

## Исследование полых наночастиц диоксида кремния методами электронной микроскопии

Сухинина Н.С. \*, Масалов В.М., Жохов А.А., Зверькова И.И., Емельченко Г.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твёрдого тела  
Российской академии наук (ИФТТ РАН)

\*e-mail: suhinina@issp.ac.ru

DOI: 10.37795/RCEM.2020.39.10.075

В последнее время большое внимание уделяется проблеме получения гибридных частиц путём капсулирования активных материалов (магнитных, полупроводниковых, органических и т.п.) в изолирующие оболочки. Одним из перспективных материалов для формирования капсул, например, для адресной доставки лекарств, является диоксид кремния благодаря его термостойкости, химической инертности и биосовместимости. В данной работе представлены результаты электронно-микроскопических исследований структуры полых наночастиц диоксида кремния, перспективных для использования в качестве таких капсул.

Объектами исследования служили полые наночастицы диоксида кремния, полученные темплатным методом. В качестве шаблона использовали предварительно полученные монодисперсные частицы полиметилметакрилата (ПММА) диаметром ~ 440 нм. Синтез кремнезёмной оболочки проводили двумя способами: гидролизом винилтриметоксисилана (ВТМС) в присутствии аммиака (тип I) и гидролизом ВТМС в присутствии L-аргинина (тип II). Полученные частицы «ядро-оболочка» первого типа имели диаметр 465 нм, второго типа – 483 нм (рис. 1).

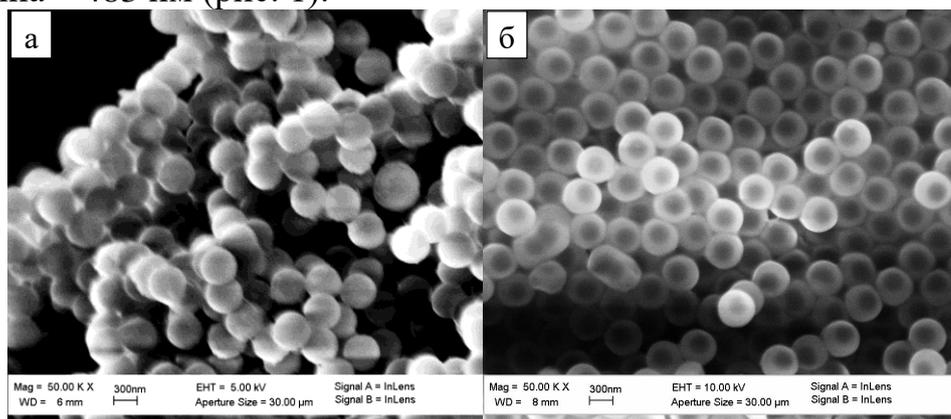


Рис.1. СЭМ-изображения частиц «ядро-оболочка», полученных в присутствии аммиака (а) и в присутствии L-аргинина (б)

В дальнейшем образцы подвергали температурной обработке для удаления «ядер» ПММА и образования полых частиц диоксида кремния и уплотнения кремнезёмной оболочки. В процессе отжига отбирали пробы и изучали

изменение диаметра частиц с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 2).

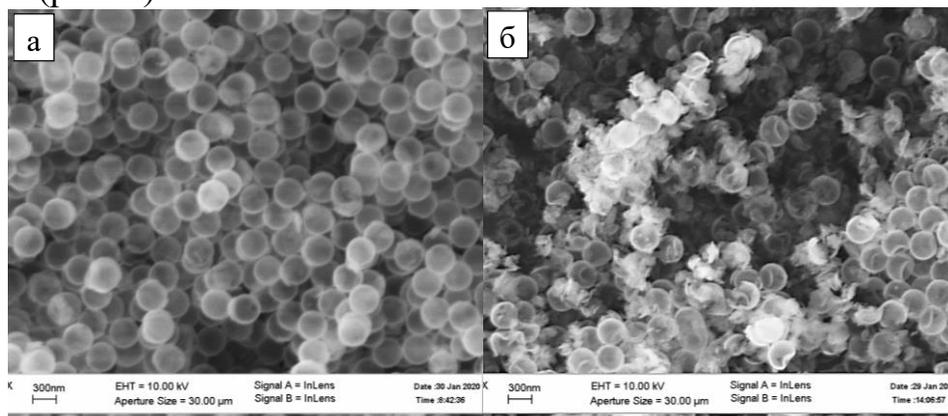


Рис.2. СЭМ-изображения полых наночастиц диоксида кремния, полученных в присутствии аммиака (а) и в присутствии L-аргинина (б). Отжиг 500 °С 14 ч

На рис. 3а показано изменение диаметра частиц типа I от температуры отжига. Как видно из графика (рис. 3б) частицы обоих типов в ходе отжига при 500 °С достигают своих окончательных размеров примерно за 2 часа. При этом общее изменение диаметра наночастиц типа II составило 27%, что значительно больше, чем у частиц типа I (16%). Также из рис. 2 видно, что частицы типа II при отжиге больше подвержены деформации.

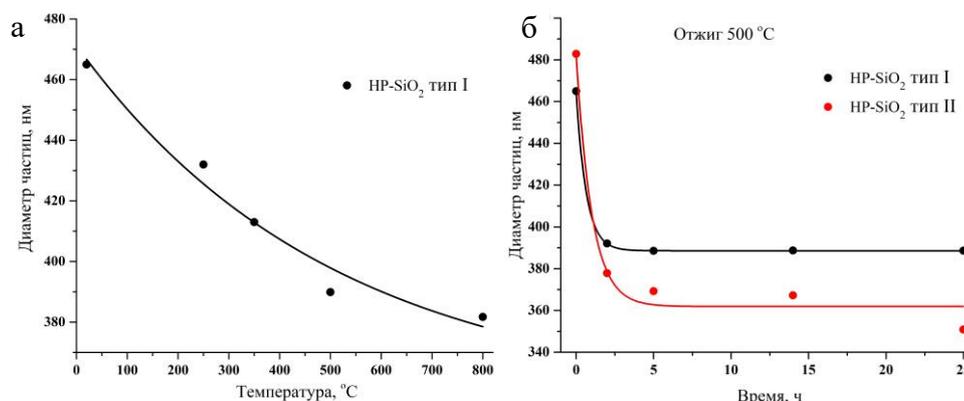


Рис.3. Изменение диаметра полых частиц диоксида кремния от температуры (а) и времени отжига (б)

На основе электронно-микроскопических исследований и данных рентгенофазового анализа показано, что структура и свойства полученных полых наночастиц диоксида кремния зависят от условий синтеза.

Данная работа выполнена в рамках госзадания с использованием сканирующего электронного микроскопа Zeiss Supra 50 VP ЦКП ИФТТ РАН.