

Определение структурных параметров нанокompозитов на основе опаловых матриц методом рентгеновского и нейтронного малоуглового рассеяния

Амарантов С.В.

*Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
amarantov_s@mail.ru*

Опаловые матрицы (ОМ) представляют собой трехмерные решетчатые упаковки близких по диаметру ($\Delta d < 5\%$) наносфер рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2), размеры которых в зависимости от условий процесса получения, могут изменяться в заданных пределах $d = (260 - 350)$ нм. Материалы, созданные на основе опаловых матриц, представляют собой яркий пример трехмерных высокоупорядоченных структур в наноразмерном диапазоне. ОМ состоит из практически монодисперсных сферических глобул диоксида кремния (или другого вещества) с плотнейшей шаровой упаковкой. ~26% объема опаловых матриц приходится на межсферические полости. Синтез нанокompозитов на основе ОМ разного состава основан на заполнении порового пространства опаловой матрицы различными веществами, при этом порядок заполнения этих пустот в ОМ имеющими тот или иной контраст плотности, диэлектрической проницаемости или показателя преломления не только обуславливает свойства композитного материала (магнитные, проводящие, оптические, люминесцентные), но возможно оказывает влияние на структуру 3D-композита в целом.

В данной работе [1,2] исследовалась исходная (ОМ) и композит-ОМ с заполненным поровым пространством, а именно ОМ с золеом оксида европия (ОМ/soI), ОМ с титанатом висмута (ОМ/ $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$), ОМ с наночастицами оксида металла (железа) ОМ/М.

Измерения в ультрамалоугловой (УМУРН, USANS) и малоуглового области рассеяния нейтронов (МУРН, SANS) были проведены на установке D33 (реактор ILL, Гренобль, Франция) см.рис.1, работающей в геометрии близкой к точечной, на двух длин волн нейтронов $\lambda = 4,6$ и 13 \AA , $\Delta\lambda/\lambda = 10\%$, в диапазоне переданных импульсов $0,012 \cdot 10^{-3} < q < 3 \cdot \text{нм}^{-1}$ и расчет из кривых см.рис.1 внутри-частичной функции парных расстояний $P(R)$, см.рис.2

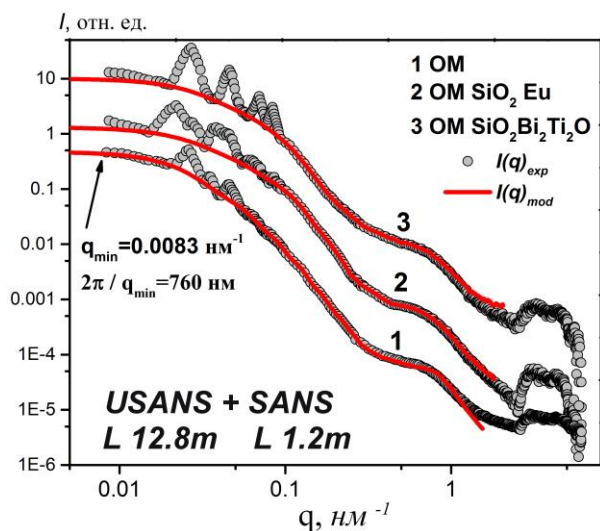


рис1

USANS+SANS кривые рассеяния от исходной опаловой матрицы OM, и нанокompозитов на её основе, L- расстояние образец – детектор.

В области ультрамалых углов $0,015 \leq Q \leq 0,1 \text{ nm}^{-1}$ на данных МУРН для всех образцов четко прослеживается набор дифракционных максимумов, которые можно отнести к рассеянию на упорядоченной структуре OM или композита. Расположение максимумов, характерных для исходной OM, примерно сохраняется для всех образцов, а различия в расположении рефлексов могут быть связаны со структурными особенностями заполнения пустот и возможным изменением структурного типа упаковки решетки композитов. Индексирование этих брэгговских пиков в рамках ГЦК структуры позволило определить параметры элементарной ячейки опаловой матрицы и нанокompозитов на её основе, которые для всех образцов оказались одинаковыми и составили $a = 400(5) \text{ nm}$, что соответствует размеру монодисперсных сферических частиц $\sim 280(5) \text{ nm}$ и согласуется с данными электронной микроскопии.

Список литературы

[1] С.Н. Ивичева, С.В. Амарантов, Ю.Ф. Каргин, В.В. Волков "Структурные параметры упорядоченных нанокompозитов на основе опаловых матриц по данным рентгеновского и нейтронного малоуглового рассеяния. Опаловая матрица. Часть I" // Российские нанотехнологии 2018, Т.13. № 7- 8. С.10-17.

[2] С.Н. Ивичева, С.В. Амарантов, Ю.Ф. Каргин, В.В. Волков "Структурные параметры упорядоченных нанокompозитов на основе опаловых матриц по данным малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния. Моделирование структурных и дисперсных характеристик нанокompозитов по данным МУРР и МУРН. Часть II" // Российские нанотехнологии 2018. Т.13. № 11-12. С.12-22.

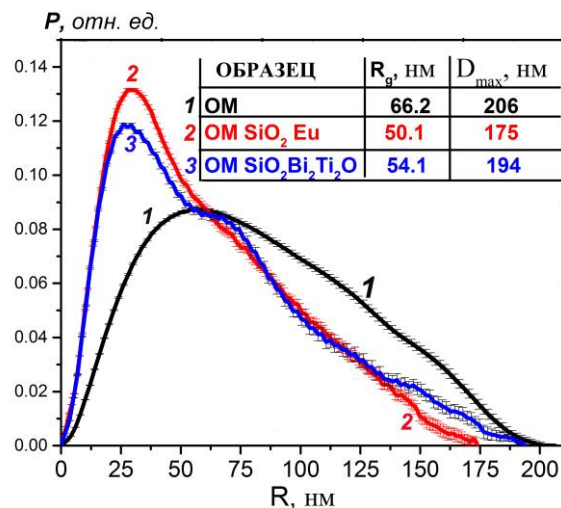


Рис.2

Расчет из кривых рис.1 функций парных расстояний $P(r)$, и из неё радиуса инерции и максимального размера частицы.