



(H)	
Li <sup>3</sup> ЛИТИЙ	Be <sup>4</sup> БЕРИЛЛИЙ
Na <sup>11</sup> НАТРИЙ	Mg <sup>12</sup> МАГНИЙ
K <sup>19</sup> КАЛИЙ	Ca <sup>20</sup> КАЛЬЦИЙ
<sup>29</sup> Cu МЕДЬ	<sup>30</sup> Zn ЦИНК
Rb <sup>37</sup> РУБИДИЙ	Sr <sup>38</sup> СТРОНЦИЙ
<sup>47</sup> Ag СЕРЕБРО	<sup>48</sup> Cd КАДМИЙ
Cs <sup>55</sup> ЦЕЗИЙ	Ba <sup>56</sup> БАРИЙ
<sup>79</sup> Au ЗОЛОТО	<sup>80</sup> Hg РТУТЬ
Fr <sup>87</sup> ФРАНЦИЙ	Ra <sup>88</sup> РАДИЙ

ТОМ 53

ВЫП. 7

ISSN 0579-2991

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

СЕРИЯ

## ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Иваново 2010

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
ИЗДАНИЕ ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**ХИМИЯ  
И  
ХИМИЧЕСКАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
Основан в январе 1958 года. Выходит 12 раз в год.

**Том 53  
Вып. 7**

**Иваново 2010**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор О.И. Койфман (*д.х.н., профессор, член-корр. РАН*)

Зам. гл. редактора В.Н. Пророков (*к.х.н.*)

Зам. гл. редактора В.В. Рыбкин (*д.х.н., профессор*)

Зам. гл. редактора А.П. Самарский (*к.х.н.*)

Зав. редакцией А.С. Манукян (*к.т.н.*)

В.К. Абросимов (*д.х.н., проф.*), М.И. Базанов (*д.х.н., проф.*), Б.Д. Березин (*д.х.н., проф.*),  
В.Н. Блиничев (*д.т.н., проф.*), С.П. Бобков (*д.т.н., проф.*), В.А. Бурмистров (*д.х.н., проф.*),  
Г.В. Гиричев (*д.х.н., проф.*), О.А. Голубчиков (*д.х.н., проф.*), М.В. Ключев (*д.х.н., проф.*),  
А.М. Колкер (*д.х.н., проф.*), А.Н. Лабукин (*д.т.н., проф.*), Т.Н. Ломова (*д.х.н., проф.*),  
Л.Н. Мизеровский (*д.х.н., проф.*), В.Е. Мизонов (*д.т.н., проф.*), В.И. Светцов (*д.х.н., проф.*),  
Ф.Ю. Телегин (*д.х.н., проф.*), М.В. Улитин (*д.х.н., проф.*), В.А. Шарнин (*д.х.н., проф.*)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*проф.* Дудырев А.С. (г. Санкт-Петербург)

*проф.* Дьяконов С.Г. (г. Казань)

*акад. РАН* Егоров М.П. (г. Москва)

*акад. РАН* Еременко И.Л. (г. Москва)

*проф.* Захаров А.Г. (г. Иваново)

*акад. РАН* Монаков Ю.Б. (г. Уфа)

*член-корр. РАН* Новаков И.А. (г. Волгоград)

*акад. РАН* Новоторцев В.М. (г. Москва)

*член-корр. РАН* Овчаренко В.И. (г. Новосибирск)

*акад. РАН* Саркисов П.Д. (г. Москва)

*акад. РАН* Синяшин О.Г. (г. Казань)

*проф.* Тимофеев В.С. (г. Москва)

*член-корр. РААСН* Федосов С.В. (г. Иваново)

---

Издание Ивановского государственного химико-технологического университета, 2010

**Адрес редакции:** 153000, г. Иваново, пр. Фридриха Энгельса, 7, тел. 8(4932)32-73-07, E-mail: [ivkkt@isuct.ru](mailto:ivkkt@isuct.ru),  
<http://CTJ.isuct.ru>

---

Редактор: Н.Ю. Спиридонова  
Англ. перевод: В.В. Рыбкин  
Компьютерная верстка: А.С. Манукян

---

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24169 от 20 апреля 2006 г.

*Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»*

Журнал издается при содействии Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова

Подписано в печать 31.05.2010. Формат бумаги 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,6. Усл. кр.-отт. 18,34. Учетно-изд. л. 15,12. Тираж 450 экз. Заказ 704.

Отпечатано с диапозитивов в ОАО «Ивановская областная типография». 153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

Подписка: ОАО Агентство «РОСПЕЧАТЬ» (подписной индекс 70381),  
ООО «Научная электронная библиотека» ([www.e-library.ru](http://www.e-library.ru)).

