

## ФОРМИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СОСТАВА YFeO<sub>3</sub>-CaZr(Ti)O<sub>3</sub> СО СТРУКТУРОЙ «ЯДРО-ОБОЛОЧКА» ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ И YFeO<sub>3</sub>@C МЕТОДОМ ПЕЧИНИ

Е. И. Копейченко<sup>1</sup>, И. В. Салманов<sup>1</sup>, В. О. Миттова<sup>2</sup>, М. В. Бережная<sup>1</sup>, И. Я. Миттова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет

<sup>2</sup>Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Поступила в редакцию 23.03.2017 г.

**Аннотация.** Методом Печини синтезированы наночастицы ортоферрита иттрия, капсулированные в углерод (YFeO<sub>3</sub>@C), со средним размером ядра в диапазоне 7-150 нм и толщиной углеродной оболочки, равной 2-4 нм. Рентгенофазовым анализом установлено, что для наночастиц YFeO<sub>3</sub>, синтезированных с использованием этиленгликоля и глицерина в качестве гелеобразователя и предварительного отжига, имеет место частичное протекание реакции образования ортоферрита иттрия и посторонних фаз: С (графит), Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для систем состава YFeO<sub>3</sub>-CaZr(Ti)O<sub>3</sub>, синтезированных на основе метода последовательного осаждения при различных временах диспергирования, выявлено, что строение частиц адекватно вписывается в рамки модели «ядро-оболочка» сферической формы. Установлено, что синтезированные нанопорошки YFeO<sub>3</sub>-CaZr(Ti)O<sub>3</sub> представляют собой отдельные фазы ортоферрита иттрия, цирконата (титаната) кальция. Помимо рефлексов целевых фаз на дифрактограммах присутствует незначительное количество пиков, относящихся к оксидам металлов: TiO<sub>2</sub> (рутил, брукит), CaO, ZrO<sub>2</sub>.

**Ключевые слова:** золь-гель синтез, метод Печини (цитратный метод), последовательное химическое осаждение, ядро-оболочка, ортоферрит иттрия, цирконат кальция, титанат кальция, углеродная оболочка.

**Abstract.** Nanoparticles of yttrium orthoferrite encapsulated in carbon (YFeO<sub>3</sub>@C), with an average core size in the range of 7-150 nm and a carbon shell thickness of 2-4 nm were synthesized using the Pechini method. X-ray phase analysis showed that for YFeO<sub>3</sub>, nanoparticles synthesized using pre-annealing and ethylene glycol and glycerol as the gelling agents, partial formation of the yttrium orthoferrite and extraneous phases: C (graphite), Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> occurs. For YFeO<sub>3</sub>-CaZr(Ti)O<sub>3</sub> systems synthesized by successive deposition at different dispersion times, it was found that the structure of the particles adequately fits within the “core-shell” model of a spherical shape. We established that synthesized nanopowders YFeO<sub>3</sub>-CaZr(Ti)O<sub>3</sub> are separate phases of yttrium orthoferrite and calcium zirconate (titanate). On the diffractograms, in addition to reflections of the target phases, there are a small number of peaks related to metal oxides: TiO<sub>2</sub> (rutile, brookite), CaO, ZrO<sub>2</sub>.

**Keywords:** sol-gel, Pechini method (citrate method), sequential chemical precipitation, core-shell, yttrium orthoferrite, calcium zirconate, calcium titanate, carbon shell.

В последнее время пристальное внимание привлекают материалы, обладающие свойствами мультиферроиков, сочетающие в себе различные виды упорядочения: ферромагнитное, сегнетоэлектрическое, сегнетоэластическое. Один из типов мультиферроиков – гетерогенные магнетозлектрики, обладающие ферромагнитными и сегнетоэлектрическими свойствами.

