

*Е.В. ХРИСТИЧ*, аспирант, НТУ «ХПИ»,

*Г.Н. ШАБАНОВА*, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,

*С.М. ЛОГВИНКОВ*, докт. техн. наук, ст. научн. сотрудн., НТУ «ХПИ»,

*О.Л. РЕЗИНКИН*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕГНЕТОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАРИЙСТРОНЦИЕВЫХ ТИТАНАТОВ**

У статті наведено результати синтезу сегнетокерамічних виробів на основі сполук та твердих розчинів системи  $BaO - SrO - TiO_2$ . Отримані твердофазним спіканням сегнетоелектрики відрізняються стабільністю нелінійних властивостей та підвищеними експлуатаційними характеристиками.

В статье приведены результаты синтеза сегнетокерамических изделий на основе соединений и твердых растворов системы  $BaO - SrO - TiO_2$ . Полученные твердофазным спеканием сегнетоелектрики отличаются стабильностью нелинейных свойств и повышенными эксплуатационными характеристиками.

The results of the segnetoceramic synthesis on the base of compounds and solid solutions of the  $BaO - SrO - TiO_2$  system are presented. Received with help of solid-phase sintering segnetoceramics differ by nonlinear properties' stability and high field-performance data.

Из известных в настоящее время сегнетоэлектрических сред для генерации гигаваттных электромагнитных волн наиболее полно удовлетворяют предъявляемым к рабочим диэлектрикам электрофизическим требованиям поликристаллические структуры типа перовскита на основе оксидных соединений. Такие керамические материалы относят к современным функциональным материалам. В исследованиях [1] показана практическая пригодность для изготовления волноводов из сегнетокерамики на основе твердых растворов титанатов бария и стронция, кристаллическая решетка которых допирована различными модифицирующими добавками. Для использования в формирующих устройствах нами выбраны сегнетокемические материалы со структурой перовскита на основе смешанных барий-стронциевых титанатов (BST). Эти материалы имеют нелинейную зависимость диэлектрической проницаемости от приложенного напряжения, малое по сравнению с периодом подаваемой электромагнитной волны время релаксации (микро- или наносекундное).

Кроме того, при определенных условиях они имеют достаточно низкие диэлектрические потери, высокое значение пробивного напряжения и температуру Кюри в удобном для стабилизации диапазоне температур [2, 3].

Не смотря на то, что в понимание процессов, происходящих в сегнето-керамике, внесена определенная ясность, все же целый ряд вопросов, которые имеют научный и практический интерес, остается открытыми. В частности, не достаточно полно проанализированы возможности управления физическими процессами консолидации керамических изделий на основе синтезированных порошковых прекурсоров, их механической и температурной обработкой. Многофакторность кинетических процессов и трудности теоретических моделей твердофазного синтеза пока не приводят к выработке априорных рекомендаций по оптимальным параметрам синтеза тех или других перовскитовых соединений и их твердых растворов. Вместе с тем, большой эмпирический опыт и относительная близость условий кристаллизации материалов на основе соединений перовскитовой структуры позволяют довольно успешно экспериментально уточнять рациональные условия их синтеза.

Для прохождения твердофазных реакций с требуемым выходом целевых фаз важным являются два вида параметров: кристаллическая структура исходных компонентов и система внешних факторов (температура, давление и др.) [4].

В полном цикле приготовления сегнетоэлектрических изделий осуществляли следующие технологические стадии: синтез исходных прекурсоров, диспергация, шихтовка, прессование, спекание, механическая обработка, нанесение электродов. Для синтеза сегнетокерамических BST – изделий были использованы сырьевые материалы: технический углекислый барий, углекислый стронций, диоксид титана и моноклинный диоксид циркония. Химический состав – рассчитывался на 12 мол. % SrO и допирование моноклинным ZrO<sub>2</sub> – до 2 мол. %. Помол исходных материалов производился в шаровой фарфоровой мельнице в виде шлама с влажностью 35 %; тонина помола характеризовалась полным проходом через сито № 004.

Сырьевые смеси высушивались при температуре 100 – 110 °С.

Прессовались брикеты на гидравлическом прессе типа П-125 при давлении прессования 50 МПа.

Обжиг брикетов производился в лабораторной силитовой печи при температурах 1300 – 1350 °С (изотермическая выдержка при максимальной температуре составляла 2 часа) [5].

Обожженные брикеты измельчали, дисперсность порошков контролировали остатком 0,1 – 0,5 % на сите № 004.

Для формирования бездефектных изделий использовали метод введения термопластичных связок в порошковые шихты [6]. Способ предусматривал нанесение тонких слоев органического вещества на частицы порошка в процессе их совместного подогрева выше температуры плавления органического компонента. Гомогенизация шихт достигалась длительным перемешиванием и перетиранием конгломерированных частиц. Время перемешивания составляло 30 минут. Подготовка шихт проводилась в стальной емкости, предотвращающей попадание металлических частиц в пресс-порошок. Для увеличения степени однородности распределения частиц порошка по размерам осуществлялось его протирание сквозь сито № 063.

