

УДК 620.1:620.3(075.8)
И 498

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор *В.Я. Костюченко*
канд. физ.-мат. наук, доцент *А.В. Каменская*

Работа подготовлена на кафедре полупроводниковых приборов
и микроэлектроники для студентов III курса РЭФ
направления 28.03.01 дневной формы обучения

Илюшин В.А.

И 498 Наноматериалы: учебное пособие / В.А. Илюшин. – Ново-
сибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 114 с.

ISBN 978-5-7782-3858-9

Рассматриваются размерные эффекты в нанобъектах, классификация наноматериалов, их состав, строение, свойства, методы получения и методы исследования.

Предназначено для студентов РЭФ, обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» дневной формы обучения.

УДК 620.1:620.3(075.8)

ISBN 978-5-7782-3858-9

© Илюшин В.А., 2019
© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Размерные эффекты	5
1.1. Термодинамические свойства.....	6
1.2. Электронная структура.....	7
1.3. Тепловые свойства.....	8
1.4. Изменение фазовых равновесий.....	9
1.5. Изменение температуры плавления наночастиц.....	10
1.6. Изменение взаимной растворимости веществ.....	11
1.7. Изменение структуры.....	11
1.8. Электропроводность	12
1.9. Магнитные свойства	14
1.10. Оптические свойства	15
1.11. Химические свойства	18
1.12. Механические свойства.....	19
2. Методы получения наноматериалов.....	22
2.1. Методы синтеза «снизу-вверх»	22
2.1.1. Формирование наночастиц с использованием гомогенной или гетерогенной нуклеации.....	22
2.1.2. Осаждение из паровой фазы (Vapor-Phase Deposition).....	25
2.1.3. Коллоидный синтез.....	25
2.1.4. Синтез микроэмульсий.....	26
2.1.5. Золь-гель синтез.....	29
2.1.6. Дуговой разряд.....	30

2.1.7. Конденсация в инертном газе	31
2.1.8. Лазерная абляция	31
2.1.9. Синтез в пламени	31
2.1.10. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния	32
2.2. Методы синтеза «сверху-вниз»	32
2.2.1. Механическое измельчение	32
2.2.2. Интенсивная пластическая деформация	33
3. Нуль-мерные структуры	34
3.1. Классификация	34
3.2. Нанокластеры	35
3.2.1. Металлические нанокластеры	37
3.2.2. Фуллерены	41
3.2.3. Получение и применение фуллеренов	43
3.2.4. Квантовые точки	44
4. 1D-структуры	46
4.1. Классификация	46
4.2. Получение 1D-структур	47
4.2.1. Самопроизвольный рост	47
4.2.2. Матричный (темплатный) синтез	49
4.3. Нанотрубки	52
4.3.1. Углеродные нанотрубки	52
4.3.2. Получение УНТ	56
4.3.3. Применение УНТ	60
5. 2D-структуры	63
5.1. Химические связи углерода	63
5.2. Графен	64
5.2.1. Двухслойный графен	68
5.2.2. Модифицированный графен и аналоги графена	70
5.2.3. Получение графена	70
5.2.4. Применение	72
5.3. Ленгмюровские пленки	73

6. Консолидированные наноматериалы	79
6.1. Прессованные наноматериалы.....	81
6.2. Наноккомпозиты.....	82
7. Нанопористые структуры: мембраны, цеолиты, нанопористый кремний, нанопористый оксид алюминия.....	87
7.1. Цеолиты	89
7.2. Пористый кремний	89
7.3. Пористый оксид алюминия.....	92
7.4. Наноаэрогели.....	95
8. Методы исследования наноматериалов	98
8.1. Оптическая спектроскопия	98
8.2. Фотонная корреляционная спектроскопия	106
Библиографический список	110