

УДК 544.77.022.822:661.682-002.532

ББК 24.6

Ш12

Серия основана в 2006 г.

Шабанова Н. А.

Ш12 Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема / Н. А. Шабанова. — 3-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 331 с. — (Нанотехнологии). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-723-7

Монография обобщает научный и практический опыт, накопленный в области химии и технологии нанодисперсного кремнезема в нашей стране и в мировой практике. Внимание автора направлено на рассмотрение коллоидно-химических основ золь-гель технологий синтеза гибридных органо-неорганических наночастиц и пористых материалов, частиц с полой структурой, легированных оксидами элементов и металлами, покрытий, мембран, объемных непористых тел. Анализ различных вариантов проведения золь-гель процесса представлен с учетом реакционной способности кремнезема, современных теорий фазообразования и агрегативной устойчивости дисперсных систем. Приведены рецептуры и основные технологические параметры золь-гель синтеза функциональных наноматериалов с различными параметрами состава, дисперсности, пористости, структуры и морфологии.

Для широкого круга научных работников, специалистов-практиков различных отраслей промышленности, студентов и аспирантов, занимающихся синтезом наносистем.

УДК 544.77.022.822:661.682-002.532

ББК 24.6

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-723-7

© Лаборатория знаний, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. Кинетика поликонденсации кремниевых кислот в водных растворах	13
1.1. Общие вопросы поликонденсации	13
1.2. Методы анализа водного кремнезема	21
1.2.1. Колориметрический анализ — метод оценки состояния кремниевых кислот в водных растворах	21
1.2.2. Концентрация щелочного гидроксида	26
1.2.3. Концентрация SiO_2 в золе и в растворе силиката натрия	26
1.2.4. Размер частиц по данным потенциометрического титрования (метод Сирса)	27
1.3. Основные стадии поликонденсации	29
1.3.1. Гомогенная поликонденсация	29
1.3.2. Фазообразование	32
1.3.3. Рост частиц (молекулярное отложение)	38
1.4. Анализ влияния различных факторов на скорость гетерофазной поликонденсации (роста частиц) кремниевой кислоты	39
1.4.1. Механизм влияния pH на скорость поликонденсации	39
1.4.2. Температура и скорость поликонденсации	42
1.4.3. Перемешивание и скорость поликонденсации	43
1.4.4. Концентрация кремниевой кислоты и скорость поликонденсации	44
1.4.5. Закономерности влияния электролитов на кинетику поликонденсации	51

Глава 2. Гидролиз и поликонденсация в растворах алкоксидов кремния	55
2.1. Общие представления	55
2.2. Синтез сферических частиц по методу Штобера	61
2.3. Модифицированные методы Штобера	64
Глава 3. Гелеобразование в золях кремниевой кислоты	69
3.1. Общие сведения	69
3.2. Методы исследования кинетики гелеобразования	70
3.3. Кинетика гелеобразования	74
3.3.1. Скорость гелеобразования: влияние природы кислоты, pH и концентрации SiO_2	75
3.3.2. Роль температурного фактора в кинетике образования гелей	78
3.3.3. Скорость гелеобразования и природа катионов щелочных гидроксидов	81
3.3.4. Самопроизвольное диспергирование гелей	82
3.3.5. Роль электролитов	85
3.4. Гелеобразование в золях с плотными частицами	88
3.5. Фрактальная теория гелеобразования	93
Глава 4. Щелочные силикаты – прекурсоры нанодисперсного кремнезема	99
4.1. Общая характеристика растворимых силикатов	99
4.2. Полисиликаты	104
4.3. Кинетика деполимеризации кремнезема	106
4.4. Кинетика деполимеризации и агрегативная устойчивость коллоидного кремнезема	114
Глава 5. Синтез, концентрирование и модифицирование золя	117
5.1. Получение раствора кремниевой кислоты ионообменным методом	117
5.2. Синтез «зародышевого» золя	119
5.3. Выращивание частиц золя путем подачи «питателя»	119
5.4. Концентрирование зольей	126
5.5. Модифицированные золи	128
5.5.1. Адсорбционное модифицирование коллоидного кремнезема соединениями алюминия	129

5.5.2. Золи, модифицированные соединениями молибдена	131
5.5.3. Золи, модифицированные соединениями хрома . .	132
5.5.4. Золи, модифицированные (стабилизированные) гидроксидами щелочных металлов или аммиаком	132

Глава 6. Агрегативная устойчивость коллоидного кремнезема 134

6.1. Классификация дисперсных систем по агрегативной устойчивости	134
6.2. Поликонденсация и гелеобразование	136
6.3. Электроповерхностные свойства водного кремнезема	139
6.3.1. Исследование поверхностных свойств кремнезема методом ЯМР	143
6.3.2. Вязкость и электрофоретическая подвижность зольей	145
6.4. Адсорбционная способность кремнезема и агрегативная устойчивость зольей в присутствии электролитов	154
6.5. Природа гидрофильности кремнезема	161
6.6. Обобщенная теория агрегативной устойчивости дисперсных систем ДЛФО	163

Глава 7. Основы золь-гель технологии монолитных материалов 173

7.1. Основные стадии золь-гель технологии	174
7.2. Силикатные стекла и покрытия	179
7.3. Многокомпонентные стекла	183
7.4. Стеклокерамика	185

Глава 8. Золь-гель процессы в гетерогенных средах 187

8.1. Золь-гель процессы в микроэмульсиях	188
8.2. Инкапсулирование наночастиц кремнезема в полимерную органическую матрицу	209
8.2.1. Золь-гель синтез наночастиц типа «ядро—оболочка»	217

8.2.2. Синтез частиц «ядро–оболочка» методом гетерокоагуляции	220
Глава 9. Пористые материалы и порошки.	225
9.1. Золь-гель метод получения силикагелей.	226
9.2. Синтез мезопористых материалов в присутствии темплатов.	231
9.3. Золь-гель синтез смешанных оксидов.	247
9.4. Синтез полых частиц кремнезема	259
Глава 10. Примеры технологических схем синтеза	265
Цитированная литература	279