Значительный интерес представляют получение и исследование нанопорошков ферритов с перовскитоподобной структурой и структурой шпинели, обладающих комплексом уникальных электромагнитных свойств (сегнетоэлектрические, колоссальное магнетосопротивление, сверхпроводимость) [1-5] и проявляющих высокую механическую прочность и жаростойкость [6-8]. Кроме того, они широко используются как катализаторы [9]. Создаваемые методами «мокрой

© Копейченко Е. И., Салманов И. В., Миттова В. О., Бережная М. В., Миттова И. Я., 2017

химии» нанопорошки отличаются высокой степенью гомогенности, узким распределением по размерам и обширным разнообразием составов. Известно, что частицы порошкообразного продукта, получаемого золь-гель методом, как правило, агломерированы, что сказывается на физико-химических и механических свойствах материала. Агломерация является крайне нежелательным процессом, чтобы его избежать, используют цитратный метод (метод Печини) [10].

Создание углеродной оболочки на кристаллитах является распространенным методом их защиты и стабилизации. Капсулирование наночастиц в углерод делает их устойчивыми к окислению, коррозии и самопроизвольной агрегации. Функционализация углеродной оболочки открывает уникальные возможности разнообразных применений в медицине, биологии и каталитической химии [11].

Наночастицы систем  $YFeO_3-CaZrO_3$  и  $YFeO_3-CaTiO_3$  со структурой «ядро-оболочка» представляют собой перспективные материалы, проявляющие свойства мультиферроиков [12-17]. Структуры перовскитов  $CaZrO_3$  и  $CaTiO_3$  являются подходящими для формирования керамических материалов, обладающих химической стабильностью и высокой коррозионной стойкостью. В настоящее время подобные керамики применяются в различных электрических устройствах, работающих на сверхвысоких частотах [18-21].

В связи с этим целью работы стала разработка методики синтеза наночастиц состава  $YFeO_3-CaZr(Ti)O_3$  и  $YFeO_3@C$  со структурой «ядро-оболочка».

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для синтеза использовались следующие исходные вещества:  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  (ТУ 6-09-02-553-96),  $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  (ТУ 6-09-4676-83),  $C_6H_8O_7$  (ГОСТ 3652-69),  $NaHCO_3$  (ГОСТ 4201-79),  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  (ГОСТ 4142-77),  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  (ТУ 6-09-1406-76),  $TiCl_4$  (производитель Acros organics),  $Na_2CO_3$  (ГОСТ 83-79).

Синтез ортоферрита иттрия методом Печини осуществляли согласно следующей методике: в дистиллированной воде растворяли  $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  и  $C_6H_8O_7$ . Их массы рассчитывали по формулам, исходя из соотношений:  $1 : 1 : 2 = n(Fe^{3+}) : n(Y^{3+}) : n(C_6H_8O_7)$ . В качестве гелеобразователей использовали глицерин и этиленгликоль. Раствор кипятили в течение 2 часов. Образовавшийся гель подвергали термиче-

скому нагреву, в результате чего развивалась самоподдерживающаяся экзотермическая реакция с участием лимонной кислоты. Конечный продукт (в виде порошка) синтезировали путем предварительного отжига при температуре 300 °С в течение 3 часов и основного отжига при температуре 750 °С в течение 60 минут.

Формирование наночастиц  $YFeO_3-CaZrO_3$  и  $YFeO_3-CaTiO_3$  со структурой «ядро-оболочка» проводили последовательным осаждением в два этапа:

### 1. Синтез «ядра»: ортоферрит иттрия

Растворы нитратов железа (III) и иттрия готовили растворением соответствующих солей в дистиллированной воде, объемом 400 мл. В качестве осадителя для совместного соосаждения катионов  $Y^{3+}$  и  $Fe^{3+}$  применяли водный раствор гидрокарбоната натрия в количестве, необходимом для полного осаждения.

Синтезированный осадок отфильтровывали, высушивали при комнатной температуре до постоянной массы и отжигали при температуре 750 °С в течение часа [22].

### 2. Формирование «оболочки»: цирконат кальция, титанат кальция.

Второй этап синтеза заключался в осаждении компонентов «оболочки» на предварительно синтезированные наночастицы  $YFeO_3$  в качестве центров осаждения. Для этого полученный на первом этапе порошок ортоферрита иттрия диспергировали в ультразвуковой ванне ВУ – 09 – «Я-ФП» - 02 в течение 15 и 30 минут в различных средах: изопропиловый спирт (ИПС), этиловый спирт (ЭС) и вода. В сформированный таким образом раствор вводили прекурсоры, содержащие необходимые ионы ( $Ca^{2+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $ZrO^{2+}$ ), по каплям с постоянным перемешиванием механической мешалкой со скоростью 3000 об./мин. для равномерного распределения частиц и уменьшения степени их агломерации.

