

Д. Ким
А. С. Янющкин

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
И ОБРАБОТКА
НАНОСТРУКТУРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**



**ТО Н К И Е
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Оглавление

Введение	7
Глава 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ	13
1.1. Классификация наночастиц и наноматериалов	18
1.2. Методы получения наночастиц и наноматериалов	21
1.2.1. Физические методы	22
1.2.2. Химические методы	24
1.2.3. Биологические методы	26
<i>Контрольные вопросы</i>	26
Глава 2. УСТОЙЧИВОСТЬ ГРАФЕНА И МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЙСТВИЯХ	27
2.1. Выращивание графена методом химического осаждения паров на медных подложках	27
2.1.1. Выбор и подготовка металлической подложки	28
2.1.2. Рост графена на медных подложках	30
2.1.3. Характерные значения концентрации метана во время роста	37
2.1.4. Влияние параметров подложки	37
2.2. Трансформация графена под влиянием механического воздействия	38
2.2.1. Преобразование графена в фуллерен	43
2.2.2. Устойчивость и прочность графена к деформациям растяжения и сжатия	46
2.2.3. Устойчивость графена под влиянием сжимающих деформаций	51
2.3. Образование и влияние дефектов на физико-химические свойства графена	53
2.3.1. Образование дефектов графена	53
2.3.2. Влияние дефектов на физические свойства графена ...	55
2.3.3. Влияние температуры на прочность графена	60
2.3.4. Механические и энергетические свойства нанокомпозитов	61

2.3.5. Устойчивость графена и покрывающих его плёнок никеля и алюминия	63
2.4. Графен в электронике	66
2.5. Примеры применения графена	71
2.6. Высокоэффективные фильтры для воды	76
2.7. Графен в СВЧ-технике	77
<i>Контрольные вопросы</i>	81

Глава 3. ЗАПОЛНЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ И ИХ СВОЙСТВА

3.1. Способы получения и свойства одностенных углеродных нанотрубок, заполненных неорганическими соединениями	82
3.1.1. Заполнение одностенных углеродных нанотрубок в процессе их роста (in situ)	86
3.1.2. Заполнение предварительно синтезированных одностенных нанотрубок (ex situ)	88
3.1.3. Заполнение одностенных нанотрубок из жидкой фазы	92
3.1.4. Структура и свойства нанокомпозитов «1D-кристалл@ОСНТ»	102
3.1.5. Исследование функциональных свойств композитов «1D-кристалл@ОСНТ»	107
3.2. Электронные свойства заполненных одностенных углеродных нанотрубок	109
3.2.1. Атомная структура ОСНТ	110
3.2.2. Зонная структура и электронные свойства ОСНТ ...	111
3.2.3. Способы модификации электронных свойств ОСНТ ...	115
3.2.4. Применение заполненных ОСНТ	123
<i>Контрольные вопросы</i>	127

Глава 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ТВЁРДЫХ ТЕЛ И ДЕФЕКТОВ. ПРОЧНОСТЬ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУРЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

4.1. Классификация твёрдых тел	129
4.2. Образование и классификация дефектов	135
4.2.1. Точечные (нульмерные) дефекты	136
4.2.2. Линейные (одномерные) дефекты	140
4.2.3. Механизмы образования и движения дислокаций ...	147
4.2.4. Образование поверхностных и объёмных дефектов ...	162
4.3. Прочность наноматериалов	164
4.3.1. Структурные особенности дефектов наноматериалов ...	164

4.3.2. Размерный эффект	169
4.3.3. Механизм деформации и разрушения	176
4.4. Наноструктуры в экстремальных условиях	184
4.4.1. Радиационная стабильность	185
4.4.2. Поведение наноматериалов при деформации	198
4.4.3. Термическая стабильность	201
<i>Контрольные вопросы</i>	214

Глава 5. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ

НАНОКОМПОЗИТОВ216

5.1. Структура дисперсно-наполненных полимерных наноконтропозитов	216
5.1.1. Эффект наноадгезии	216
5.1.2. Теория эффекта наноадгезии. Фрактальные модели ...	224
5.1.3. Применение эффекта наноадгезии	227
5.1.4. Межфазные области как армирующий элемент полимерных наноконтропозитов	230
5.1.5. Структура нанонаполнителя в полимерной матрице ...	233
5.1.6. Агрегация частиц нанонаполнителя	237
5.2. Механические свойства	241
5.2.1. Степень усиления	241
5.2.2. Процесс текучести	245
5.2.3. Процесс разрушения	247
5.2.4. Микротвёрдость	251
5.3. Теплофизические свойства	253
5.4. Полимерные наноконтропозиты для упаковочных материалов	259
5.4.1. Способы получения полимерных наноконтропозитов ...	259
5.4.2. Новые упаковочные материалы с наноконтропозитами и их применение	266
<i>Контрольные вопросы</i>	274

Глава 6. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ276

6.1. Микрозонды и нанозонды для анализа малоразмерных 3D-материалов, наносистем и нанообъектов ...	276
6.1.1. Ядерный сканирующий микрозонд	278
6.2. Применение ядерного сканирующего микрозонда для локального микроанализа	288

6.2.1. Метод характеристического рентгеновского излучения, индуцированного ионами пучка	290
6.2.2. Методы резерфордского обратного рассеяния и регистрации ядер отдачи	291
6.2.3. Метод регистрации заряда, индуцированного ионным пучком	292
6.2.4. Методы, основанные на воздействии одиночных ионов	294
6.3. Устройство и принцип работы сканирующих микроволновых микроскопов	296
6.4. Сканирующий позитронный микроскоп	304
6.4.1. Назначение и устройство	304
6.4.2. Источник позитронов и замедлитель	309
6.4.3. Принцип получения позитронных пучков	312
<i>Контрольные вопросы</i>	318

Глава 7. ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ НАНОУПРОЧНЁННЫХ МАТЕРИАЛОВ

7.1. Механическая обработка композиционных наноструктурных материалов	323
7.1.1. Проблемы резания композиционных материалов и способы их решения	323
7.1.2. Специфика подготовки режущего инструмента для обработки наноструктурированных материалов	327
7.1.3. Проблемы засаливания шлифовальных кругов и способы их решения	331
7.1.4. Качество поверхности после разных методов алмазного шлифования	334
7.2. Способы реализации комбинированного электрохимического шлифования	338
<i>Контрольные вопросы</i>	347

Заключение 349

Словарь терминов 357

Библиографический список 377