

наночастицами железа составляет 7-8 кПа, что сравнимо с жесткостью мягких биологических тканей [6], наполнение полиакриламидной матрицы наночастицами оксида железа в массовой доле до 1,48% приводит к значительному увеличению модуля упругости гелей, увеличение концентрации наночастиц в диапазоне от 0,27% до 1,48% значимым образом не влияло на модуль Юнга феррогелей.

Литература:

1. Gong J.P. Polymer gels as soft and wet chemomechanical systems an approach to artificial muscles / J.P. Gong, D. Kaneko, Y. Osada. / The Royal Society of Chemistry, №12 / 2002 P. 2169-2177.
2. Jabbaril E. Swelling characteristics of acrylic acid polyelectrolyte hydrogel in a dc electric field / E Jabbaril, A.S. Sarvestani, J. Tavakoli / Smart Materials and Structures, №16 / 2007. P. 1614–1620.
3. Cells G.H. Gels and the Engine of Life / G.H. Cells, Pollak / Anew, Unifying Approach to Cell Function. Seattle WA: Ebner&Sons. / 2001, P. 305.
4. Csetneki I Magnetic Field-Responsive Smart Polymer Composites / I Csetneki, G. Filipcsei, A. Szilagy, M., Zrinyi / Adv Polym Sci, 2007, P. 137–189.
5. Sophia I.K. Influence of iron oxide nanoparticles on bending elasticity and bilayerfluidity of phosphatidylcholine liposomal membranes / I.K. Sophia, J. Lyubomirova, Genova N.P., Poormina B.S. / Colloids and Surfaces A:Physicochem. Eng. Aspects 460 / 2014 P. 248-253.
6. Владимиров Ю.А. Биофизика: учебник / Ю.А.Владимиров, Д.И.Рощупкин и др. / М: Медицина, 1983, 272 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №14-19-00989 «Магнитополимерные материалы для инженерии биологических тканей».

УДК 539.893

**Ю.Н. Семенова, А.Н. Бабушкин
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ ФАЗЫ НА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ZrO_2 ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ
(В МЕДИЦИНСКОМ ПРИЛОЖЕНИИ)**

Кафедра физики низких температур
Уральский федеральный университет
имени первого президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, Российская федерация

**U.N. Semenova, A.N. Babushkin
EFFECT OF CONCENTRATION TETRAGONAL PHASE OF ZrO_2 ON
THE ELECTRICAL PROPERTIES AT HIGH PRESSURES**

(MEDICAL APPLICATION)

Department of low temperature physics

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
Yekaterinburg, Russian Federation

Контактный e-mail: ulia.shumina@yandex.ru

Аннотация. Показано, что соотношение в образцах тетрагональной и моноклинной фаз оказывает влияние на величину давления фазового перехода. Обнаружено, что при барическом воздействии на исследуемые образцы соотношение тетрагональной и моноклинной фаз изменяется.

Annotation: It is shown that the samples in the ratio of the tetragonal and monoclinic phases influences the phase transition pressure value. It has been found that the baric effect on the ratio of the test samples of the tetragonal and monoclinic phase change.

Ключевые слова: диоксид циркония, нанопорошки, высокие давления, низкие температуры, электропроводность.

Keywords: zirconia, nanopowders, high pressure, low temperature, electrical conductivity

В последние годы интенсивно исследуются порошки на основе частично стабилизированного диоксида циркония, а также его смеси с оксидом алюминия. С помощью примесей, которые специально вводят в структуру диоксида циркония для стабилизации высокотемпературных фаз, удается существенно влиять на свойства наноразмерных частиц диоксида циркония, в том числе на структурные фазовые переходы. Исследование проводимости как чувствительного параметра может дать информацию о возникновении фазовых переходов различного типа. Резкое изменение проводимости вблизи фазового перехода показывает, что новая фаза возникает в заведомо значительной части объема исследуемого вещества, тогда как структурные исследования могут фиксировать локальную трансформацию фаз.

Однако вопрос влияния концентрации тетрагональной фазы на электрофизические свойства частично стабилизированного диоксида циркония при высоких давлениях изучен недостаточно.

