

лем. Установлено, что легирование улучшает проводящие свойства материала, что связано с образованием кислородных вакансий, возникающих в результате зарядовой компенсации неизовалентного замещения ионов Ti^{4+} ионами никеля. При этом никель, находящийся в избытке, встраивается в межслоевое пространство. К перспективным следует отнести дельнейшее исследование в качестве электродного материала для химических источников тока, в том числе, в условиях повышенной токовой нагрузки.

За помощь в обсуждении результатов и проведении исследований авторы выражают благо-

дарность сотрудникам ИХ ДВО РАН, а именно, чл.-корр. РАН С. В. Гнеденкову, д.х.н., доценту С. Л. Синябрюхову, д.х.н. В. В. Железнову, д.ф.-м.н., профессору А. Ю. Устинову, к.х.н. В. Ю. Майорову, к.х.н. В. Г. Курявину.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №19-73-10017). Часть экспериментальных данных получена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Дальневосточный центр структурных исследований» Института химии ДВО РАН.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ $BaTiO_3$, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПЕЧИНИ

А. А. Прач, Д. С. Дабаева, А. А. Волон

Научный руководитель – д.т.н., профессор Р. А. Сурменев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, dsd12@tpu.ru*

Титанат бария ($BaTiO_3$) уже более 60 лет вызывает практический интерес благодаря своим сегнетоэлектрическим свойствам при температурах вплоть до 120 °С [1], а также химической и механической стабильности. Керамика на основе титаната бария используется в качестве основного сегнетоэлектрического материала в конденсаторах [1, 3], преобразователях, термисторах и приводах [1–3], а также для производства устройств памяти [2].

Наиболее распространенными способами получения $BaTiO_3$ являются реакции оксидов или карбонатов в твердой фазе. Однако порошки, полученные этим методом, имеют большой разброс по размерам частиц, что ограничивает их использование при получении устройств, так как диэлектрические свойства снижаются.

Как правило, технология синтеза порошков оказывает значительное влияние на свойства керамики. Методы «мокрой» химии обладают такими преимуществами по сравнению с традиционным синтезом, как высокая чистота при низких температурах, возможность регулирования размера и формы, однородность частиц. Для синтеза фазово-чистого титаната бария используют такие методы, как золь-гель, со-осаждение, гидротермальный синтез и метод полимерных прекурсоров. Среди них метод Печини [2] или метод полимерных прекурсоров наиболее при-

влекателен своей простотой и возможностью поддержания начальной стехиометрии раствора.

Размер зерна и высокая чистота порошков играют важную роль в определении фазы, размера кристаллитов и диэлектрических свойств керамики $BaTiO_3$. Метод Печини используется для получения нано- или субмикрочастиц различных оксидов металлов. Он позволяет получить $BaTiO_3$ с высокой концентрацией кристаллической фазы, тогда как при твердофазном синтезе часто происходит формирование аморфной фазы. В зависимости от температуры прокаливания (>1000 °С) полиэфирной смолы может сильно различаться содержание тетрагональной фазы [3].

Таким образом, целью данной работы является синтез нанопорошка титаната бария методом Печини и исследование электрофизических свойств керамики на его основе.

Для получения титаната бария в раствор солей металлов добавляли лимонную кислоту и этиленгликоль. Раствор упаривали до образования прозрачной смолы. Обжиг смолы при 300 °С в течение 2 ч привел к получению твердой резиноподобной массы черного цвета, которую прокаливали при 900 °С в течение 8 часов.

После отжига к порошку добавляли связующее (12 мас. %) и прессовали при давлении

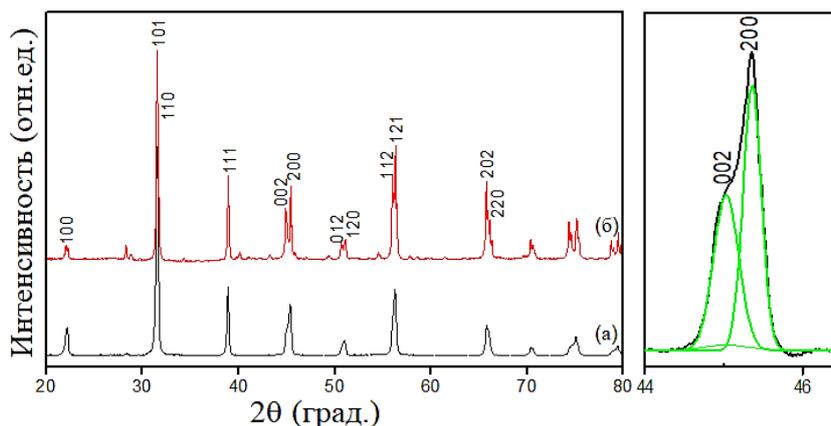


Рис. 1. Рентгенограммы (а) порошка, (б) керамики BaTiO_3 и характерный участок с расщепленными рефлексами (002)/(200)

3 МПа в форме таблеток. Образцы отжигали на воздухе при 1350 °С в течение 3 ч.

Средний размер частиц порошка находится в диапазоне от 100 до 350 нм, а зерен керамики – в пределах от 5 до 10 мкм.

Результаты рентгенофазового анализа (рисунок 1) свидетельствуют о преимущественном образовании тетрагональной фазы BaTiO_3 .

Поляризацию проводили при 6 кВ/мм в силиконовом масле при температуре 115 °С в течение 30 мин. Значения пьезоэлектрической постоянной d_{33} были измерены спустя сутки после поляризации при комнатной температуре.

Среднее значение пьезомодуля d_{33} , полученной керамики составляет 140 ± 3 пКл/Н при комнатной температуре. Значение относительной диэлектрической проницаемости при комнатной температуре достигает значения $\epsilon = 4991$. Петля диэлектрического гистерезиса не достигает насыщения при напряженности электрического поля 13,53 кВ/см из-за большого влияния токов утечки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-588 от 1.06.2021).

Список литературы

1. Markovska I., Georgiev D., Yovkova F. // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2021. – V. 56. – № 1. – P. 161–166.
2. Fernández, C., Rivera, E., Rodríguez-Páez J. E. // *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2010. – V. 49. – № 6. – P. 399–404.
3. Wu Y. T., Wang X. F., Yu C. L., Li E. Y. // *Materials and Manufacturing Processes*, 2011. – V. 27. № 12. P. 1329–1333.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ $\text{MnFe}_2\text{O}_4/(\text{Ba}_{0,85}\text{Ca}_{0,15})(\text{Zr}_{0,1}\text{Ti}_{0,9})\text{O}_3$

А. А. Прач, А. Ю. Рыбаченко, А. А. Волон

Научный руководитель – д.т.н., профессор Р. А. Сурменев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, nastya.prach@mail.ru

При помещении слоистой структуры, состоящей из пьезоэлектрического и магнитострикционного слоя, в переменное магнитное поле H наблюдается прямой магнитоэлектрический эффект (МЭ) за счет деформации магнитного слоя (эффект магнитострикции), которая вследствие

микронапряжений в сегнетоэлектрическом слое приводит к формированию зарядов и возникновению электрического поля на поверхности композита [1]. Механическое взаимодействие между пьезоэлектрическими и магнитострикционными слоями, сильно зависит от выбора материала