

# Содержание

Предисловие к изданию на русском языке .....	14
Предисловие Neal Lane.....	16
Предисловие James R. Heath .....	18
Предисловие ко второму изданию .....	20
Список сокращений .....	23
<b>1. Введение в нанотехнологию</b>	
Bharat Bhushan .....	33
1.1. Нанотехнология — определения и примеры.....	33
1.2. Предпосылки и финансирование нанотехнологий.....	36
1.3. Уроки природы (бионика) .....	39
1.4. Применение нанотехнологии в различных областях.....	41
1.5. Проблемы в области нанотехнологий.....	42
1.6. Подготовка кадров для нанотехнологии.....	44
1.7. Построение справочника .....	44
<b>Литература</b> .....	45
 <b>Часть А. Наноструктуры, Микро/Нанотехнологии и материалы</b>	
<b>2. Синтез и приложения наноматериалов: молекулярные приборы</b>	
Françisco M. Raymo .....	48
2.1. Химические подходы в технологии наноструктурированных материалов ....	49
2.1.1. От молекулярных строительных блоков к наноструктурам .....	49
2.1.2. Наноразмерные биомолекулы: нуклеиновые кислоты и белки.....	49
2.1.3. Химические синтезы искусственных наноструктур .....	51
2.1.4. От структурного регулирования к планированию свойств и функций ...	54
2.2. Молекулярные ключи и логические элементы .....	56
2.2.1. От макроскопического к молекулярному коммутатору.....	56
2.2.2. Цифровая обработка и молекулярные логические элементы .....	57
2.2.3. Молекулярные логические элементы И, НЕ и ИЛИ.....	57
2.2.4. Комбинационные логические схемы на молекулярном уровне .....	59
2.2.5. Межмолекулярная связь .....	61
2.3. Твердотельные приборы.....	66
2.3.1. От функциональных растворов к твердым материалам, чувстви- тельным к световым и электрическим воздействиям .....	67
2.3.2. Пленки Ленгмюра–Блоджетта .....	68
2.3.3. Самосборочные монослой .....	73
2.3.4. Нанозазоры и нанопроволоки.....	78
2.4. Заключение и перспективы развития .....	83
<b>Литература</b> .....	85

### 3. Углеродные нанотрубки. Введение

Marc Monthieux, Philippe Serp, Emmanuel Flahaut,

Manitra Razafinimanana, Christophe Laurent, Alain Peigney,

Wolfgang Bacsá, Jean-Marc Broto.....	89
3.1. Структура углеродных нанотрубок .....	90
3.1.1. Однослойные нанотрубки .....	90
3.1.2. Многослойные нанотрубки .....	94
3.2. Синтез углеродных нанотрубок .....	97
3.2.1. Методы синтеза углеродных нанотрубок из твердого углерода .....	97
3.2.2. Методы синтеза углеродных нанотрубок из газообразного углеродного источника .....	109
3.2.3. Прочие методы .....	117
3.3. Механизмы роста углеродных трубок .....	121
3.3.1. Рост без катализатора .....	121
3.3.2. Каталитический рост .....	121
3.4. Свойства углеродных нанотрубок.....	126
3.4.1. Краткий обзор.....	127
3.4.2. Общие свойства SWNTs .....	127
3.4.3. Адсорбционные свойства SWNT .....	127
3.4.4. Электрические и оптические свойства.....	131
3.4.5. Механические свойства .....	133
3.4.6. Химическая активность .....	133
3.5. Нанообъекты на основе углеродных нанотрубок .....	135
3.5.1. Гетеронанотрубки .....	135
3.5.2. Гибридные углеродные нанотрубки .....	135
3.5.3. Функцилизованные нанотрубки .....	140
3.6. Применение углеродных нанотрубок.....	143
3.6.1. Текущие приложения .....	143
3.6.2. Ожидаемые применения нанотрубок, связанные с их абсорбционными свойствами .....	149
3.6.3. Ожидаемые приложения нанотрубок, связанные с композитными системами .....	156
3.7. Заключительные замечания .....	167