Осаждение «оболочки» титаната кальция проводили двумя способами: согласно первому хлорид титана предварительно растворяли в абсолютном этиловом спирте с образованием соответствующего алкоксида с последующим добавлением по каплям в смесь, приготовленную заранее. Кипятили 5 минут и охлаждали до комнатной температуры. Второй способ отличается добавлением алкоксида титана после кипячения и охлаждения реакционной смеси.

Затем добавляли осадитель ( $Na_2CO_3$ ) до образования гелеобразного осадка. Синтезированный

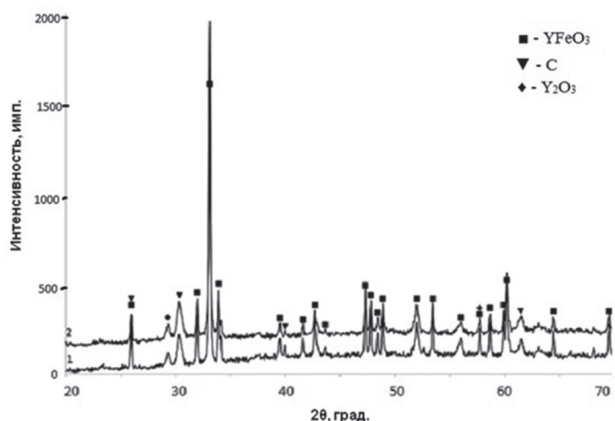
гель отфильтровывали, сушили на воздухе при комнатной температуре и затем отжигали при температуре 1000 °С в течение двух часов ( $CaZrO_3$ ) и 750 °С в течение часа ( $CaTiO_3$ ) для удаления воды и рекристаллизации аморфизованных осадков.

Фазовый состав синтезированных образцов исследовали методом рентгенофазового анализа (РФА, Thermo ARL X'tra). Проведение качественного анализа основано на сравнении экспериментальных дифрактограмм с картотекой базы данных PCDFWIN [23].

Размер и структуру частиц определяли методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, Carl Zeiss LIBRA 120).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам рентгенофазового анализа для образцов  $YFeO_3$ , синтезированных с использованием этиленгликоля и глицерина, наблюдается частичное протекание реакции образования ортоферрита иттрия и обнаружены следующие фазы:  $YFeO_3$ , С (графит),  $Y_2O_3$  (рис.1).

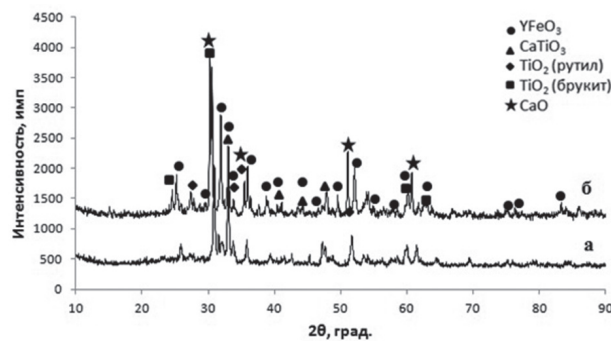


*Рис. 1.* Рентгеновская дифрактограмма образцов  $YFeO_3$  в мольном соотношении  $Y^{3+}:Fe^{3+}:C_6H_8O_7=1:1:2$ , предварительный отжиг – 300 °С, 180 минут, основной отжиг – 750 °С, 60 минут. Гелеобразователи: 1-этиленгликоль; 2-глицерин.

