ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ОБЛАСТИ СВЧ

Петренко А.Г.
Донецкий национальный университет, г.Донец

Петренко А.Г.
Донецкий национальный университет

Изучены физические свойства перовскитов в области СВЧ при низких температурах. Показано, что обнаруженные аномалии связаны с перестройкой доменной структуры сегнетоэлектрика. Выявленный фазовый переход (ФП) при 163К, смещается в сторону низких температур на 3-8 К.

Одним из важных направлений физики твердого тела является проведение экспериментальных и теоретических исследований процессов формирования структуры и определения ее влияния на свойства перовскитных материалов. Особое внимание при этом уделяется определению связи «состав-структура-свойство», что является одной из фундаментальных проблем современного материаловедения-конструирования и создания материалов с прогнозированными свойствами.

В литературных источниках отмечается возможное выделение электрической энергии при фазовых переходах (ФП) из паро- в сегнетоэлектрическое состояние под давлением. При этом введение модификаторов в окисл структуры перовскитов сдвигает нижнюю границу ФП в область низких температур [1-3].

Настоящая работа посвящена изучению электрических свойств сегнетоэлектрических материалов цирконата-титаната свинца (ЦТС) со сложными примесями стекла при высоком давлении и азотных температурах в области СВЧ.

Исследованные образцы изготавливались из реактивов марки ЧДА и проваривались в тиглях. Полученная сегнетостеклокерамика после измельчения использовалась для приготовления экспериментальных образцов посредством их спекания с последующим охлаждением в магнитном поле различной напряженности (80, 160, 320 кА.м-1). Образцы запекались при Т=1200С в трубчатом нагревателе, размещенном в зазоре электромагнита. После выдержки при указанной температуре на протяжении 2 часов, включалось магнитное поле (МП) и начинался процесс охлаждения образцов со скоростью 20 К.мин-1 до температуры 500С после чего МП выключалось, и последующее охлаждение образцов проводилось со скоростью 5К.мин-1. Температурно-временной режим охлаждения образцов обеспечивался системой терморегулирования. Измерения проводились при помощи автоматизированной измерительной установки на базе ПЭВМ.

Результаты рентгеноструктурного анализа показали снижение содержания кристаллитных фаз в исследованноМ материале, полученного в МП. Было установлено, что температура плавления зависит от количества модифицирующей примеси стекла. Первые 0,4 вес% примеси стекла снижают температуру плавления на 400С, а последующее увеличение примеси стекла снижает температуру на 100С. Следовательно, введение стекловидной фазы приводит к понижению температуры плавления эвтектического расплава, что ускоряет перекристаллизацию кристаллической фазы.

Изучение микроструктуры исследованных систем показало, что изотермическая форма зерен хорошо сохраняется. Стеклофаза располагается по границе, цементируя зерна, и улучшает свойства материала [1,2].

Установлено, что при давлении до 8 кбар наблюдается увеличение проводимости образца (σ), а диэлектрическая проницаемость (ε) уменьшается и проходит через минимум в диапазоне температур 160-170К. При последующем росте давления ε повышается. Спонтанная поляризация (СП) в области минимума ε и максимума σ уменьшается, а затем, с ростом давления, снова повышается. Полученные результаты интерпретируются на основании действия давления на доменную структуру сегнетоэлектрика. Приложенное давление вызывает изменение внутренних напряжений, которые действуют на кристаллиты, что приводит к изменению доменной структуры образца. При перестройке доменной конфигурации

объемные заряды, локализованные на кристаллитах, доменных границах и дефектах структуры, высвобождаются и принимают участие в переносе зарядов, создавая электрический ток, что приводит к увеличению проводимости образца. При этом образец деполяризуется, наблюдается уменьшение спонтанной поляризации и диэлектрической проницаемости. При более высоких давлениях (>15кбар), когда устанавливается стойкая доменная конфигурация, объемные заряды снова локализуются на поверхности кристаллитов и возобновляется спонтанно-поляризованное состояние, спонтанная поляризация и диэлектрическая проницаемость возрастают и проходят через максимум в области фазового перехода при температуре 163К, смещая нижнюю границу ФП в область низких температур на 3-8К.

Таким образом, у сегнетоэлектриков системы ЦТС со сложными примесями стекла при воздействии давления, освобождаемая электрическая энергия возрастает, а при максимуме проводимости, связанной с доменной перестройкой, стремительно падает. При этом уменьшение величины выхода электрического заряда совпадает с наблюдающимся в материале ЦТС+стекло увеличением проводимости. При последующем росте давления высвобождаемый заряд снова увеличивается, повторяя качественный ход спонтанной поляризации. Однако это увеличение незначительно, поскольку при таких давлениях состояние образца отвечает области ФП [3].

В монокристаллах ЦТС, ориентированных в трех кристаллографических направлениях [100], [110] и [111], изучалась зависимость ε(T) в интервале температур 77-537К при приложении электрического поля (ЭП). При Т=163К и ориентации поля вдоль направления [110] обнаружена аномалия ε(T) в виде наличия петли гистерезиса. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что при приложении ЭП в монокристаллах ЦТС индуцируется сегнетоэлектрическая фаза, симметрия которой зависит от направления ЭП. При приложении давления вдоль направления [111] индуцируется образование ромбоэдрической фазы, что подтверждается максимальной величиной спонтанной поляризации в этом направлении.

Таким образом, из полученных результатов следует, что аномалии, ε при давлениях до 20 кбар и температурах 77-537 К в материалах ЦТС со сложными модификациями стекла связаны с перестройкой доменного механизма сегнетоэлектрика и появлением тока проводимости в результате смещения объемных зарядов, которые были ранее локализованы на границах кристаллитов, дефектах структуры и доменных границах. Максимальная электрическая энергия в ЦТС с примесью стекла выделяется в тех состояниях, при которых ФП осуществляется при давлениях до 20 кбар и смещает его в область низких температур на 3-8К.

Полученные материалы на основе ЦТС с примесью стекла были использованы для изготовления ряда приборов лазерной и электронной техники.

Литература

1. *Петренко О.Г.* «Дефекты структуры и свойства перовскитных соединений.» – Донецк: Юго-Восток. 1997.- 208с.
2. Титанат бария. Г.: Наука. 1973.- 264с.
3. *Малютин В.И., Поландов И.Н., Исаев Г.П.* Аномалии диэлектрических свойств в сегнтоэлектрической керамике ЦТС при высоких давлениях. //Сб. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.: Калинин, КГУ, 1978.-С.120-126.