

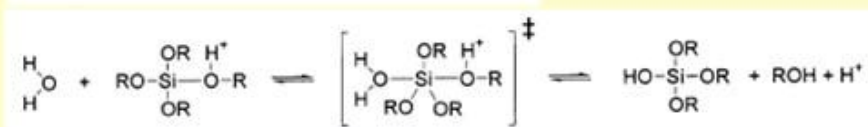
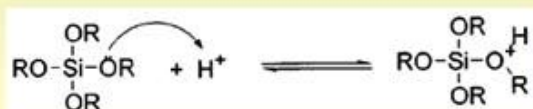
Лекция 5. Золь-гель метод синтеза наночастиц и наноматериалов

При использовании золь-гель метода можно получать наночастицы, пористые структуры с упорядоченным и неупорядоченным расположением пор, нанопокртия, волоконные и монокристаллические структуры.

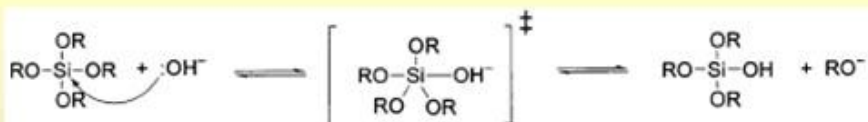
Процесс состоит из следующих стадий:

1 стадия: Образование золя - гидролиз и поликонденсация мономерных соединений кремния:

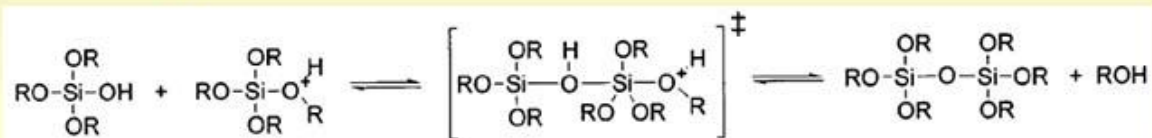
Гидролиз в кислой среде:



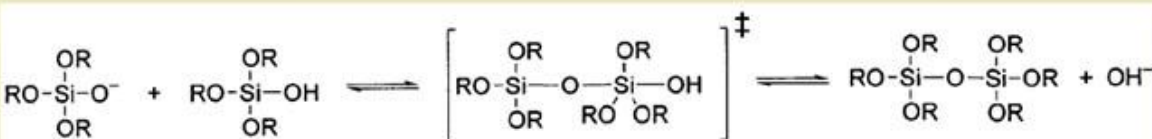
Гидролиз в щелочной среде:



Поликонденсация в кислой среде:



Поликонденсация в щелочной среде:



2 стадия - образование геля. На данной стадии происходит формирование пространственной сетки геля. При этом наблюдается резкое увеличение вязкости раствора.

В кислой среде гидролиз протекает быстрее, чем поликонденсация. Поэтому на начальных стадиях преимущественно образуются цепи, затем происходит разветвление цепей и их поперечное связывание. В щелочной среде образуются крупные сферические частицы.

3 стадия - старение геля (синерезис). Происходит уплотнение структуры геля, сжимание сетки и выделение из геля растворителя. Данная стадия может протекать несколько суток.

Сначала в системе образуются отдельные частицы оксида кремния. Затем протекает их коалесценция с образованием больших пористых структур.

Первоначально в материале образуется малое количество пор с большим диаметром. По мере протекания синерезиса геля количество пор возрастает, при этом поры становятся более тонкими.

4 стадия - сушка. Происходит удаление жидкости из пространственной структуры геля. Если удаление растворителя происходит в сверхкритических условиях, то образуется аэрогель. Если проводить сушку при повышенной температуре, то формируется более плотная структура - ксерогель (рис. 1).

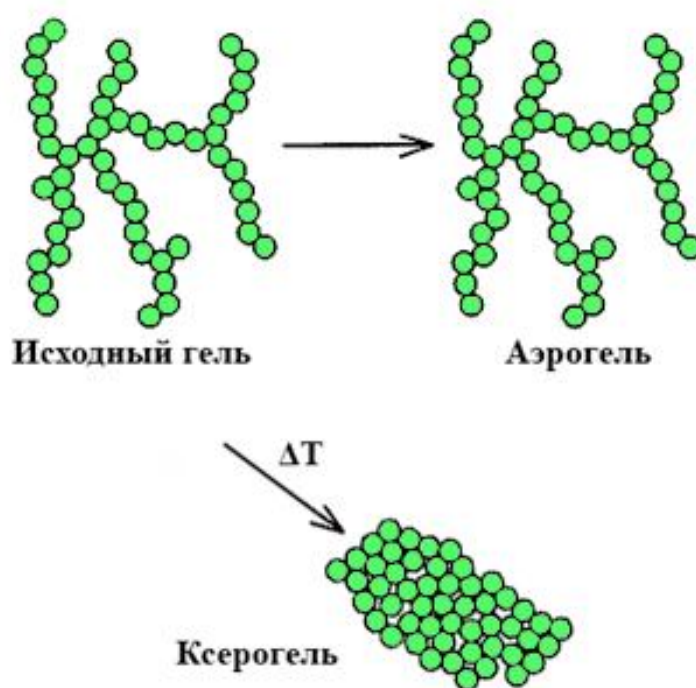


Рис. 1. Структуры, образующиеся при сушке геля

При использовании золь-гель метода можно синтезировать различные типы нанокompозитов. Например, схема процесса синтеза нанокompозита типа "неорганика-неорганика" показана на рис. 2.