Известно, что трехкомпонентные порошки, содержащие оксиды циркония, иттрия и алюминия образуют твердые растворы при температурах 600-1200°C. Такие порошки могут храниться в обычных условиях без потери свойств, они технологичны в керамическом производстве, их можно использовать при получении керамических изделий, в том числе и медицинского назначения: хирургический инструмент (скальпели), в стоматологии (цельно керамические зубные протезы; мостовые каркасные соединения в зоне жевательных зубов), а также в качестве упрочняющего компонента в современных медицинских имплантационных материалах

(например, коленных и бедренных суставов). Анализ фазового состава порошков позволяет уже на начальной стадии получения материалов прогнозировать эксплуатационные свойства изделий. Существенное значение в такой керамике и композитах имеет соотношение тетрагональной и моноклинной фаз диоксида циркония, которое может изменяться не только от количества введенной добавки, но и от температурного и барического воздействия на материал.

Цель исследования – экспериментальное определение влияния состава на электропроводность и структуру стабилизированного диоксида циркония при давлениях 22-50 ГПа.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны трехкомпонентные порошки $80\%(\text{ZrO}_2+3\text{mol}\%\text{Y}_2\text{O}_3)+20\%\text{Al}_2\text{O}_3$, термообработанные при температуре 600 °С и 900 °С, со следующим соотношением тетрагональной и моноклинной фаз - Т:М=44:56% и Т:М=66:34%, соответственно, получены в Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси. Установлено, что фазовый состав порошков $80\%(\text{ZrO}_2+3\text{mol}\%\text{Y}_2\text{O}_3)+20\%\text{Al}_2\text{O}_3$ определяется твердофазными процессами в системе, а в области температур 600-1200°С образуются твердые тройные растворы[1].

Высокое давление создавалось в камерах типа «закругленный конус - плоскость» с наковальнями из искусственных алмазов «карбонадо» [2,3]. Ошибка при оценке давления не превышает 10% в интервале 15-50 ГПа. Погрешность определения сопротивления порядка 1-2%.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение полиморфизма диоксида циркония при высоких давлениях привело к появлению множества противоречивых результатов относительно кристаллических структур и областей его стабильности, что может быть связано со сложностью проведения эксперимента. Также известно, что существенное влияние на фазовый состав диоксида циркония оказывает предыстория образца и одновременное сосуществование нескольких фаз.

Из барических зависимостей сопротивления образца $80\%(\text{ZrO}_2+3\text{mol}\%\text{Y}_2\text{O}_3)+20\%\text{Al}_2\text{O}_3$ с соотношением тетрагональной и моноклинной фаз Т:М=44:56%, представленной на рис. 1 видно, что при повышении давления от 30 до 37 ГПа сопротивление образца падает на порядок. Дальнейшее повышение давления ведет к немонотонному росту сопротивления. При 40 ГПа на графике обнаружен максимум сопротивления, обусловленный усилением неоднородности в образце, связанным с изменением соотношения тетрагональной и моноклинной фаз вследствие воздействия на него давлением. При понижении давления происходит сглаживание кривой в области давлений 35-40 ГПа, при давлении 32 ГПа наблюдается максимум.

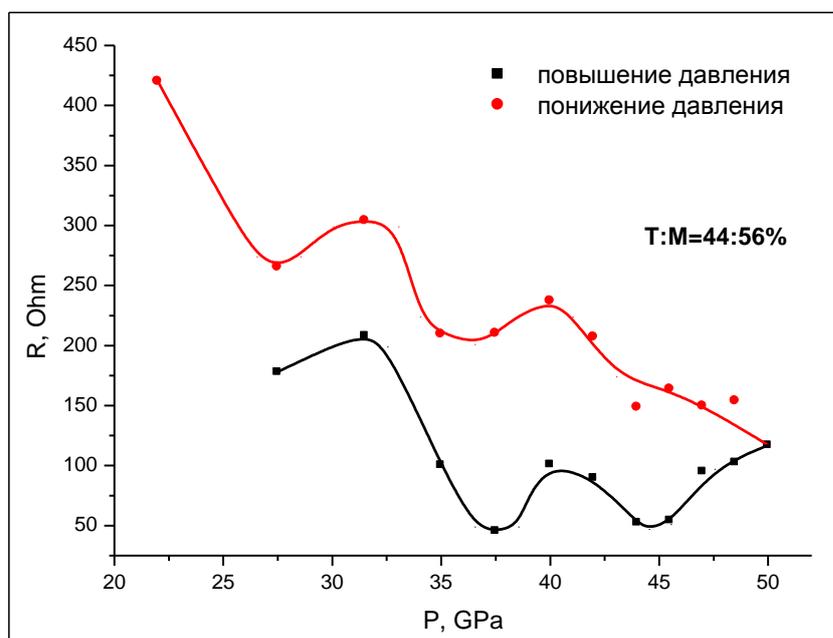


Рис.1. Барические зависимости сопротивления стабилизированного диоксида циркония с соотношением фаз $T:M=44:56\%$

На рис. 2 представлены барические зависимости сопротивления образца $80\%(ZrO_2+3mol\%Y_2O_3)+20\%Al_2O_3$ с соотношением тетрагональной и моноклинной фаз $T:M=66:34\%$. Обнаружено, что при повышении давления от 30 до 35 ГПа происходит резкий рост сопротивления, который также можно связать с усилением неоднородности в образце и повышением концентрации моноклинной фазы настолько, что она становится преобладающей. Дальнейшее повышение давления ведет к снижению сопротивления на порядок.

