

## **Оглавление**

### **Глава 1.**

#### **Общая методология нанотехнологии: определения и методы**

- 1.1. Основные понятия и методы
  - 1.1.1. Что такое нанотехнология?
  - 1.1.2. Классификация наноструктур
  - 1.1.3. Архитектура на наноуровне
- 1.2. Общие электронные свойства атомов и твердых тел
  - 1.2.1. Изолированный атом
  - 1.2.2. Связи между атомами
  - 1.2.3. Конденсированные гигантские молекулы
  - 1.2.4. Модель свободных электронов и энергетические зоны
  - 1.2.5. Кристаллические твердые тела
  - 1.2.6. Периодичность кристаллической решетки
  - 1.2.7. Электронная проводимость
- 1.3. Эффекты на наноразмерах
  - 1.3.1. Изменения энергетических уровней
  - 1.3.2. Изменения структурных параметров
  - 1.3.3. Как наноразмеры влияют на свойства
  - 1.3.4. Упорядоченные наносистемы
- 1.4. Аспекты формирования систем, хранения и безопасности

### **Глава 2.**

#### **Общая методология нанотехнологии: методы изучения**

- 2.1. Общая классификация методов изучения
  - 2.1.1. Техника анализа свойств и определения изображений структуры
  - 2.1.2. Немного о физике рассеяния
- 2.2. Техника микроскопии
  - 2.2.1. Общие характеристики техники изображения структуры
  - 2.2.2. Изменение изображений и разрешение
  - 2.2.3. Другие соображения о изображениях
  - 2.2.4. Оптическая микроскопия
- 2.3. Электронная микроскопия
  - 2.3.1. Общие характеристики электронной оптики
  - 2.3.2. Получение электронных пучков
  - 2.3.3. Взаимодействие электронов с образцом
  - 2.3.4. Растровая электронная микроскопия
  - 2.3.5. Просвечивающая электронная микроскопия
  - 2.3.6. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия
- 2.4. Полевая ионная микроскопия
- 2.5. Сканирующая зондовая микроскопия
  - 2.5.1. Сканирующая туннельная микроскопия
  - 2.5.2. Атомно-силовая микроскопия
  - 2.5.3. Другие методы сканирующей зондовой микроскопии
- 2.6. Дифракционная техника
  - 2.6.1. Дифракционная техника для трехмерных образцов
  - 2.6.2. Дифракционная техника для поверхностных структур
- 2.7. Спектроскопическая техника
  - 2.7.1. Фотонная спектроскопия

- 2.7.2. Радиочастотная спектроскопия
- 2.7.3. Электронная спектроскопия
- 2.8. Анализ поверхности и поверхностных профилей
  - 2.8.1. Электронная спектроскопия поверхности
  - 2.8.2. Масс-спектрометрия поверхности
  - 2.8.3. Ионно-пучковый анализ
  - 2.8.4. Рефлектометрия
- 2.9. Методы измерения характеристик
  - 2.9.1. Магнитные свойства.
  - 2.9.2. Электронный транспорт
  - 2.9.3. Магнитные свойства
  - 2.9.4. Термические свойства

### **Глава 3.**

#### **Неорганические полупроводниковые наноструктуры**

- 3.1. Введение.
- 3.2. Обзор необходимой физики полупроводников
  - 3.2.1. Что такое полупроводник
  - 3.2.2. Легирование
  - 3.2.3. Концепция эффективной массы
  - 3.2.4. Транспорт носителей, подвижность и электрическая проводимость
  - 3.2.5. Оптические свойства полупроводников
  - 3.2.6. Экситоны
  - 3.2.7. рп переход
  - 3.2.8. Фононы
  - 3.2.9. Типы полупроводников
- 3.3. Квантовые ограничения в полупроводниковых наноструктурах
  - 3.3.1. Квантовые ограничения в одном измерении: квантовые ямы
  - 3.3.2. Квантовые ограничения в двух измерениях: квантовые нити
  - 3.3.3. Квантовые ограничения в трех измерениях: квантовые точки
  - 3.3.4. Сверхрешетки
  - 3.3.5. Зонные эффекты
- 3.4. Плотность электронных состояний
- 3.5. Техника формирования
  - 3.5.1. Требования для идеальных полупроводниковых структур
  - 3.5.2. Эпитаксиальное формирование квантовых ям
  - 3.5.3. Литография и травление
  - 3.5.4. Рост структур на сколах
  - 3.5.5. Рост на зародышах
  - 3.5.6. Точки и нити на основе напряженных структур
  - 3.5.7. Электростатическое инициирование точек и нитей
  - 3.5.8. Флюктуации ширины квантовых ям
  - 3.5.9. Термически отожженные квантовые ямы
  - 3.5.10. Полупроводниковые нанокристаллы
  - 3.5.11. Коллоидные квантовые точки
  - 3.5.12. Техника на основе самоорганизации
  - 3.5.13. Основные возможности формирования структур
- 3.6. Физические процессы в полупроводниковых наноструктурах
  - 3.6.1. Модулируемая имплантация

