

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Симоненко Татьяны Леонидовны «Синтез и исследование твёрдых электролитов на основе  $ZrO_2$ ,  $CeO_2$  и  $BaCe(Zr)O_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия

В настоящее время большой интерес представляют твердотельные активные материалы, обладающие полифункциональными свойствами. К этой группе веществ в частности относятся сложные оксиды *d*- и *f*-элементов, интенсивно исследуемые в последние годы из-за большого научного интереса (фазовый переход порядок-беспорядок, геометрически фрустрированный магнетизм, ионная проводимость и т.д.). Кроме того эти материалы имеют ряд перспективных технологических применений, включающих твердые электролиты в высокотемпературных твердооксидных топливных ячейках, керамические слои теплозащитных покрытий, инертные матрицы для утилизации радиоактивных отходов, нейтронопоглощающие материалы и т.д. Несмотря на большое количество работ, посвященных получению и исследованию твердых электролитов на основе  $ZrO_2$ ,  $CeO_2$  и  $BaCe(Zr)O_3$ , до сих пор нет четких представлений о влиянии условий синтеза на микроструктуру и электрофизические свойства данных материалов. В связи с этим диссертационная работа Симоненко Т.Л., посвященная разработке физико-химических основ направленного синтеза нанокристаллических объемных и тонкопленочных керамических электролитов на основе легированных оксидов циркония и церия, а также цератов и цирконатов бария, обладающих различными типами проводимости и рабочими температурами, несомненно, является актуальной как с научной, так и практической точек зрения.

На наш взгляд к достоинствам представленной в автореферате работы можно отнести следующее:

1. Диссертантом выполнен большой объем экспериментальных исследований по синтезу оксидных нанокристаллических порошков состава  $(ZrO_2)_{0.92}(Y_2O_3)_{0.03}(Gd_2O_3)_{0.03}(MgO)_{0.02}$ ,  $(CeO_2)_{1-x}(Y_2O_3)_x$  ( $x = 0.10; 0.15; 0.20$ ),  $(CeO_2)_{1-x}(Gd_2O_3)_x$  ( $x = 0.03; 0.05; 0.07; 0.10$ ) и  $BaCe_{0.9-x}Zr_xY_{0.1}O_{3-\delta}$  ( $x = 0; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8$ ), тонкопленочных и объемных наноматериалов на их основе, а также изучению их физико-химических и электрофизических свойств с использованием комплекса современных методов анализа (РФА, малоуглового рассеяния нейтронов, ИК-спектроскопии, сканирующей электронной и зондовой микроскопии, синхронного термоанализа,

низкотемпературной адсорбции азота, импедансной спектроскопии, вискозиметрии).

2. Было показано, что использование метода соосаждения гидроксидов металлов с элементами криотехнологии позволяют существенно увеличить дисперсность получаемых нанокристаллических порошков в системе  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ .

3. Установлено, что использование метода искрового плазменного спекания (SPS) позволяет не только снизить температуру (на  $300^\circ\text{C}$ ) и сократить время (в 24 раза) консолидации, но и увеличить в 1.5 раза электропроводность получаемых керамических материалов в системе  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ .

4. Практическая значимость разработанного диссертантом жидкофазного метода синтеза многокомпонентного керамического материала в системе  $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  подтверждена полученным патентом РФ № 2614322.

Вместе с тем к содержанию автореферата имеется ряд замечаний:

1. На стр. 11 автореферата диссертант отмечает, что отжиг порошков  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  в интервале температур  $600\text{-}1300^\circ\text{C}$  не приводит к изменению их кристаллической структуры. При этом, как видно из рис. 1, полуширина дифракционных максимумов (FWHM) существенно уменьшается с ростом температуры отжига, что указывает на увеличение размера кристаллитов (ОКР). К сожалению, в автореферате диссертант не приводит температурную зависимость ОКР.

2. Для характеристики полученных образцов (как порошков, так и керамических материалов) диссертант использует широкий набор физико-химических методов анализа. Среди них, к сожалению, отсутствует спектроскопия комбинационного рассеяния (Рамановская спектроскопия), которая является одним из наиболее эффективных методов исследования структуры материалов на основе  $\text{ZrO}_2$ , поскольку она чувствительна к кислородно-катионным колебаниям и дает существенную информацию о структуре анионной подрешетки в синтезированных образцах.

3. Объем представленного диссертантом автореферата несколько превышает объем, рекомендованный ВАК РФ для кандидатских диссертаций.

Следует отметить, что указанные замечания ни в коей мере не снижают научной и практической ценности представленной диссертантом работы.

В целом, по важности поставленных и исследованных вопросов, научно-техническому уровню их проработки и практическому значению

полученных результатов материалы, представленные в автореферате, полностью соответствуют требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., № 842 (в редакции 2016 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Симоненко Татьяна Леонидовна заслуживает присуждения искомой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Попов Виктор Владимирович,  
доктор химических наук (02.00.01 – неорганическая химия; 02.00.11 – коллоидная химия),  
старший научный сотрудник,  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ),  
старший научный сотрудник кафедры «Физика твердого тела и наносистем» НИЯУ МИФИ

В.В. Попов

115409, Москва, Каширское ш., 31, НИЯУ МИФИ  
тел. (495) 788-56-99 доб. 80-20  
[victorvpopov@mail.ru](mailto:victorvpopov@mail.ru)