При понижении давления, от 50 ГПа особенностей в поведении электросопротивления нет – сопротивление растет монотонно – что может быть связано с присутствием в образце преобладающей моноклинной фазы. В области давлений 25-27 ГПа наблюдается резкий рост сопротивления.

Таким образом, увеличение доли тетрагональной фазы в исходных образцах стабилизированного диоксида циркония приводит к смещению границы фазового перехода в сторону более низких давлений, то есть, изменяя фазовый состав можно влиять на величину давления перехода, что позволит прогнозировать эксплуатационные свойства производимых керамических материалов.

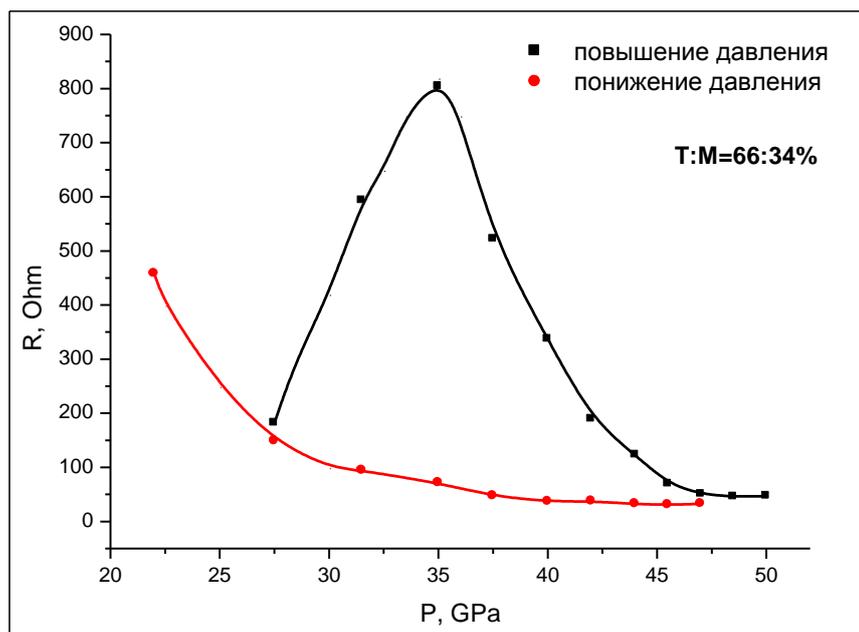


Рис.2. Барические зависимости стабилизированного диоксида циркония с соотношением фаз Т:М=66:34%

Выводы:

В результате исследования установлено существование структурных изменений в образцах $80\%(\text{ZrO}_2+3\text{mol}\% \text{Y}_2\text{O}_3)+20\% \text{Al}_2\text{O}_3$ с температурами отжига 600 и 900°C в интервалах давлений $27\text{-}32$ ГПа и $35\text{-}40$ ГПа.

Данная закономерность может быть связана с тем, что при барическом воздействии происходит искажение структуры исследуемых образцов, которое влечет увеличение доли моноклинной фазы и образование промежуточных фаз, и как следствие замедление фазового перехода.

Литература:

1. Ульянова Т. М. Исследование структуры и свойств наноструктурных композиционных порошков $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ / Т. М. Ульянова, Н. П. Крутько, Л. В. Титова, Ю. Г. Зонов / Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, №7 / 2010 г., С. 70-76.

2. Верещагин Л.Ф. Давление 2,5 Мегабара в наковальнях, изготовленных из алмаза типа карбонадо / Л.Ф. Верещагин, Е.Н.Яковлев, Г.Н. Степанов, К.Х. Бибаев, Б.В. Виноградов / Письма в Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики, Т.16, №4 / 1972, С. 240-242.

3. Babushkin A.N. / Electrical conductivity and thermal EMF of CsI at high pressures / High Pressure Research V.6. / 1992, P.349-356.

УДК 61.612.176.4

В. Э. Тимохина¹, К. Р. Мехдиева¹, Бляхман Ф. А.^{1,2}, Соколов С. Ю.²