

дис. ... д-ра техн. наук : 05.14.04 / Е. Г. Гашо ; Нац. исслед. ун-т МЭИ.
– М., 2018. – 40 с.

О. А. Шавловская (БНТУ, Минск)

Науч. рук. **Г. К. Савчук**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД СЕГНЕТОЭЛЕКТРИК-ПАРАЭЛЕКТРИК КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА-ЦИРКОНАТА СВИНЦА

Одним из методов получения новых материалов является метод холодного (при комнатной температуре) прессования при высоких давлениях (ВДХП). Например, титанат свинца в виде керамики был получен только с помощью этого метода [1, 2]. ВДХП оказывает влияние на особенности фазовых переходов (ФП) и кристаллической структуры, что в итоге определяет физические свойства материала.

В настоящее время существует новое направление в области синтеза материалов [3, 4]. При использовании высоких давлений (свыше 20 ГПа) были получены соединения ранее не существовавшие (NaCl_7 , NaCl_3 , H_2S и др.). Ученые, используя алгоритм прогнозирования кристаллической структуры USPEX в сочетании с квантово-механическими вычислениями минимальных энергий для устойчивости кристаллической структуры, смогли сформулировать основные принципы сохранения стабильности новых соединений.

Данная работа посвящена изучению влияния высокого давления холодного прессования (1-5 ГПа) на фазовый переход сегнетоэлектрик-параэлектрик в керамических материалах на основе цирконата-титаната свинца с ромбоэдрической кристаллической структурой.

Для исследования поведения фазовых переходов в зависимости от величины ВДХП использовались дилатограммы образцов цирконата-титаната свинца с ромбоэдрической кристаллической структурой, полученные в лаборатории электронной керамики ГНПО “НПЦ НАНБ по материаловедению”. На кривых термического расширения для неспеченных образцов (рисунок 1, а) наблюдаются два ФП в районе температур 110°C и 310°C . Для подвергнутых процессу спекания (керамических) образцов – один в районе 350°C (рисунок 1, б). Полученные результаты говорят о том, что в твердом растворе цирконата-титаната свинца после синтеза присутствует две фазы: низкотемпературная и высокотемпературная модификации ромбоэдрической кри-

сталлической решетки. В районе 110°C (рис. 1, а) происходит фазовый переход низкотемпературной СЭ фазы в высокотемпературную СЭ фазу. Процесс спекания значительно уменьшает концентрационные градиенты внутри зерен, что приводит к однофазности керамических образцов, которые содержат только высокотемпературную СЭ фазу (рисунок 1, б).

Полученные путем дифференцирования экспериментальных данных для $\Delta l/l_0(t)$ температурные зависимости коэффициентов линейного теплового расширения α (КЛТР) (рис. 2) проходят через конечный экстремум в области фазового перехода из сегнето- в параэлектрическую фазу. При этом температура СЭ ФП для неспекенных образцов (рисунок 2, а) не имеет четкой зависимости от давления, в то время как для керамик при увеличении ДХП фазовый переход наблюдается при более низких температурах ($p = 1 \text{ ГПа} - t_c = 336^{\circ}\text{C}$; для $p = 4 \text{ ГПа} - t_c = 323^{\circ}\text{C}$).

На основании теории размытия ФП (Исупова-Смоленского) [5, 6]