<b>Литература</b> .....	167
-------------------------	-----

### 4. Нанопроволоки

Mildred S. Dresselhaus, Yu-Ming Lin, Oded Rabin, Marcie R. Black,

Jing Kong, Gene Dresselhaus .....	193
4.1. Синтез.....	195
4.1.1. Синтез с использованием опорного трафарета .....	195
4.1.2. Метод VLS синтеза нанопроволок .....	201
4.1.3. Другие методы синтеза.....	204
4.1.4. Иерархические структуры и сверхструктуры нанопроволок .....	206
4.2. Структурные и физические свойства нанопроволок .....	209
4.2.1. Структурные свойства.....	209
4.2.2. Механические свойства .....	215
4.2.3. Свойства явлений переноса.....	217
4.2.4. Оптические свойства .....	232

4.3.	Приложения.....	238
4.3.1.	Приложения в электронике.....	238
4.3.2.	Термоэлектрические приложения.....	240
4.3.3.	Оптические приложения.....	243
4.3.4.	Химические и биохимические датчики.....	246
4.3.5.	Магнитные приложения.....	248
4.4.	Заключительные замечания.....	249
<b>Литература</b> .....		249
<b>5. Методы синтеза массивов наностержней и нанопроволок с использованием опорного трафарета</b>		
Huamei (Mary) Shang, Guozhong Cao.....		262
5.1.	Метод, основанный на опорном трафарете.....	263
5.2.	Электрохимическое осаждение.....	264
5.2.1.	Металлы.....	266
5.2.2.	Полупроводники.....	268
5.2.3.	Проводящие полимеры.....	268
5.2.4.	Оксиды.....	269
5.3.	Электрофорезное осаждение.....	270
5.3.1.	Поликристаллические оксиды.....	272
5.3.2.	Монокристаллические массивы наностержней из оксидов, полученные изменением показателя pH.....	274
5.3.3.	Массивы монокристаллических наностержней из оксидов, полученные агрегированием на основе гомогенной эпитаксии.....	275
5.3.4.	Нанопроволоки и нанотрубки фуллеренов и метафуллеренов.....	276
5.4.	Заполнение пор трафаретной пластины.....	277
5.4.1.	Заполнение коллоидной дисперсией (золем).....	277
5.4.2.	Заполнение расплавом и раствором.....	278
5.4.3.	Центрифугирование.....	279
5.5.	Синтез путем реакции с опорными элементами.....	279
5.6.	Резюме и заключительные комментарии.....	280
<b>Литература</b> .....		281
<b>6. Формирование трехмерных наноструктур ионно-лучевым химическим осаждением из газовой фазы</b>		
Shinji Matsui.....		287
6.1.	Формирование трехмерных наноструктур.....	288
6.1.1.	Технология формирования.....	288
6.1.2.	Системы генерации трехмерного изображения.....	290
6.2.	Нанoeлектромеханика.....	292
6.2.1.	Измерение модуля Юнга.....	292
6.2.2.	Формирование подвешенных нанопроволок.....	294
6.2.3.	Наномеханический переключатель.....	298
6.2.4.	Электростатический наноактюатор.....	299
6.3.	Нанооптика: бриллиантово-синий цвет квазиструктуры чешуек крыла бабочки Morpho.....	301
6.4.	Нанобиология.....	303
6.4.1.	Наноинжектор.....	303

6.4.2.	Наноманипулятор.....	304
6.4.3.	Наносачок.....	306
6.5.	Заключение.....	307
<b>Литература</b> .....		307
<b>7. Введение в микро- и нанообработку</b>		
Babak Ziaie, Antonio Baldi, Massood Z. Atashbar.....		309
7.1.	Основные методы микрообработки.....	309
7.1.1.	Литография.....	310
7.1.2.	Осаждение тонких пленок и легирование.....	312
7.1.3.	Травление пленок и подложки.....	319
7.1.4.	Сращивание подложек.....	325
7.2.	Технологии производства МЭМС.....	327
7.2.1.	Объемная микромеханика.....	327
7.2.2.	Поверхностная микромеханика.....	332
7.2.3.	Технологии микромеханических структур с высоким аспектным отношением.....	338
7.3.	Технологии нанообработки.....	343
7.3.1.	Электронно-лучевые и наноимпринтные методы в нанообработке... ..	345
7.3.2.	Сканирующие зондовые методы.....	349
7.3.3.	Самосборка и формирование наноструктур с использованием трафарета.....	352
7.4.	Выводы и заключение.....	358
<b>Литература</b> .....		359
<b>8. Наноимпринтная литография</b>		
Helmut Schiff, Anders Kristensen.....		366
8.1.	Новые методы нанолитографии.....	368
8.1.1.	Литографии следующих поколений.....	369
8.1.2.	Формование резиста для литографии.....	370
8.2.	Наноимпринтный процесс.....	373
8.2.1.	Пределы технологии формования.....	374
8.2.2.	Деформация тонких пленок под давлением.....	376
8.2.3.	Однородность остаточной толщины пленки.....	379
8.2.4.	Выемка штампа.....	382
8.2.5.	Дублирование резиста.....	383
8.2.6.	Перенос рисунка.....	384
8.2.7.	Методы «чередования-и-сочетания».....	387
8.2.8.	Многослойные и многоуровневые системы.....	388
8.2.9.	Реверсивный импринт.....	390
8.3.	Инструментальные средства и материалы технологии наноимпринта.....	390
8.3.1.	Резисты для наноимпринтной литографии.....	391
8.3.2.	Материалы штампа.....	392
8.3.3.	Изготовление штампа.....	393
8.3.4.	Антиадгезионные покрытия.....	395
8.3.5.	Установки для импринтной литографии.....	396
8.4.	Приложения.....	400
8.4.1.	Различные приложения наноимпринтного процесса.....	400

