроскопия ближнего поля для светозмиссионных полимерных смесей	267
11.2.3. Остерегайтесь артефактов	268
11.3. Безапертурная оптическая микроскопия ближнего поля: возможность получения оптического изображения в истинно нанометровом разрешении	269
11.3.1. Оптическая микроскопия ближнего поля с металлическим или диэлектрическим зондом	270
11.3.2. «Одномолекулярные» флуоресцентные зонды для сканирующей оптической микроскопии ближнего поля	271
11.4. Спектроскопия с усилением зондом	272
11.4.1. Рамановское рассеивание с усилением зондом	272



11.4.2. Флуоресценция с усилением зондом.	273
11.5. Перспективы	274
Глава 12. Маленькие предметы — ярко и четко: распознавание флуоресценции	
отдельной молекулы.	279
12.1. Введение	279
12.1.1. Принципы	281
12.1.2. Зонды	283
12.1.3. Схемы возбуждения	284
12.1.4. Коллимирующая оптика	286
12.1.5. Детекторы	288
12.2. Методы распознавания	290
12.2.1. Распознавание отдельной молекулы по отличительным характеристикам	290
12.2.2. Антигруппировка фотонов	292
12.2.3. Продолжительность флуоресценции	292
12.2.4. Поляризационная спектроскопия	294
12.2.5. Широкоугольная съемка ориентации	295
12.2.6. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия	296
12.2.7. Спектральная диффузия	299
12.2.8. Флуоресцентный резонансный перенос энергии	300
12.2.9. Локализация одиночной молекулы	301
12.3. Заключение	303
Предметный указатель	311