Прессование изделий производилось в специально спроектированной стальной форме сложной конструкции на гидравлическом прессе типа П-125, при удельном давлении прессования 60 МПа (рис. 1).

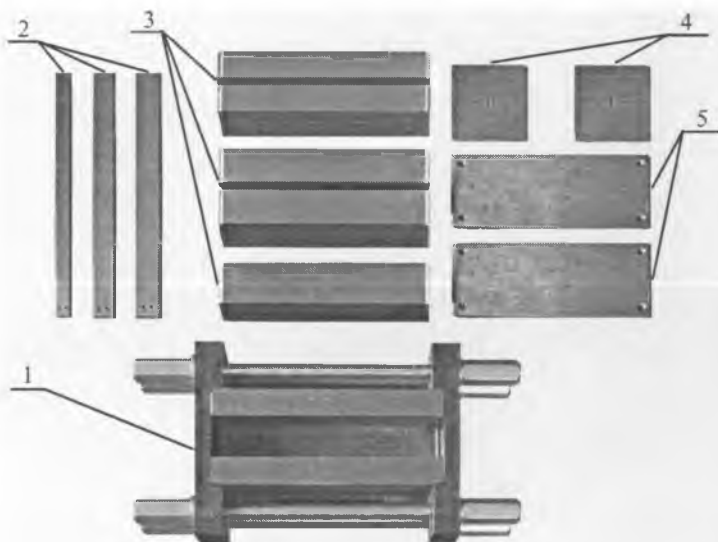


Рис. 1. Стальная форма для прессования деталей воловода:

- 1 – матрица в сборе; 2 – вытягиваемые пластины для формирования полости;
- 3 – набор пуансонов; 4 – торцевые пластины; 5 – съемные вкладыши.

Прессформа обеспечивала возможность изготовления как длинномерных тонких пластин, так и аналогичных пластин с буртом, в т. ч. с внутрен-

ней продольной полостью. Отпрессованные детали волновода имели габаритные размеры – 30,0 × 200,0 мм, толщина < 3,5 мм (рис. 2).



Рис. 2. Отпрессованная деталь волновода из сегнетокерамического материала на основе барийстронцийциркониевого титаната

термическая выдержка 20 мин., II ступень при 820 °С, изотермическая выдержка 20 мин.), до температуры 1030 °С изотермическая выдержка при максимальной температуре – 1 час. Окончательный обжиг деталей (с укладкой на плоскопараллельные корундовые пластины) проводился при температуре 1350 °С с изотермической выдержкой при максимальной температуре – 2 часа. В дальнейшем изготовленные изделия волновода из сегнетокерамического материала на основе барийстронцийциркониевого титаната переданы для дальнейших исследований эксплуатационной пригодности и соответствия свойств, свойствам полученным на образцах. Перед предстоящими исследованиями [7] электрофизических характеристик изделия шлифовали и полировали абразивами, на горизонтальную плоскость наносили медные электроды на магнетроне.

Таким образом, результат проведенных исследований реализован в форме первичной апробации технологии сегнетокерамических сложнопрофильных изделий их материалов, показавших на образцах высокую электрическую прочность, требующуюся нелинейность вольтамперных характеристик и высокую диэлектрическую проницаемость, наносекундное время релаксации, что перспективно для создания мощных импульсных источников электромагнитного излучения.

Список литературы: 1. Христич Е.В. Исследование влияния допирующих добавок на диэлектрическую проницаемость сегнетокерамических материалов / [Е.В. Христич, С.М. Ло-

Обжиг деталей проводился в печи с силитовыми нагревателями в шамотном капсюле с засыпкой из смеси порошков глинозема марки Г-00 и тонкодисперсного моноклинного  $ZrO_2$  (бадделеита) по ступенчатому режиму с целью выжигания термопластичного связующего (I ступень при 430 °С, изо-

гвинков, Г.Н. Шабанова и др.] // Зб. наук. праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». – 2010. – № 110. – С. 130 – 136. 2. Смоленский Г.А. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики / [Г.А. Смоленский, В.А. Боков, В.А. Исупов и др.]. – Л.: Наука, 1971. – 476 с. 3. Вербицкая Т.Н. Технология изготовления варикондов и их свойств. – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 36 с. 4. Панич А.Е. Физика и технология пьезокерамических материалов: учеб. пособие / А.Е. Панич, Т.Г. Левин. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2002. – 45 с. 5. Шабанова Г.Н. Синтез сегнетокерамических материалов на основе композиций системы BaO – SrO – TiO<sub>2</sub> / [Г.Н. Шабанова, Е.В. Христинич, С.М. Логвинков и др.] // Вісник НТУ «ХП». – 2008. – № 41. – С. 169 – 174. 6. Балакевич В.Л. Техническая керамика / В.Л. Балакевич. – М.: Стройиздат, 1984. – 218 с. 7. Резинкин О.Л. Методика экспериментального исследования свойств сегнетоэлектриков в импульсных электрических полях / О.Л. Резинкин, В.В. Вытришко // Вісник НТУ «ХП». – 2006. – № 13. – С. 37 – 42.

*Поступила в редколлегию 20.04.12.*