

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ,
СИНТЕЗИРОВАННЫХ В СИСТЕМЕ RO-BaO-TiO₂

Шабур М.А., Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск Республика Беларусь

Сегнетоэлектрические керамические материалы, применяемые в электронной технике, должны обладать определенным комплексом физико-химических свойств, к которым относятся плотность, пористость и водопоглощение.

Показатели пористости и водопоглощения свидетельствуют о степени спекания полученных образцов, наличии в их структуре включений газовой фазы, которая снижает электрофизические и механические характеристики изделий.

Наибольшее распространение получили методы насыщения и гидростатического взвешивания, позволяющие одновременно определять кажущуюся плотность и водопоглощение, а также открытую пористость.

В качестве пропитывающей жидкости для обожженных материалов и изделий, не подвергающихся гидратации, используют воду.

Целью данной научной работы является изучение физико-химических свойств керамических материалов с сегнетоэлектрическими свойствами на основе системы «BaO-TiO₂», модифицированной оксидами щелочноземельных металлов RO (R- Mg, Co, Sr). Образцы получали из оксидов и карбонатов по классической технологии.

На рисунке 1 приведена зависимость водопоглощения опытных образцов от вида и содержания разных модифицирующих добавок.

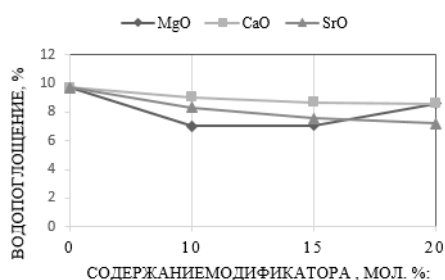


Рисунок 1 – Зависимость водопоглощения опытных образцов от количества и вида модификатора

Из приведенной зависимости видно, что при увеличении количества CaO и SrO водопоглощение снижается практически по линейному закону, а при введении оксида магния зависимость водопоглощения носит сложный характер.

Причиной этого является активация механизмов жидкофазного спекания, характерного для модифицированного титаната бария. Жидкофазным спеканием называется спекание порошкового тела при температуре, обеспечивающей появление жидкой фазы. При жидкофазном спекании

облегчается развитие сил сцепления между отдельными частицами порошка и может сформироваться беспористая структура. При этом большое значение имеют свойства расплава (вязкость, поверхностное натяжение, а также смачивание твердых частиц жидкой фазой). Известно, что чем меньше вязкость расплава, тем выше его реакционная способность, он легче проникает в поровое пространство, в результате чего активизируется взаимодействие между твердой и жидкой фазой. Поверхностное натяжение расплава способствует сближению частиц, при этом возникает капиллярное давление, способствующее заполнению пор. Смачивание расплавом твердых частиц определяется типом химических связей жидкой и твердой фаз, при их однотипности смачивание будет хорошим, что является залогом активного развития процесса спекания. Появление жидкой фазы при нагреве связано с плавлением более легкоплавкого компонента или образованием легкоплавких эвтектик.

При введении оксида магния сначала наблюдается снижение водопоглощения за счет формирования эвтектик в системе MgO-BaO-TiO₂, а затем при накоплении MgO за счет его высокой огнеупорности степень спекания снижается, в результате чего повышается водопоглощение.

На рисунке 2 приведена зависимость пористости от вида и количества модифицирующей добавки.

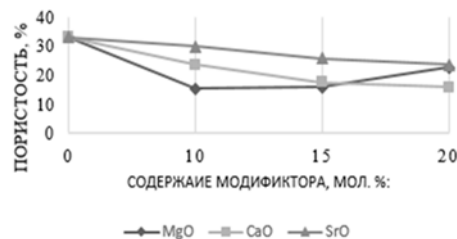


Рисунок 2 – Зависимость пористости опытных образцов от вида и количества модификатора

Значения водопоглощения и пористости взаимосвязаны, так как водопоглощение обусловлено наличием открытых пор в образце, что подтверждается приведенными выше зависимостями.

Кажущаяся плотность (ρ_r) – это отношение массы тела ко всему занятому им объему, включая поры (выражают ее также в кг/м³, г/см³).

На рисунке 3 приведена зависимость кажущейся плотности опытных образцов от вида и количества модифицирующей добавки.