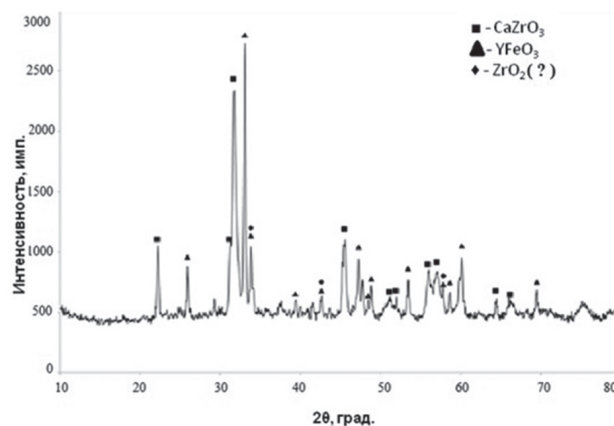
По данным РФА образцы  $YFeO_3-CaTiO_3$ , диспергированные в течение 30 минут в изопропиловом спирте (ИПС) и 15 минут в воде, представляют собой многофазные продукты, включающие в себя как целевые фазы: ортоферрит иттрия и титанат кальция, так и примесные:  $CaO$ ,  $TiO_2$  со структурами рутила и брукита (рис. 2).

Синтезированные в этиловом спирте (ЭС) образцы  $YFeO_3-CaZrO_3$  представляют собой порошки, состоящие из ортоферрита иттрия  $YFeO_3$  и цирконата кальция  $CaZrO_3$ . Наблюдаются пики,

которые могут быть отнесены как к ортоферриту иттрия, так и к оксиду циркония ( $d_{hkl} = 2.64418, 1.59084, 1.54575, 1.54160$ ), но рефлекс, который могли бы быть однозначно идентифицированы как оксид циркония, на дифрактограмме не обнаружены (рис.3).



*Рис. 2.* Дифрактограммы образцов  $YFeO_3-CaTiO_3$  (диспергирование  $YFeO_3$  30 мин в ИПС, 1 способ осаждения (а) и 15 мин в воде, 2 способ осаждения (б)). Режим отжига – 750 °С, 60 минут.



*Рис. 3.* Рентгеновская дифрактограмма образца  $YFeO_3-CaZrO_3$  (диспергирование  $YFeO_3$  30 минут в ЭС), режим термического отжига – 1000 °С, 120 минут.

По данным ПЭМ для образца  $YFeO_3$ , синтезированного с использованием этиленгликоля, установлена структура «ядро-оболочка». Диаметр «ядра» равен ~ 20-150 нм, толщина оболочки – 2 нм (рис.4).

Для образца  $YFeO_3$ , полученного с использованием глицерина в качестве гелеобразователя, также наблюдается структура «ядро-оболочка». Размер «ядра» варьируется в диапазоне 7-50 нм, толщина оболочки составляет 4 нм (рис. 5).

Образец  $YFeO_3-CaTiO_3$ , диспергированный в течение 30 минут в изопропиловом спирте (рис. 6, а), представляет собой совокупность агломериро-



ванных кристаллитов, размер которых колеблется в пределах 40 - 90 нм. Отдельные наночастицы имеют структуру «ядро-оболочка» с диаметром «ядра» порядка 15-20 нм, общий размер кристаллитов составляет 50-70 нм.

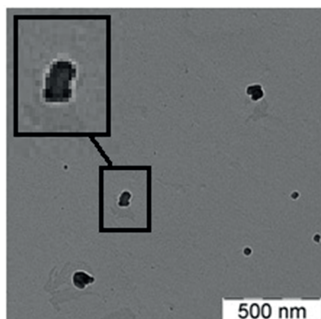


Рис. 4. ПЭМ- изображение порошка  $YFeO_3$  после термического отжига 300 °С, 180 минут и 750 °С, 60 минут (этиленгликоль).

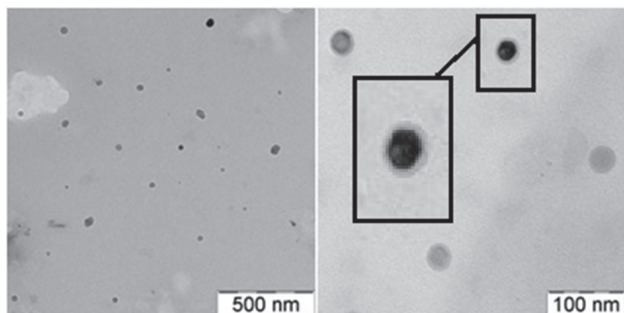


Рис. 5. ПЭМ- изображение порошка  $YFeO_3$  после термического отжига 300 °С, 180 минут и 750 °С, 60 минут (глицерин).