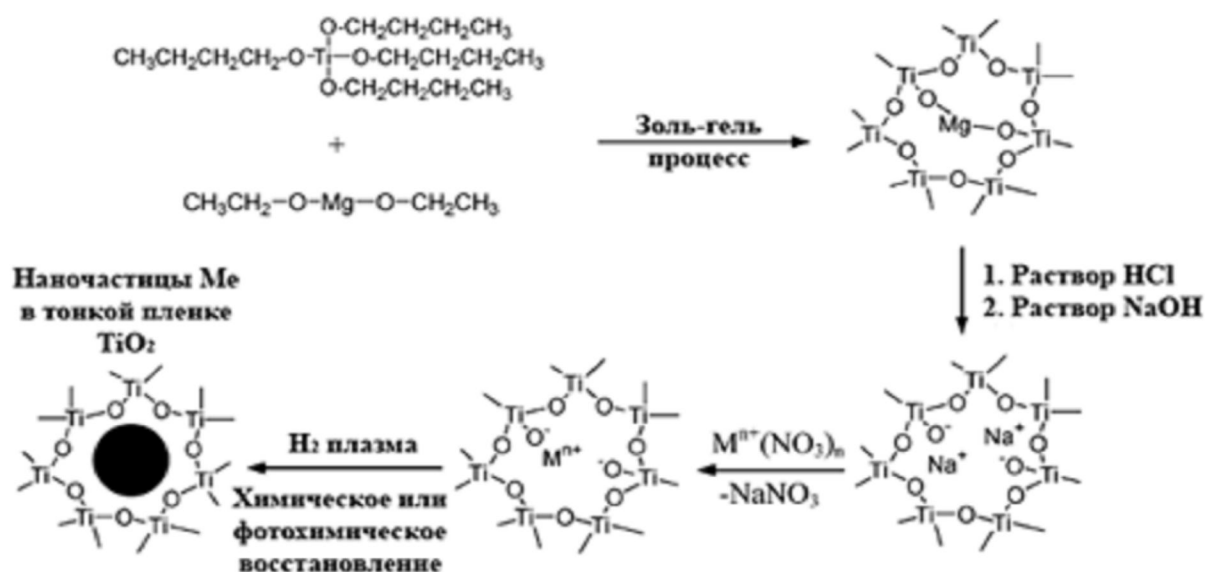


Рис. 2. Схема синтеза нанокompозита "неорганика-неорганика" золь-гель методом

Микрофотография нанокompозита, состоящий из наночастиц серебра в матрице TiO₂ представлена на рис. 3.

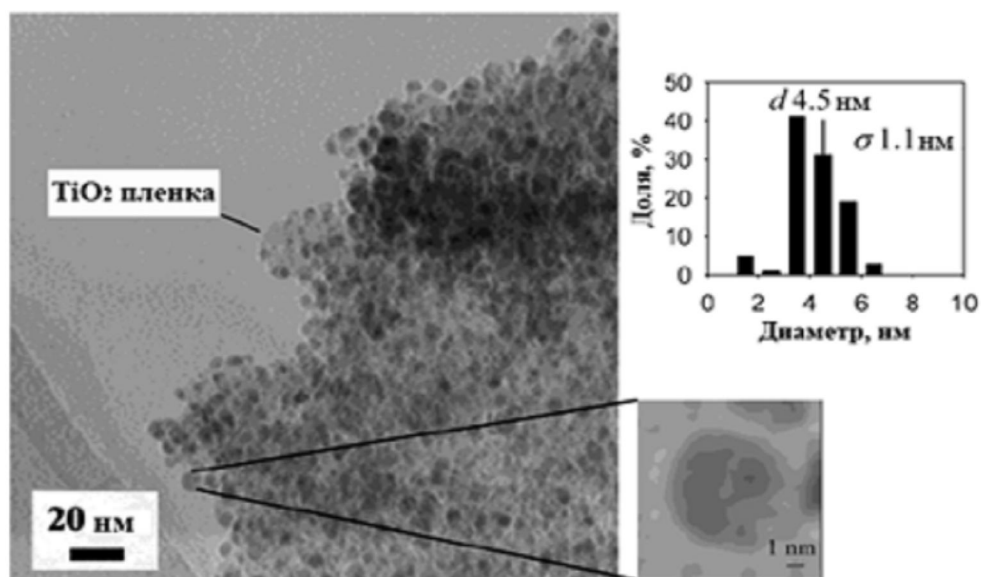


Рис. 3. Композит, состоящий из наночастиц серебра в матрице TiO₂

Основная литература

1. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 208 с.