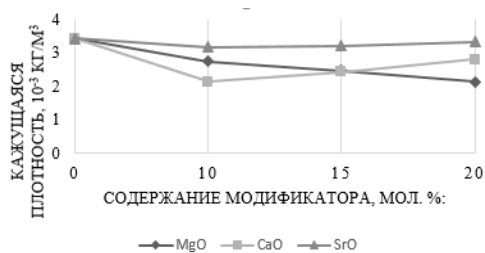


Рисунок 3– Зависимость кажущейся плотности от содержания модификатора

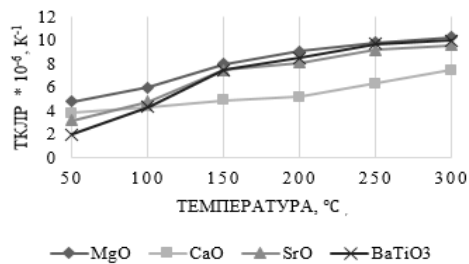


Рисунок 4– Зависимость температурного коэффициента линейного расширения опытных образцов от температуры измерения и вида модификатор

Кажущаяся плотность является функцией двух составляющих – истинной плотности и пористости. Изменение кажущейся плотности можно объяснить уменьшением истинной плотности опытных образцов. Также это связано с тем, что молярная масса оксида бария гораздо выше молярных масс оксидов магния, кальция и стронция ($M(\text{BaO}) = 153,3$ г/моль; $M(\text{MgO})=40,3$ г/моль; $M(\text{CaO}) = 56$ г/моль; $M(\text{SrO})=103,62$ г/моль), и они, замещая ион бария полностью не заполняют структуру. Плотность в ряду $\text{BaO}-\text{SrO}-\text{CaO}-\text{MgO}$ уменьшается.

Большинство известных в настоящее время твердых веществ при нагревании расширяются. Несмотря на то, что прочность сил связи в твердом теле очень велика, существуют предпосылки движения элементарных частиц (атомов, ионов). Как в аморфных телах, так и в кристаллических, атомы колеблются около центра равновесия. При этом амплитуда колебаний возрастает с увеличением температуры. Установлено, что и удельный

объем большинства веществ возрастает при увеличении температуры, т. е. имеет место тепловое расширение. Явление термического расширения, однако, связано не только с увеличением амплитуды колебательного движения атомов, как с его ангармоничностью.

Термическое расширение имеет значение для сегнетокерамики, т. к. при производстве изделий из неё проводится нанесение электрода с использованием металлосодержащих паст с определенным ТКЛР.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) определяли на кварцевом dilatометре.

Нагрев осуществляли до 300 °С со скоростью подъема температуры 5 °С в минуту. Температура фиксируется хромель – алумелевой термопарой, ЭДС которой определяется потенциометром типа ПП – 2.

На рисунке 4 представлена зависимость температурного коэффициента линейного расширения опытных образцов от температуры измерения и вида модификатора. Измерения проводились на образцах, содержащих максимальное количество модификатора (20 мол.%).

Из зависимости видно, что коэффициент линейного расширения образцов модифицированных оксидом магния, находится в пределах $(5-10) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Наибольшие изменения происходят в интервале температур 0–200 °С. ТКЛР при использовании оксида кальция изменяется от 3 до $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, при этом значения монотонно растут с увеличением температуры. ТКЛР образца, модифицированного оксидом стронция, изменяется в интервале $2,5-8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, наибольшее расширение происходит в температурных пределах от 0 до 100 °С.

Наибольшее расширение при нагревании претерпевает образец, содержащий оксид магния.

Таким образом, в работе установлено влияние оксидов-модификаторов на свойства титаната бария, что позволило оптимизировать химический состав, обеспечивающий стабильные сегнетоэлектрические свойства.

УДК 621

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ВИСМУТСОДЕРЖАЩЕЙ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ Шабур М.А., Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск Республика Беларусь

Данная работа посвящена синтезу керамических материалов на основе системы $\text{RO}-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ и исследованию основных структурных свойств опытных образцов. В качестве исходного сырья использовались чистые оксиды и карбонаты. Для управления свойствами материалов

вошел модификатор Na_2O в количестве ($N_1 = 2,5$ мол. %, $N_2 = 5$ мол. %, $N_3 = 7,5$ мол. %)

Физико-химические свойства опытных образцов оценивали по значениям водопоглощения, открытой пористости и кажущейся плотности. Данные характеристики являются критери-