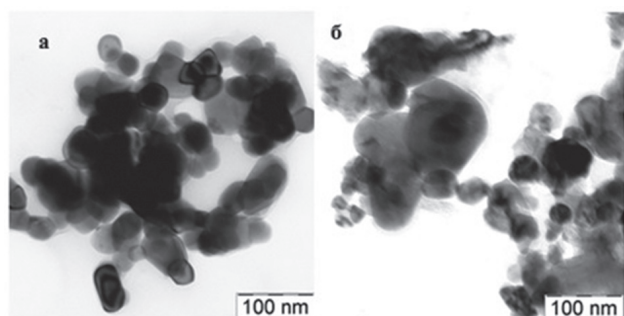


Рис. 6. ПЭМ – изображение образцов 1 (а) и 2 (б) (диспергирование  $YFeO_3$  30 мин в ИПС (а) и 15 мин в воде (б), 1 (а) и 2 (б) способ осаждения  $CaTiO_3$ ). Режим отжига – 750 °С, 60 минут.

Для образца  $YFeO_3-CaTiO_3$ , диспергированного в течение 15 минут, характерно бимодальное распределение значений диаметра частиц (рис. 6, б): 20-50 нм и 70-100 нм. Кроме того, на ПЭМ-изображении исследуемого нанопорошка можно

выделить структуру «ядро-оболочка», с размерами «ядра» и внешнего слоя 40 и 20-30 нм, соответственно.

Для образца  $YFeO_3-CaZrO_3$ , синтезированного методом последовательного осаждения с предварительным диспергированием  $YFeO_3$  в течение 30 минут в этиловом спирте, установлена структура «ядро-оболочка» как для отдельных частиц, так и для их агломератов. Некоторые частицы включают в себя несколько ядер  $YFeO_3$ , заключенных в матрицу  $CaZrO_3$ . Средний диаметр «ядра» равен 40-60 нм, а размер «оболочки» оценочно варьируется в диапазоне 20-40 нм.

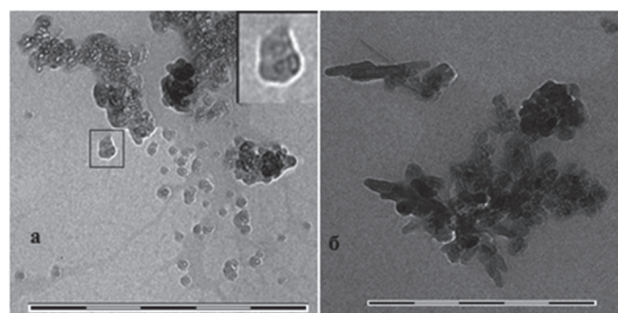


Рис. 7. ПЭМ-изображение (а, б) образца  $YFeO_3-CaZrO_3$ , режим термического отжига – 1000 °С, 120 минут (размер масштабной линейки 500 нм).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показана перспективная возможность синтеза наночастиц ортоферрита иттрия со структурой «ядро-оболочка» цитратным методом и последовательным осаждением. Для ортоферрита иттрия, капсулированного в углерод, характерен размер частиц в диапазоне от 7-150 нм с толщиной углеродной оболочки 2-4 нм в зависимости от используемого гелеобразователя.

Для систем состава  $YFeO_3-CaZr(Ti)O_3$  также наблюдается структура «ядро-оболочка»: диаметр «ядра» составляет 40-60 нм, а размер оболочки – 20-40 нм. Согласно данным рентгенофазового анализа, синтезированные нанопорошки  $YFeO_3-CaZr(Ti)O_3$  и  $YFeO_3@C$  представляют собой отдельные фазы ортоферрита иттрия, цирконата (титаната) кальция. Помимо рефлексов целевых фаз на дифрактограммах присутствует незначительное количество примесных пиков:  $Y_2O_3$ ,  $TiO_2$  (рутил, брукит),  $CaO$ ,  $ZrO_2$  и углерод (графит). Предположительно данные рефлексы относятся к продуктам взаимодействия целевых фаз, поскольку избежать твердофазного взаимодействия при таких значительных температурах

сложно. Тем не менее, относительная интенсивность таких пиков незначительна, что позволяет говорить о крайне малом их содержании.