8.4.2.	Формирование рисунка в магнитном материале для накопителей на жестких дисках .....	401
8.4.3.	Решетка на основе металлических полосок с шагом меньше длины световой волны .....	404
8.4.4.	Полимерная оптика .....	406
8.4.5.	Приложения в биологии.....	408
8.5.	Заключение и перспективы развития .....	409
<b>Литература</b> .....		411
<b>9. Методы печатания в технологиях микро- и нанообработки</b>		
Etienne Menard, John A. Rogers .....		426
9.1.	Штампы с высоким разрешением .....	427
9.2.	Микроконтактное печатание .....	430
9.3.	Нанотрансферное печатание.....	433
9.4.	Применения.....	438
9.4.1.	Нетрадиционные электронные системы .....	439
9.4.2.	Лазеры и волноводные структуры .....	445
9.5.	Заключение .....	448
<b>Литература</b> .....		448
<b>10. Материаловедческие аспекты микро- и нанoeлектромеханических систем</b>		
Christian A. Zorman, Mehran Mehregany.....		452
10.1.	Кремний .....	452
10.1.1.	Монокристаллический кремний.....	452
10.1.2.	Поликристаллический и аморфный кремний .....	455
10.1.3.	Пористый кремний.....	459
10.1.4.	Диоксид кремния .....	460
10.1.5.	Нитрид кремния .....	462
10.2.	Материалы на основе германия.....	463
10.2.1.	Поликристаллический германий .....	463
10.2.2.	Поликристаллический SiGe.....	463
10.3.	Металлы .....	464
10.4.	Полупроводники для экстремальных сред .....	467
10.4.1.	Карбид кремния .....	467
10.4.2.	Алмаз .....	471
10.5.	GaAs, InP и другие III-V материалы .....	475
10.6.	Сегнетоэлектрики .....	477
10.7.	Полимерные материалы .....	478
10.7.1.	Полиимид.....	478
10.7.2.	SU-8 .....	479
10.7.3.	Парилен .....	480
10.7.4.	Жидкокристаллический полимер.....	480
10.8.	Направления дальнейшего развития.....	481