- 3.6.2. Квантовый эффект Холла
- 3.6.3. Резонансное туннелирование
- 3.6.4. Зарядовые эффекты
- 3.6.5. Транспорт баллистических носителей
- 3.6.6. Межзонное поглощение в полупроводниковых наноструктурах
- 3.6.7. Внутризонное поглощение в полупроводниковых наноструктурах
- 3.6.8. Процессы генерации света в наноструктурах
- 3.6.9. Фотонные «пробки» в квантовых точках
- 3.6.10. Квантовые ограничения за счет эффекта Штарка
- 3.6.11. Нелинейные эффекты
- 3.6.12. Когерентность и дефазировка
- 3.7. Определение характеристик полупроводниковых наноструктур
- 3.7.1. Оптические и электрические методы
- 3.7.2. Определение структурных характеристик
- 3.8. Применения полупроводниковых наноструктур
- 3.8.1. Инжекционные лазеры
- 3.8.2. Квантовые каскадные лазеры
- 3.8.3. Одноэлектронные устройства
- 3.8.4. Биологическое тегирование
- 3.8.5. Оптическая память
- 3.8.6. Применения нанотехнологии в повседневной электронике
- 3.8.7. Устройства на основе кулоновской блокады
- 3.8.8. Фотонные структуры
- 3.8.9. Выводы и перспективы

#### **Глава 4.**

#### **Наномагнитные материалы и устройства**

- 4.1. Магнетизм
- 4.1.1. Магнетостатика
- 4.1.2. Диамагнетизм, парамагнетизм и ферромагнетизм
- 4.1.3. Магнитная анизотропия
- 4.1.4. Домены и доменные стенки
- 4.1.5. Процессы магнетизации
- 4.2. Наномагнитные материалы
- 4.2.1. Специфические наномагниты
- 4.2.2. Геометрические наномагниты
- 4.3. Магнитосопротивление
- 4.3.1. Вклад в сопротивление металлов
- 4.3.2. Гигантское магнитосопротивление
- 4.3.3. Спиновые эффекты
- 4.3.4. Туннельное магнитосопротивление
- 4.4. Контроль наномагнитных материалов
- 4.5. Проблемы, возникающие в наномагнетизме

#### **Глава 5.**

#### **Формирование и свойства неорганических наноматериалов**

- 5.1. Введение
- 5.1.1. Классификация
- 5.2. Термодинамика и кинетика фазовых превращений

- 5.2.1. Термодинамика
- 5.2.2. Гомогенная нуклеация
- 5.2.3. Гетерогенная нуклеация
- 5.2.4. Рост
- 5.2.5. Скорость превращения
- 5.3. Методы синтеза
  - 5.3.1. Процессы быстрого отверждения из жидкого состояния
  - 5.3.2. Расстеклование
  - 5.3.3. Конденсация в инертном газе
  - 5.3.4. Электроосаждение
  - 5.3.5. Механические методы
- 5.4. Структура
  - 5.4.1. Микроструктура
  - 5.4.2. Структура границ зерен
  - 5.4.3. Структурная метастабильность
- 5.5. Микроструктурная стабильность
  - 5.5.1. Диффузия
  - 5.5.2. Рост зерен
  - 5.5.2. Зенеровский пиннинг
  - 5.5.3. Сопrotивление растворению
- 5.6. Укрупнение наночастиц
  - 5.6.1. Слипание нанопорошков
  - 5.6.2. Агломерация
  - 5.6.3. Роль примесей
  - 5.6.4. Пористость
  - 5.6.5. Нестандартная обработка.
- 5.7. Механические свойства
  - 5.7.1. Твердость и растяжение
  - 5.7.2. Эластичность и твердость
  - 5.7.3. Текучесть и суперэластичность
- 5.8. Ферромагнитные свойства
  - 5.8.1. Фундаментальные магнитные свойства
  - 5.8.2. Нанокompозитные мягкие магнитные материалы
  - 5.8.3. Жесткие магнитные материалы
- 5.9. Каталитические свойства
- 5.10. Сегодняшние и потенциальные применения наноматериалов
  - 5.10.1. Поглотители ультрафиолетового излучения
  - 5.10.2. Магнитные применения
  - 5.10.3. Покрyтия

