

УДК 620.3 (075)

ББК 30.5я7

A72

Антоненко С.В. **Технология наноструктур: Учебное пособие.**
М.: МИФИ, 2008. – 116 с.

Учебное пособие посвящено основам технологических процессов получения наноструктур, исследованию их свойств, изготовлению изделий из них и применению наносистем.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Физика конденсированного вещества» и специализирующихся по кафедре «Физика твердого тела и наносистем», а также может быть рекомендовано для студентов, аспирантов, слушателей групп повышения квалификации и переподготовки специалистов в области получения и исследования наносистем.

Пособие подготовлено в рамках Инновационной образовательной программы.

Рецензент канд. техн. наук, К.В. Куценко

ISBN 978-5-7262-0947-0

© Московский инженерно-физический институт
(государственный университет), 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	6
Глава 1. Технологии приготовления наноструктур на основе полупроводников.....	7
1.1. Полупроводники и механизмы формирования пленок из них	7
1.1.1. Классификация полупроводников.....	7
1.1.2. Механизмы приготовления пленок полупроводников	8
1.2. Подложки для пленок полупроводников и требования, предъявляемые к ним.....	9
1.2.1. Типы полупроводниковых подложек.....	9
1.2.2. Рост полупроводниковых монокристаллических подложек.....	11
1.2.3. Требования, предъявляемые к полупроводниковым подложкам	13
1.2.4. Контроль качества подложек и пленок с помощью зондовой и электронной микроскопии.....	13
1.3. Модификация полупроводниковых подложек.....	15
1.3.1. Механическая обработка.....	15
1.3.2. Технохимическая обработка и подготовка подложек.....	16
1.4. Защитные, изолирующие и другие дополнительные покрытия	19
1.4.1. Диэлектрические пленки.....	19
1.4.2. Пленки кремнийорганических соединений, полимеров и стекол	21
1.4.3. Дополнительные покрытия пленок.....	22
1.5. Молекулярно-лучевая эпитаксия.....	23
1.5.1. Описание метода МЛЭ.....	23
1.5.2. Установки МЛЭ.....	24
1.6. Жидкофазная, газофазная и иные типы эпитаксии.....	26
1.6.1. Синтез пленок методом ЖФЭ.....	26
1.6.2. Получение пленок способом ГФЭ.....	28
1.6.3. Твердофазная и лазерная вакуумная эпитаксии.....	31
1.7. Получение гетероструктур.....	34
1.7.1. Гетеропереходы и гомопереходы.....	34
1.7.2. Создание гетеропереходов.....	35
1.8. Методы формирования сверхрешеток.....	36
1.8.1. Сверхрешетки.....	36
1.8.2. Приготовление сверхрешеток.....	38
1.9. Методы формирования квантовых ям, нитей.....	39
1.9.1. Низкоразмерные системы.....	39
1.9.2. Наносистемы с квантовыми ямами.....	40
1.9.3. Получение квантовых нитей.....	41
1.10. Способы приготовления квантовых точек.....	42

1.10.1. Квантовые точки.....	42
1.10.2. Синтез ВСМКТ.....	43
1.11. Получение наноструктур с ДЭГ.....	44
1.11.1. Двумерный электронный газ	44
1.11.2. Формирование наноструктур типа МДП и МОП.....	45
1.12. Изготовление устройств из наноструктур.....	48
1.12.1. Гетероструктуры и гетеропереходы.....	48
1.12.2. Сверхрешетки	49
1.12.3. Квантовые точки.....	50
Глава 2. Методы получения нанопроволок и кластеров.....	51
2.1. Нанопроволоки.....	51
2.2. Кластеры и их ассоциации.....	53
2.2.1. Кластеры.....	53
2.2.2. Химия кластеров и способы их модификации.....	55
2.3. Формирование кластеров	56
2.3.1. Получение кластеров термическим и лазерным методами.....	56
2.3.2. Синтез кластеров с помощью молекулярных пучков.....	58
Глава 3. Методы формирования фуллеренов, эндоэдралов, клатратов	61
3.1. Приготовление графитовых и алмазных пленок.....	61
3.1.1. Общие свойства углеродных модификаций.....	61
3.1.2. Приготовление алмазоподобных пленок.....	62
3.1.3. Формирование эпитаксиальных пленок алмаза.....	63
3.2. Углеродные фуллерены и методы их получения.....	64
3.2.1. Фуллерены.....	64
3.2.2. Свойства фуллеренов и способы их приготовления.....	64
3.3. Конденсированные фуллерены.....	65
3.3.1. Фуллерит.....	65
3.3.2. Пленки фуллеренов.....	67
3.4. Эндоэдралы, нановискеры и другие структуры углерода.....	68
3.4.1. Эндоэдралы.....	68
3.4.2. Нановискеры и другие системы на основе углерода.....	69
3.5. Онионы и шаровидный углерод.....	69
3.5.1. Формирование онионов.....	69
3.5.2. Шаровидный углерод.....	71
3.6. Обработка фуллеренов и эндоэдралов.....	72
3.6.1. Сборка и трансформация фуллеренов друг в друга.....	72
3.6.2. Модификация фуллеренов и эндоэдралов.....	72
3.7. Соединения включения.....	73
3.7.1. Клатраты.....	73
3.7.2. Наноструктуры типа «гость-хозяин».....	74

Глава 4. Технологии получения нанотрубок, изделий из них и других наноструктур на основе углерода.....	76
4.1. НТ – типы, структуры и модели роста.....	76
4.1.1. Нанотрубки.....	76
4.1.2. Структура УНТ.....	79
4.1.3. Модели роста.....	80
4.1.4. Формирование дефектов в МСНТ.....	81
4.2. Дуговой метод приготовления нанотрубок.....	81
4.3. Способы формирования нанотрубок с помощью лазера и электронного луча.....	84
4.3.1. Лазерный метод получения УНТ.....	84
4.3.2. Использование сфокусированного солнечного излучения и электронного луча.....	86
4.4. Химические методы изготовления нанотрубок.....	87
4.4.1. Электролитический метод.....	87
4.4.2. Методы химического синтеза УНТ.....	88
4.5. Магнетронный, токовый и другие способы синтеза нанотрубок.....	90
4.5.1. Магнетронный метод выращивания МСНТ.....	90
4.5.2. Токовый способ формирования УНТ.....	93
4.5.3. Другие методы приготовления нанотрубок.....	94
4.6. Формирование жгутов и кристаллов из УНТ. Выращивание НТ вертикально ориентированных к подложке.....	96
4.6.1. Связки и кристаллы из нанотрубок.....	96
4.6.2. Вертикально ориентированные к подложке УНТ.....	97
4.7. Технологии обработки нанотрубок.....	99
4.7.1. Получение открытых УНТ.....	99
4.7.2. Заполнение нанотрубок.....	101
4.8. Нанотрубки из разных материалов. Свойства УНТ.....	102
4.8.1. НТ из различных веществ.....	102
4.8.2. Свойства нанотрубок.....	104
4.9. Композиты, нити и системы из НТ и иных наноструктур.....	105
4.9.1. Композиты.....	105
4.9.2. Нити и бумага из НТ.....	107
4.10. Применение нанотрубок.....	107
Список литературы.....	115