<b>Литература</b> .....	481
<b>11. Сложность и эмергенция как принципы разработки децентрализованных наноразмерных систем</b>	
David Wendell, Dean Ho, Carlo D. Montemagno.....	488
11.1. Определения .....	488
11.1.1. Правила .....	490
11.1.2. Принципы разработки .....	492
11.2. Примеры и эмпирический анализ децентрализованных систем в природе....	499
11.2.1. Термитник как макроскопическая децентрализованная система .....	499
11.2.2. Миксомицеты как децентрализованные системы .....	500
11.2.3. Сложная адаптация на примере поведения клетки .....	502
11.2.4. Фолдинг белка как эмергенционный процесс .....	503
11.3. Проектирование эмергенционного поведения в наноразмерных системах: примеры синтеза децентрализованных наноструктур .....	503
11.4. Заключение .....	513
<b>Литература</b> .....	514
<b>12. Наноструктурные термоэлектрические материалы</b>	
Joseph P. Heremans .....	517
12.1. Перспективы термоэлектричества .....	519
12.1.1. Приложения для охлаждения .....	519
12.1.2. Электрические генераторы.....	521
12.2. Теория термоэлектрических явлений переноса в низкоразмерных твердых телах .....	522
12.2.1. Плотность состояний и зонная энергетическая структура в трехмерных, двухмерных, одномерных системах и системах нулевой размерности .....	524
12.2.2. Электронный перенос в приближении времени релаксации.....	526
12.2.3. Внезонная проводимость: слабая локализация .....	531
12.2.4. Фононные явления переноса в низкоразмерных системах.....	534
12.3. Двумерные термоэлектрические явления переноса в квантовых ямах ....	537
12.4. Одномерные термоэлектрические явления переноса в квантовых проволоках .....	538
12.4.1. Висмутовые нанопроволоки .....	538
12.4.2. Углеродные нанотрубки .....	543
12.5. Системы квазиулевой размерности .....	548
12.5.1. Сверхрешетки на основе квантовых точек из солей свинца .....	548
12.5.2. $\text{AgPb}_m\text{SbTe}_{2+m}$ .....	550
12.5.3. Наноразмерные включения в объемном материале .....	550
12.6. Заключение .....	552
<b>Литература</b> .....	552
<b>13. Нано- и микроструктурированные полупроводниковые материалы для макроэлектроники</b>	
Yugang Sun, Seung-Hyun Hur, John A. Rogers.....	560
13.1. Классы полупроводниковых наноматериалов и их подготовка .....	562
13.1.1. Наночастицы .....	562
13.1.2. Нанопроволоки/наноленты .....	563

13.1.3. Однослойные углеродные нанотрубки .....	571
13.2. Формирование тонких пленок упорядоченных наноструктур на пластиковых подложках .....	573
13.2.1. Сборка нанопроволок/нанолент из суспензии с использованием внешних сил .....	573
13.2.2. «Сухое переносное печатание» массивов проволок и лент с пластин .....	575
13.2.3. Переносное печатание тонких пленок однослойных углеродных нанотрубок .....	579
13.3. Приложения для макроэлектроники .....	580
13.3.1. TFT структуры с «затвором внизу» .....	580
13.3.2. MESFET структуры с «затвором сверху» на основе массивов GaAs проволок .....	585
13.3.3. Полупроводниковые схемы на комплементарных транзисторах металл-оксид-полупроводник (КМОП) .....	587
13.4. Перспективы .....	588
<b>Литература</b> .....	589

## Часть Б. МЭМС/НЭМС и БиоМЭМС/НЭМС

### 14. Наноиндустриальные устройства нового поколения для гибридизации ДНК и самоформирования наносборок

Michael J. Heller, Benjamin Sullivan, Dietrich Dehlinger, Paul Swanson, Dalibor Hodko .....	594
14.1. Электронная микроматричная технология .....	598
14.1.1. КМОП микроматрица с 400 тестовыми ячейками .....	599
14.1.2. Описание технологии электрического поля .....	601
14.1.3. Разработка электронной гибридизации и анализа ДНК .....	603
14.1.4. Применения генотипирования ДНК .....	604
14.1.5. Амплификация замещением цепочек ДНК, реализованная на чипе .....	605
14.1.6. Клеточное разделение на микроэлектронной матрице .....	605
14.2. Наноиндустриальные процессы под воздействием электрического поля .....	606
14.2.1. Наноиндустриальная самосборка под воздействием электрического поля .....	606
14.3. Заключение .....	609
<b>Литература</b> .....	609

### 15. МЭМС/НЭМС устройства и их применение

Darrin J. Young, Christian A. Zorman, Mehran Mehregany .....	613
15.1. МЭМС-устройства и их применение .....	615
15.1.1. Датчики давления .....	615
15.1.2. Инерциальный датчик .....	620
15.1.3. Оптические МЭМС .....	627
15.1.4. Радиочастотные (РЧ) МЭМС .....	634
15.2. Наноэлектромеханические системы (НЭМС) .....	643
15.2.1. Материалы и технологии изготовления .....	644
15.2.2. Методы создания актюаторов .....	647
15.2.3. Области применения .....	647
15.3. Текущие проблемы и будущие тенденции .....	648