©Изв. вузов. Химия и химическая технология, 2010

УДК 541.182.642:541.64

В.В. Вольхин, А.Л. Жарныльская, Д.А. Казаков, Г.В. Леонтьева

# СИНТЕЗ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНОЙ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В АЛЮМООКСИДНОЙ МАТРИЦЕ

(Пермский государственный технический университет)

e-mail: [vvv@purec.pstu.ac.ru](mailto:vvv@purec.pstu.ac.ru)

*Определены условия синтеза оксигидроксида циркония при гидролизе  $ZrOCl_2$ , способного кристаллизоваться при нагревании ( $\approx 400^\circ\text{C}$ ) с образованием фазы  $t\text{-}ZrO_2$ . На основе золь-гелей  $g\text{-}AlOOH$  и  $ZrO_2$  с помощью золь-гель-процесса получен алюмооксидный гель с гомогенным распределением в нем наночастиц  $ZrO_2$ . Подтверждена возможность стабилизации наночастиц чистой (недопированной) фазы  $t\text{-}ZrO_2$  в алюмооксидной матрице во всей исследованной области температур прокаливания образцов композитов вплоть до  $1350^\circ\text{C}$ .*

**Ключевые слова:** наночастицы, диоксид циркония, тетрагональная модификация, стабилизация, алюмооксидная матрица, золь-гель-процесс, продукты термической обработки

Одним из направлений нанохимии является материало-синтетическое [1]. Нанохимия позволяет создать керамические материалы нового поколения с принципиально иными характеристиками «структура – свойства» [2]. Из числа керамических материалов особый интерес представляет керамика ZTA (zirconia-toughened alumina) – дисперсно-упроченный композит системы  $Al_2O_3\text{--}ZrO_2$ , содержание  $ZrO_2$  в котором составляет 5–45 мас. % [3]. Прочность и вязкость разрушения керамики существенно возрастают за счет диспергирования ультрадисперсных частиц  $t\text{-}ZrO_2$  (тетрагональная модификация) в алюмооксидной матрице [3–4]. Однако решение проблемы упрочнения алюмооксидной керамики усложняется по причине неустойчивости  $t\text{-}ZrO_2$  при комнатной температуре (и вплоть до  $1170^\circ\text{C}$ ). С целью стабилизации  $t\text{-}ZrO_2$  проводят его допирование с помощью Y, Ce, Mg или других химических элементов [4–5]. На основе достижений нанохимии открывается возможность стабилизации наночастиц чистой (недопированной) фазы  $t\text{-}ZrO_2$  в составе ZTA [6–7].

Трудности возникают при выборе условий синтеза заданной кристаллической модификации  $ZrO_2$ . Продукты гидролиза  $ZrOCl_2$  выделяются в рентгеноаморфном состоянии, а оформление кристаллической структуры той или иной модификации  $ZrO_2$  происходит при последующем нагревании материала. Для повышения устойчивости метастабильной модификации  $t\text{-}ZrO_2$  имеет значение

уменьшение размеров ее частиц [8] и, особенно, достижение ими наноразмерного масштаба [9]. Верхний критический размер зерен  $t\text{-}ZrO_2$  около 30 нм. Для стабилизации  $t\text{-}ZrO_2$  в форме наночастиц необходимо ограничить также возможность их агломерации при нагревании.

В данной работе поставлена задача изучить возможность синтеза и стабилизации частиц чистой (недопированной) наноразмерной фазы  $t\text{-}ZrO_2$  в алюмооксидной матрице при температурах вплоть до  $1350^\circ\text{C}$ . Для получения высокоомогенного материала системы  $Al_2O_3\text{--}ZrO_2$  применен неорганический вариант золь-гель-синтеза.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы материалов для исследования получали гидролизом водных растворов 0,1 М  $AlCl_3$  и  $ZrOCl_2$ . Гидролиз  $AlCl_3$  и  $ZrOCl_2$  проводили раздельно, что позволило, независимо друг от друга, выбирать условия получения каждого из компонентов композита. Для получения оксигидроксида алюминия в раствор  $AlCl_3$  при температуре  $90\text{--}100^\circ\text{C}$  и интенсивном перемешивании вводили концентрированный раствор  $NH_3$ . Условия гидролиза  $ZrOCl_2$  существенно варьируются в работах разных исследователей. В соответствии с задачей синтеза  $t\text{-}ZrO_2$  и с учетом результатов ранее выполненных исследований [9–11], нами был уточнен выбор концентраций водных растворов  $NH_3$  и конечных значений pH при гидролизе  $ZrOCl_2$ .