## **Глава 6.**

### **Электронные и электрооптические молекулярные материалы и устройства**

- 6.1. Концепции и материалы
  - 6.1.1. Конденсированное состояние: кристаллы и стекла
  - 6.1.2. Химия углерода
  - 6.1.3. Примеры органических полупроводников
  - 6.1.4. Возбуждения в органических полупроводниках
  - 6.1.5. Возбуждение и транспорт носителей заряда

- 6.1.6. Полимеры в сравнении с простыми молекулами
- 6.1.7. Органические металлы?
- 6.2. Применения и устройства
  - 6.2.1. Синтетические металлы
  - 6.2.2. Органические полевые транзисторы
  - 6.2.3. Органические светоизлучающие кстройства
  - 6.2.4. Органические световые источники тока
- 6.3. Углеродные нанотрубки
  - 6.3.1. Структура
  - 6.3.2. Синтез
  - 6.3.3. Электронные свойства
  - 6.3.4. Колебательные свойства
  - 6.3.5. Механические свойства
  - 6.3.6. Применения

## **Глава 7.**

### **Самоорганизующиеся наноструктурированные молекулярные материалы и устройства**

- 7.1. Введение
- 7.2. Строительные блоки
  - 7.2.1. Синтетические
  - 7.2.2. Биологические
- 7.3. Принципы самоорганизации
  - 7.3.1. Нековалентные взаимодействия
  - 7.3.2. Межмолекулярные взаимодействия
  - 7.3.3. Биологическая самоорганизация
  - 7.3.4. Наномоторы
- 7.4. Методы самоорганизации для формирования и визуализации наночастиц
  - 7.4.1. Наночастицы в ходе мицеллярной и везикулярной полимеризации
  - 7.4.2. Функциональные наночастицы
  - 7.4.3. Коллоидные кристаллические наночастицы
  - 7.4.4. Самоорганизующиеся неорганические наночастицы
  - 7.4.5. Жидкокристаллические наноструктуры
  - 7.4.6. Бионаночастицы
  - 7.4.7. Нано-объекты
- 7.5. Модельные наноструктуры
  - 7.5.1. Мезопористая двуокись кремния
  - 7.5.2. Биоминерализация
  - 7.5.3. Наноструктуры, формируемые блок-сополимеризацией
- 7.6. Жидкокристаллические мезофазы
  - 7.6.1. Мицеллы и везикулы
  - 7.6.2. Ламеллярные фазы
  - 7.6.3. АВС блок-сополимеры
  - 7.6.4. Сметические и нематические жидкие кристаллы
  - 7.6.5. Дискотические жидкие кристаллы
- 7.7. Выводы и перспективы

## **Глава 8.**

### **Макромолекулы на поверхностях раздела и структурированные органические пленки**

- 8.1. Макромолекулы на поверхностях раздела
- 8.2. Принципы науки о поверхностях раздела
  - 8.2.1. Энергии поверхности и поверхностей раздела
- 8.3. Анализ жидких поверхностей раздела
- 8.4. Модифицированные поверхности
  - 8.4.1. Адсорбция и поверхностная активность
  - 8.4.2. Адсорбция полимеров
  - 8.4.3. Хемосорбция
  - 8.4.4. Физические свойства привитых полимерных слоев
  - 8.4.5. Наноструктурированные органические покрытия, формируемые мягкой литографией и другими методами
- 8.5. Получение тонких органических пленок
  - 8.5.1. Нанесение полимеров и коллоидов на вращающуюся подложку
  - 8.5.2. Получение органических мультислоев
- 8.6. Влияние поверхностных эффектов на разделение фаз
  - 8.6.1. Смеси полимеров
  - 8.6.2. Блок сополимеры
- 8.7. Самоорганизующееся нанодекорирование поверхностей
  - 8.7.1. Рельефы, формируемые на гетерогенных субстратах
  - 8.7.2. Топографически декорируемые поверхности
  - 8.7.3. Рельефы, полученные сушкой тонких пленок
- 8.8. Практические наноустройства с макромолекулами на поверхностях раздела
  - 8.8.1. Молекулярная и макромолекулярная электроника
  - 8.8.2. Особенности гидродинамики в нанометровом диапазоне
  - 8.8.3. Фильтрация и разделение

## **Глава 9.**

### **Бионанотехнология**

- 9.1. Новые средства для изучения биологических систем
  - 9.1.1. Сканирующая зондовая микроскопия для визуализации биологических объектов
  - 9.1.2. Силовые измерения в биологических системах
  - 9.1.3. Миниатюризация и анализ
  - 9.1.4. Формирование биомолекулярных структур в нанометровом диапазоне
- 9.2. Биометрическая нанотехнология
  - 9.2.1. ДНК как нанотехнологический строительный блок
  - 9.2.2. Молекулярные моторы
  - 9.2.3. Искусственный фотосинтез
- 9.3. Заключение