<b>Литература</b> .....	649
<b>16. Наномеханические матричные кантилеверные датчики</b>	
Hans Peter Lang, Martin Hegner, Christoph Gerber .....	654
16.1. Техника .....	654
16.1.1. Кантилеверы .....	655
16.1.2. История кантилеверных датчиков .....	655
16.2. Матричные кантилеверные датчики .....	656
16.2.1. Концепция .....	656
16.2.2. Напряжения сжатия и растяжения .....	657
16.2.3. Недостатки отдельных микрокантилеверов .....	657
16.2.4. Контрольные и чувствительные кантилеверы в матрице .....	657
16.3. Режимы работы .....	658
16.3.1. Статический режим .....	659
16.3.2. Динамический режим .....	660
16.3.3. Режим нагрева .....	662
16.3.4. Другие режимы работы .....	663
16.4. Микрообработка .....	664
16.5. Измерительный комплекс .....	664
16.5.1. Измерения в газообразных или жидких средах .....	664
16.5.2. Принципы считывания .....	666
16.6. Технологии функционализации .....	669
16.6.1. Общая стратегия .....	669
16.6.2. Методы функционализации .....	669
16.7. Приложения .....	671
16.8. Выводы и перспективы .....	672
<b>Литература</b> .....	672
<b>17. Терапевтические наноустройства</b>	
Stephen C. Lee, Mark Ruegsegger, Philip D. Barnes, Bryan R. Smith, Mauro Ferrari .....	677
17.1. Определения и перечень рассматриваемых задач .....	677
17.1.1. Вопросы конструирования .....	680
17.1.2. Полезность и диапазон применения терапевтических наноустройств .....	686
17.2. Методы синтеза: сравнение нисходящего и восходящего подходов при создании компонентов нанотерапевтических устройств .....	686
17.2.1. Производство нанопористых мембран с помощью методов микро- изготовления: метод нисходящего направления .....	686
17.2.2. Синтез поли(амидо)аминовых (ПАМАМ) дендримеров: метод вос- ходящего направления .....	688
17.2.3. Пределы разграничения методов нисходящего и восходящего на- правлений при работе с наноматериалами и наноустройствами .....	689
17.3. Технологические и биологические возможности .....	690
17.3.1. Методы сборки .....	690
17.3.2. Целевая доставка препарата: установление границ нанотерапевти- ческого действия в трехмерном пространстве .....	701
17.3.3. Эффект срабатывания: пространственно-временные рамки действия нанотерапии .....	704



17.3.4.	Возможности детектирования.....	710
17.3.5.	Получение изображений с помощью нанотерапевтических контрастных веществ .....	714
17.4.	Области применения нанотерапевтических устройств .....	718
17.4.1.	Использование нанотерапевтических устройств в онкологии.....	718
17.4.2.	Применение нанотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях ...	723
17.4.3.	Нанотерапия и хост-специфические (специфические по отношению к носителю) реакции иммунной системы .....	725
17.5.	Заключительные замечания: барьеры практического осуществления и перспективы использования .....	731
17.5.1.	Сложность биологии .....	731
17.5.2.	Распространение информации о биологических системах .....	732
17.5.3.	Культурные различия между техническими специалистами и биологами.....	734
<b>Литература</b>	.....	<b>735</b>
<b>18. G-протеинсвязанные рецепторы: общее представление и биосенсорные технологии</b>		
Edward J. McMurchie, Wayne R. Leifert	.....	744
18.1.	GPCR: белковый цикл активации .....	747
18.2.	Подготовка рецепторов, сопряженных с G-белком, и G-белков .....	749
18.3.	Измерение GPCR-отклика.....	749
18.3.1.	Проточная цитометрия .....	750
18.3.2.	Резонанс поверхностного плазмона.....	750
18.3.3.	Плазменная волновая резонансная спектроскопия .....	751
18.3.4.	Атомно-силовая микроскопия.....	751
18.3.5.	Флуоресценция полного внутреннего отражения (TIRF).....	752
18.4.	Биодатчики на основе рецепторов, сопряженных с G-белком .....	753
18.4.1.	Создание биодатчиков — 1-й уровень: соединение лиганда .....	753
18.4.2.	Создание биодатчиков — 2-й уровень: конформационные изменения в рецепторах, сопряженных с G-белком .....	757
18.4.3.	Создание биодатчиков — 3-й уровень: соединение GTP .....	758
18.4.4.	Создание биодатчиков — 4-й уровень: диссоциация рецепторов, сопряженных с G-белком, и G-белка .....	759
18.5.	Белковая инженерия в GPCR-измерениях .....	761
18.5.1.	Понятие .....	761
18.5.2.	Рецепторы, сопряженные с G-белком: гибридные белки G $\alpha$ .....	762
18.5.3.	Технология перспективных белков G $\alpha$ .....	763
18.5.4.	Системы экспрессии для рекомбинантных рецепторов, сопряженных с G-белком, и G-белков .....	764
18.5.5.	Флуоресцентные белки .....	764
18.6.	Будущее рецепторов, сопряженных с G-белком, в нанобиотехнологиях.....	764
<b>Литература</b>	.....	<b>766</b>