*Исследования проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием Воронежского государственного университета.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sanches-Andujar M. Enhanced magnetoresistance in the Ruddlesden-Popper compound  $Sr_3Fe_{1.5}Co_{0.5}O_{6.67}$  / M. Sanches-Andujar, J. Mira // *J. Magn. Magn. Mater.* — 2003. — Vol. 263, № 3. — P. 282–288.
2. Khomskii D. I. Multiferroics: Different ways to combine magnetism and ferroelectricity / D. I. Khomskii // *J. Magn. Magn. Mater.* — 2006. — Vol. 306, № 1. — P. 1–8.
3. Patel R.  $LnSrScO_4$  ( $Ln=La, Ce, Pr, Nd$  and  $Sm$ ) systems and structure correlations for  $A_2BO_4$  ( $K_2NiF_4$ ) structure types / R. Patel, C. Simon, M. Weller // *J. Solid State Chem.* — 2007. — Vol. 180, № 1. — P. 349–359.
4. The characterization of nanosized  $ZnFe_2O_4$  material prepared by coprecipitation / A.T. Nguyen [et. al.] // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics.* — 2016. — Vol. 7, № 3. — P. 459–463.
5. The study on ultrasonic velocities of  $Co_xFe_{3-x}O_4$  nanoferrofluid prepared by co-precipitation method / P. Chithralekha [et. al.] // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics.* — 2016. — Vol. 7, № 3. — P. 558–560.
6. Vinila B. Synthesis and magnetic studies of nano-crystalline  $GdFeO_3$  / B. Vinila, J. Manjanna // *Materials letters.* — 2008. — Vol. 62, № 23. — P. 3793–3795.
7. Особенности строения наночастиц переменного состава со структурой типа флюорита, сформированных в гидротермальных условиях на основе систем  $ZrO_2-Y_2O_3$  и  $ZrO_2-Gd_2O_3$  / О.В. Альмяшева [и др.] // *Журнал общей химии.* — 2014. — Т. 84, № 5. — С. 710–717.
8. Гимаздинова М.М. Получение нанокристаллов  $GdFeO_3$  методом глицин-нитратного горения / М.М. Гимаздинова, В.И. Попков, Е.А. Тугова // *Конденсированные среды и межфазные границы.* — 2016. — Т. 18, № 3. — С. 422–431.
9. Ломанова Н.А. Термическое поведение слоистых перовскитоподобных соединений в системе  $Bi_4Ti_3O_{12}-BiFeO_3$  / Н.А. Ломанова, В.Л. Уголков, В.В. Гусаров // *Физика и химия стекла.* — 2007. — Т. 33, № 6. — С. 835–840.
10. Попков В.И. Формирование нанопорошков ортоферрита иттрия  $YFeO_3$  в условиях глицин-нитратного горения / В.И. Попков, О.В. Альмяшева // *Журнал прикладной химии.* — 2014. — Т. 87, № 2. — С. 185–189.
11. Цурин В.А. Синтез, структура и магнитные свойства наночастиц железа и никеля, капсулированных в углерод / В.А. Цурин, А.Е. Ермаков // *Физика твердого тела.* — 2014. — Т. 56, № 2. — С. 287–300.
12. Evanzin M. Calculation and measurement of the magnetization process in orthoferrites / M. Evanzin, H. Hauser // *Physica B: Condensed Matter.* — 2004. — Vol. 343, № 1. — P. 75–79.
13. Didosyan Y.S. Magneto-optical rotational speed sensor / Y.S. Didosyan, H. Hauser, J. Nicolics // *Sensors and Actuators A: Physical.* — 2003. — Vol. 106, № 1. — P. 168–171.
14. Didosyan Y.S. Light diffraction by a single domain wall / Y.S. Didosyan, H. Hauser, J. Nicolics // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials.* — 1999. — Vol. 203, № 1. — P. 247–249.
15. Didosyan Y.S. Anomalies in the subsound motion of the domain wall of yttrium orthoferrite / Y.S. Didosyan // *Physics Letters A.* — 1993. — Vol. 176, № 5. — P. 371–374.
16. Didosyan Y.S. Subsonic domain wall dynamics in yttrium orthoferrite / Y.S. Didosyan, H. Hauser, V.Y. Barash // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials.* — 1998. — Vol. 177, № 1. — P. 203–204.
17. Markova-Velichkova M. Complete oxidation of hydrocarbons on  $YFeO_3$  and  $LaFeO_3$  catalysts / M. Markova-Velichkova, T. Lazarova, V. Tumbalev // *Chem. Eng. J.* — 2013. — Vol. 231. — P. 236–244.
18. Islam M.S. Defects and protons in the  $CaZrO_3$  perovskite and  $Ba_2In_2O_5$  brownmillerite: computer modelling and EXAFS studies / M.S. Islam, R.A. Davies // *Solid State Ionics.* — 2001. — Vol. 145, № 1. — P. 333–338.
19. Andre R.S. Synthesis by a chemical method and characterization of  $CaZrO_3$  powders: Potential application as humidity sensors / R.S. Andre, S.M. Zanetti // *Ceramics International.* — 2014. — Vol. 40, № 10. — P. 16627–16634.
20. Sales W.F. Titanium perovskite ( $CaTiO_3$ ) formation in Ti6Al4V alloy using the electrical discharge machining process for biomedical applications / W.F. Sales, A.R. Oliveira // *Surface and Coatings Technology.* — 2016. — Vol. 307. — P. 1011–1015.
21. Yanguang Q.  $Eu^{3+}$ -site occupation in  $CaTiO_3$  perovskite material at low temperature / Q. Yanguang, W. Xiantao // *Current Applied Physics.* — 2017. — Vol. 17, № 1. — P. 24–30.

