



НАНОМАТЕРИАЛЫ:

свойства и перспективные приложения



НАНОМАТЕРИАЛЫ:
свойства и перспективные приложения

Ответственный редактор
член-корреспондент РАН
А.Б. Ярославцев

Москва
Научный мир
2015

УДК 54:001.12.18

ББК 24.5

H25

Наноматериалы: свойства и перспективные приложения /

H25 Коллектив авторов, отв. редактор А.Б. Ярославцев. – М.: Научный мир, 2015. – 456 с.: илл.

ISBN 978-5-91522-405-5

Нанотехнологии активно входят в нашу жизнь и являются, пожалуй, одной из наиболее бурно развивающихся областей современных научных исследований. В данной монографии представлены материалы по целому ряду наиболее важных направлений, подготовленные ведущими российскими исследователями, активно работающими в области нанотехнологий и высоко котирующимися мировым научным сообществом. Приведены общие сведения о наноматериалах и размерных эффектах, механизмах роста наночастиц, синтезе, свойствах и применении катализаторов, полимерных нанокомпозитов, аэрогелей, газоразделительных мембран, биоактивных покрытий, наноматериалов для альтернативной энергетики и сенсоров.

Монография может рассматриваться как справочное издание и, безусловно, будет полезна специалистам, включая научных сотрудников и инженеров, работающих в сфере нанотехнологий. Она также может рассматриваться в качестве учебного пособия, предназначенного для преподавателей и студентов, специализирующихся в области нанотехнологий. Каждый раздел содержит обширную библиографию, включающую оригинальные работы российских и зарубежных исследователей. Материал монографии изложен в форме, доступной для широкого круга читателей, занимающихся научной работой, использующих нанотехнологии на практике и для желающих ознакомиться с некоторыми наиболее значимыми достижениями в данной области.

ISBN 978-5-91522-405-5

© Коллектив авторов, 2015

© Научный мир, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	8
1. Свойства наноматериалов. Размерный эффект (А.Б. Ярославцев).....	11
1.1. Размерный эффект	11
1.2. Особенности строения наночастиц.....	13
1.3. Физические свойства наноматериалов	20
1.4. Сорбционные и химические свойства наноматериалов.....	23
Литература.....	25
2. Механизмы роста наночастиц (В.К. Иванов, П.П. Федоров, А.Е. Баранчиков)	29
2.1. Классические модели образования и роста кристаллов	30
2.2. Образование и рост кристаллов по модели ориентированного присоединения и сращивания.....	32
2.3. Основные методы анализа процесса ориентированного сращивания наночастиц	40
2.4. Направленный синтез материалов с использованием ориентированного сращивания наночастиц	45
2.5. Современные направления исследований в области механизма и кинетики ориентированного сращивания наночастиц.....	47
Литература.....	51
3. Аэрогели – синтез, свойства и практическое применение (С.А. Лермонтов, А.Н. Малкова, В.К. Иванов).....	56
3.1. Основы методов получения аэрогелей	57
3.2. Типы аэрогелей	60
3.3. Применение аэрогелей	69
Литература.....	73

4. Функциональные наноматериалы типа «ядро-оболочка», синтезированные методом молекулярного наслаивания (А.А. Малыгин).....	84
4.1. Научно-экспериментальные основы метода молекулярного наслаивания	88
4.2. Принципы молекулярного наслаивания в твердофазном материаловедении	94
Литература	109
5. Наноструктура материалов газоразделительных мембран (Ю.П. Ямпольский, Н.А. Белов, А.Ю. Алентьев).....	114
5.1. Транспортные свойства полимеров.....	115
5.2. Свободный объем – макроскопическая интерпретация.....	115
5.3. Зондовые методы для измерения свободного объема в полимерах	117
5.3.1. Метод аннигиляции позитронов	119
5.3.2. Связь коэффициентов диффузии и проницаемости газов и свободного объема.....	121
5.3.3. Концентрация ЭСО в полимерах.....	125
5.3.4. Изменение свободного объема в процессе стеклования полимера	128
5.4. Гибридные композиционные материалы с добавками наночастиц.....	137
Литература	142
6. Наноматериалы с ионной проводимостью (И.А. Леонидов, А.Б. Ярославцев).....	146
6.1. Влияние дисперсности соединений на их ионную проводимость... ..	146
6.2. Ионная проводимость мембранных материалов	151
6.3. Ионная проводимость композиционных материалов.....	155
6.4. Наноматериалы со смешанной кислород-ионной и электронной проводимостью.....	158
Литература	166
7. Наноматериалы для альтернативной энергетики (Ю.А. Добровольский, А.М. Скундин, А.Б. Ярославцев).....	170
7.1. Низкотемпературные топливные элементы	171
7.1.1. Протонпроводящие мембраны для топливных элементов	173
7.1.2. Гибридные протонпроводящие мембраны.....	174
7.1.3. Причины изменения свойств гибридных ионпроводящих мембран	178
7.1.4. Электродокатализаторы для низкотемпературных топливных элементов	183

