

Морфология монолитных аэрогелей наноструктурированного оксигидроксида алюминия

*А. Н. Ходан¹, А. А. Осипов², Г. П. Копица^{3, 4}, Х. Э. Ёров⁵, А. Е. Баранчиков⁶,
В. К. Иванов^{6, 7}, А. Feoktystov⁸, V. Pipich⁸*

¹ *Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия*

² *АО «ГНЦ РФ – Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского», Обнинск, Россия*

³ *Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Гатчина, Россия*

⁴ *Институт химии силикатов им. И. В. Гребениčkова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

⁵ *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

⁶ *Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия*

⁷ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

⁸ *JCNS, Forschungszentrum Jülich GmbH, Outstation at MLZ, Garching, Germany*

Окисление металлического Al на воздухе в присутствии Hg, приводящее к образованию рыхлых оксидов, известно давно [1]. Продуктом такого окисления является наноструктурированный оксигидроксид алюминия (НОА), характеризующийся волокнистой структурой и крайне низкой плотностью (~ 0.01 г/см³), что позволяет отнести его к аэрогелям на основе одномерных структур. К настоящему времени разработаны различные методы синтеза НАО с использованием сплавов Al-Hg, Al-Ga, Al-Bi и жидкого Al [2], однако, механизм формирования фибрилл НОА при селективном окислении Al на поверхности жидкометаллической фазы до сих пор остается совершенно неизученным.

Данная работа посвящена изучению структуры, в том числе структурной анизотропии, НОА, формирующихся в виде монолитных материалов при окислении поверхности жидкометаллического раствора Al в Hg [3], а также поверхности жидких сплавов Al-Ga и Al-Bi в воздушной среде с контролируемой температурой (20 ÷ 400 °С) и влажностью. Методами РФА, ТГА/ДТА, ПЭМ, низкотемпературной адсорбции азота, МУРН и УМУРН, а также МУРР проведены комплексные исследования как исходных образцов НОА, так и отожженных при 400 ÷ 1150 °С.

Установлено, что структура монолитных НОА может быть описана в рамках трехуровневой модели, включающей в себя наличие первичных неоднородностей ($r_c \approx 9\text{--}19$ Å), формирующих фибриллы (радиус поперечного сечения $R \approx 36\text{--}43$ Å и длиной $L \approx 3200\text{--}3300$ Å) или ламели (толщина $T \approx 110$ Å и ширина $W \approx 3050$ Å), которые, в свою очередь, объединены в крупномасштабные агрегаты ($R_c \approx 1.25\text{--}1.4$ мкм) с незначительной шероховатостью поверхности. Показано, что высокая удельная площадь поверхности (~ 200 м²/г), характерная для исходных НОА, сохраняется при его отжиге до 900 °С, а в результате термической обработки при 1150 °С происходит её уменьшение до ~ 100 м²/г в результате спекания фибрилл.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-53-150007 НЦНИ а).

1. Wislicenus H. // Z. Chem. Ind. Kolloide. 1908. В. 2. S. XI.

2. M. R. Noordin, K. Y. Liew, Synthesis of Alumina Nanofibers and Composites, in: A. Kumar (Ed.), Nanofibers, InTech, 2010

3. A. N. Khodan, G. P. Kopitsa, Kh.E. Yorov, et al. Journal of Surface Investigation, 2018, Vol. 12, No. 2, pp.287–296.