22. Нгуен А.Т. Применение золь-гель технологии для получения наноразмерных порошков  $\text{La}(\text{Y})\text{FeO}_3$  / А.Т. Нгуен, И.Я. Миттова, Н.А. Румянцева // Вестник воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. — 2008. — №. 2. — С. 48-52.

*Воронежский государственный университет  
Миттова И. Я., д.х.н., профессор кафедры материаловедения и индустрии наносистем  
Тел.: +7 (473) 255 54 39  
E-mail: imittova@mail.ru*

*Копейченко Е. И., магистрант кафедры материаловедения и индустрии наносистем  
тел.: +7 (951) 852 66 20  
E-mail: kopejchenko00@mail.ru*

*Салманов И. В., магистрант кафедры материаловедения и индустрии наносистем, Воронежский государственный университет  
Тел.: +7 (951) 545 75 14  
E-mail: salmanoff94@gmail.com*

*Бережная М. В., аспирант кафедры материаловедения и индустрии наносистем  
Тел.: +7 (915) 541 17 49  
E-mail: spirova2010@yandex.ru*

*Воронежский Государственный Медицинский Университет им. Н.Н. Бурденко  
Миттова В. О., PhD (кандидат биологических наук), ассистент кафедры биохимии  
Тел.: +7 (904) 214 87 07  
E-mail: vmittova@mail.ru*

23. JCPDC PCPDFWIN: A Windows Retrieval/Display program for Accessing the ICDD PDF — 2 Data base, International Centre for Diffraction Data. — 1997.

*Voronezh State University  
Mittova I. Ya. ,Dr. Sci. (in chemistry), Full Professor, Department of materials and industry of nanosystems  
Ph.: +7 (473) 255 54 39  
E-mail: imittova@mail.ru*

*Kopeychenko E. I., master's degree student, department of materials and industry of nanosystems  
Ph.: +7 (951) 852 66 20  
E-mail: kopejchenko00@mail.ru*

*Salmanov I. V., master's degree student, department of materials and industry of nanosystems  
Ph.: +7 (951) 545 75 14  
E-mail: salmanoff94@gmail.com*

*Berezhnaya M. V., graduate student, department of materials and industry of nanosystems,  
Ph.: +7 (915) 541 17 49  
E-mail: cnurova2010@yandex.ru*

*Voronezh N.N. Burdenko State Medical Academy  
Mittova V. O., PhD (Biology), assistant professor, Department of Biochemistry  
Ph.: +7 (904) 214 87 07  
E-mail: vmittova@mail.ru*