7.1.5. Носители для катализаторов топливных элементов.....	186
7.2. Твердооксидные топливные элементы	189
7.3. Наноматериалы для литий-ионных аккумуляторов.....	192
7.3.1. Углеродные анодные наноматериалы	193
7.3.2. Композиты с углеродными наноматериалами.....	195
7.3.3. Металлические анодные наноматериалы	195
7.3.4. Наноструктурированные оксиды металлов как электроды литий-ионных аккумуляторов	197
7.3.5. Анодные наноматериалы на основе кремния	203
7.3.6. Наноструктурированные катодные материалы положительных электродов на основе феррофосфата лития	206
7.3.7. Наноструктурированные катодные материалы на основе оксидов ванадия	210
Литература.....	215
8. Солнечные элементы на основе сенсibilизированных широкозонных полупроводников (С.А. Козюхин, А.А. Шерченков, В.А. Гринберг, В.К. Иванов)	240
8.1. Принцип действия ССЭ	242
8.2. Фотоанод на основе наноструктурированного диоксида титана	244
8.3. Медиаторные системы в ССЭ.....	247
8.4. Полимерные электролиты в ССЭ.....	250
8.5. Дизайн красителей для ССЭ.....	252
8.6. Перспективы применения перовскитов в ССЭ в качестве поглощающих солнечный свет материалов и/или материалов с дырочной проводимостью.....	255
8.7. Солнечные элементы с экстремально тонким поглощающим слоем	259
Литература.....	265
9. Полимерные нанокомпозиты, наполненные углеродными нанотрубками (С.В. Кондрашов, Г.Ю. Юрков).....	271
9.1. Влияние на величину порога перколяции параметров УНТ и их распределения по объему нанокомпозита.....	273
9.2. Формирование электропроводящих сетей в полимерном нанокомпозите с углеродными нанотрубками	281
9.3. Формирование электрического контакта между углеродными нанотрубками в нанокомпозите.....	287
9.4. Перспективные способы создания конструкционных материалов с функциональными свойствами	293
Литература.....	301

10. Магнитные и радиопоглощающие металлсодержащие нанокompозиты (А.С. Фионов, Г.Ю. Юрков)	306
10.1. Простые (монометаллические) наночастицы	308
10.2. Наночастицы со структурой ядро–оболочка.....	309
10.3. Ферритовые наночастицы	312
10.4. Материалы с комбинированными наполнителями	314
10.5. Наночастицы на ультрадисперсных носителях	318
10.6. Поглотители электромагнитных волн на основе нанокompозитов	319
Литература.....	324
11. Наноразмерные катализаторы для нефтепереработки и нефтехимии (С.Н. Хаджиев, А.Л. Максимов, Х.М. Кадиев)	330
11.1. Нанесенные катализаторы переработки нефти и газа	332
11.2. Наногетерогенные катализаторы переработки нефти и газа	340
Литература.....	350
12. Многокомпонентные биоактивные наноструктурированные покрытия (Д.В. Штанский, Е.А. Левашов, И.В. Сухорукова).....	355
12.1. Композиционные мишени для осаждения покрытий.....	357
12.2. Первое поколение МБНП с высоким комплексом химических, механических, трибологических и биологических свойств.....	358
12.3. Второе поколение МБНП с улучшенными osteoconductive свойствами.....	363
12.4. МБНП на поверхности нерастворимых полимеров	363
12.5. Получение биоматериалов с контролируемым составом и морфологией поверхности.....	365
12.6. Механические характеристики материалов с МБНП	369
12.7. Третье поколение МБНП – биоактивные покрытия с антибактериальным эффектом.....	371
12.8. Деиммунизированный костный матрикс с МБНП	375
Заключение.....	377
Литература.....	378
13. Роль неавтономного состояния вещества в формировании структуры и свойств наноматериалов (В.В. Гусаров, О.В. Альмяшева).....	384
13.1. Общие представления о неавтономных фазах	385
13.2. Строение и свойства неавтономных фаз	389
13.3. Процессы фазообразования и фазовые переходы.....	392
Литература.....	405

14. Сенсоры на основе нанокристаллического диоксида олова (<i>А.В. Марикуца, М.Н. Румянцева, А.М. Гаськов</i>).....	410
14.1. Структура объема и поверхности диоксида олова	412
14.2. Типы активных центров на поверхности диоксида олова	414
14.3. Кислотно-основные центры.....	416
14.4. Адсорбированные формы кислорода.....	420
14.5. Парамагнитные центры.....	424
14.6. Гидратно-гидроксильный слой	428
14.7. Влияние модификаторов на активные центры на поверхности нанокристаллического диоксида олова	433
14.8. Влияние активных центров на сенсорные свойства нанокристаллического диоксида олова	443
Литература	449