## 19. Микрофлюидные устройства и их применение в лаборатории-на-чипе

Chong H. Ahn, Jin-Woo Choi .....	770
19.1. Материалы для микрофлюидных приборов и технологии микро- и наноиндустрии .....	771
19.1.1. Кремний .....	771
19.1.2. Стекло .....	772
19.1.3. Полимер .....	773
19.2. Активные микрофлюидные приборы .....	775
19.2.1. Микроклапаны .....	776
19.2.2. Микронасосы .....	779
19.3. Интеллектуальные пассивные микрофлюидные приборы .....	782
19.3.1. Пассивные микроклапаны .....	783
19.3.2. Пассивные микромиксеры .....	786
19.3.3. Пассивные микродозаторы .....	788
19.3.4. Микрофлюидный мультиплексор в сочетании с пассивным микро-дозатором .....	789
19.3.5. Пассивные микронасосы .....	791
19.3.6. Преимущества и недостатки пассивного микрофлюидного подхода .....	792
19.4. Лаборатория-на-чипе для биохимического анализа .....	793
19.4.1. Биохимическая система обнаружения на основе магнитных микро- и наногранул .....	794
19.4.2. Разовая интеллектуальная лаборатория-на-чипе для анализа крови .....	798
<b>Литература</b> .....	801

## 20. Микроструйные платформы на принципе действия центрифуги

Jim Zoval, Guangyao Jia, Horacio Kido, Jitae Kim, Nahui Kim, Marc J. Madou .....	806
20.1. Зачем использовать центробежную силу для струйной прокачки жидкостей .....	807
20.2. Компакт-диск или струйная микроцентрифуга .....	811
20.2.1. Принцип действия .....	811
20.2.2. Реализация на компакт-диске некоторых простых струйных функций .....	812
20.3. Применение CD-технологии .....	817
20.3.1. Двухточечная калибровка оптодной системы детектирования .....	817
20.3.2. CD-платформа для твердофазного иммуноферментного анализа (ELISA, ИФА) .....	818
20.3.3. Многократный параллельный анализ .....	819
20.3.4. Клеточный анализ на CD-платформе .....	820
20.3.5. Интегрированная система приготовления аналита на основе нуклеиновой кислоты и ПЦР-амплификация .....	824
20.3.6. Приготовление образца для анализа с помощью масс-спектрометрии MALDI (ионизация лазерной десорбцией с использованием матрицы) .....	825
20.3.7. Модифицированные CD/DVD приводы (коммерческого типа) лабораторно-измерительного применения .....	827

20.3.8. Гибридизация микроматрицы для молекулярной диагностики инфекционных заболеваний.....	830
20.3.9. Клеточный лизис на CD.....	832
20.3.10. Автоматизация культивации штамма <i>C. Elegans</i> для изучения экспрессии генов с помощью CD-платформы.....	834
20.4. Заключение.....	835
<b>Литература</b> .....	837
<b>21. Микро- и нанокapли в микрофлюидных устройствах</b>	
«Mike» Yung-Chieh Tan, Abraham «Abe» Lee.....	840
21.1. Активные или программируемые капельные системы.....	841
21.1.1. Капельные микрофлюидные устройства, построенные на электро-смачивании диэлектрика (ЭСД).....	841
21.1.2. Принцип действия ЭСД.....	841
21.1.3. Смешивание реагентов при ЭСД.....	843
21.1.4. Усовершенствования ЭСД.....	843
21.1.5. Капельные манипуляции посредством диэлектрофореза (ДЭФ).....	844
21.2. Пассивные технологии капельного контроля.....	846
21.2.1. Образование моно-дисперсных капель.....	846
21.2.2. Устройства на основе микрокапиллярных матриц.....	848
21.2.3. Двойные эмульсии.....	849
21.2.4. «Спутниковые» капли.....	854
21.3. Области применения.....	856
21.3.1. Капли как средство для инкапсуляции и создания микрошаблонов.....	857
21.3.2. Капли как химические процессоры в реальном времени и комбинаторные синтезаторы.....	857
21.3.3. Капли как микромеханические компоненты.....	858
21.4. Заключение.....	859
<b>Литература</b> .....	859