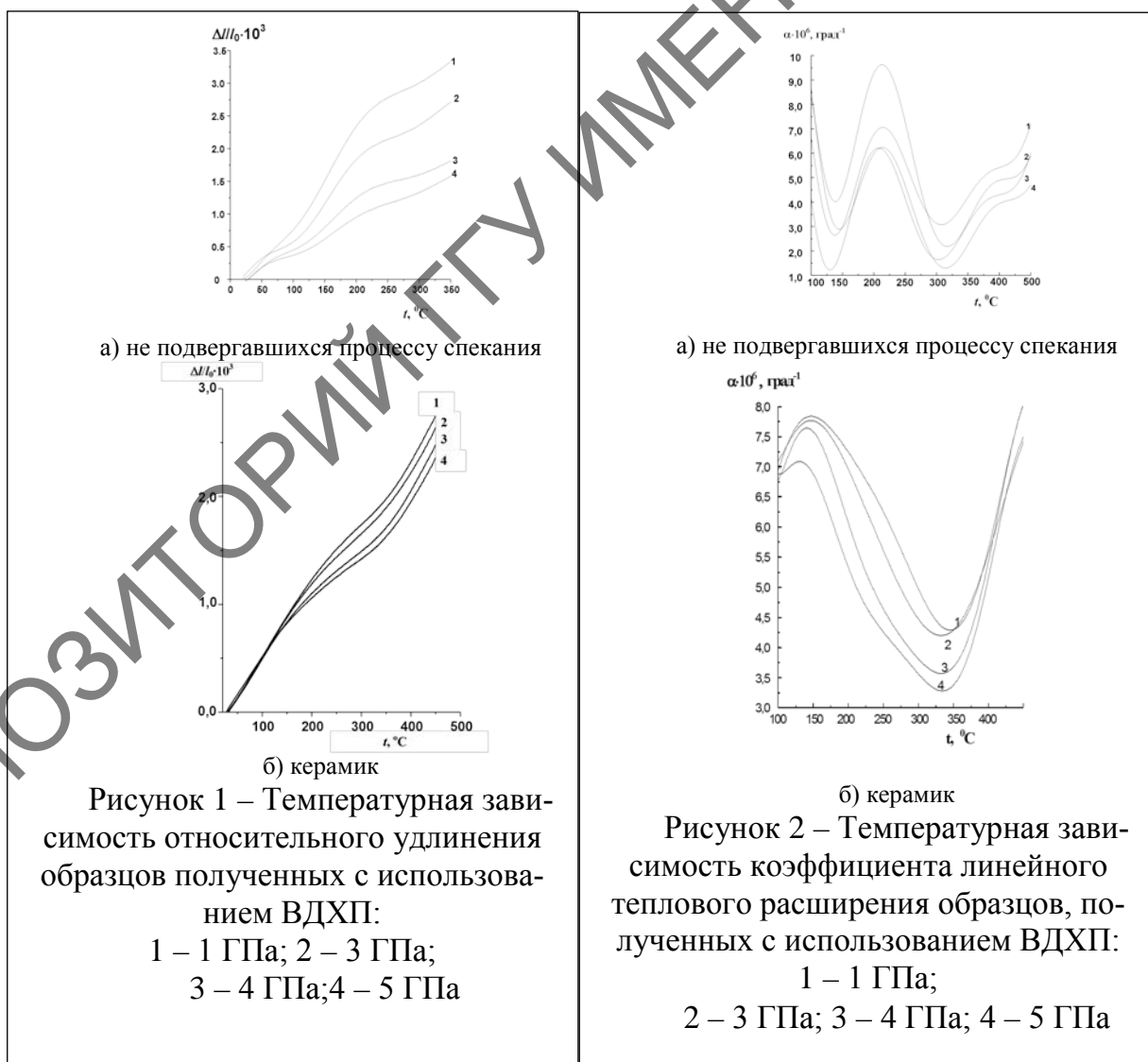


Рисунок 1 – Температурная зависимость относительного удлинения образцов полученных с использованием ВДХП:

1 – 1 ГПа; 2 – 3 ГПа;
3 – 4 ГПа; 4 – 5 ГПа

Рисунок 2 – Температурная зависимость коэффициента линейного теплового расширения образцов, полученных с использованием ВДХП:

1 – 1 ГПа;
2 – 3 ГПа; 3 – 4 ГПа; 4 – 5 ГПа

проведена количественная оценка степени размытия ξ фазовых переходов керамических образцов двумя методами. Используя экстремальные значения $\alpha_{ан}(t_c)$ КЛТР, фактор размытия ξ ФП вычислялся по формуле:

$$\xi = \frac{1}{4} \frac{1}{\alpha_{ан}(t_c)} \frac{\Delta l_c}{l_0},$$

где $\Delta l/l_0$ получено экстраполяцией зависимости $\frac{\Delta l}{l_0}(t)$ к температуре ФП t_c . На

основании связи степени размытия ФП с “полушириной” D экстремума кривой $\alpha(t)$ в области фазового перехода, фактор размытия равен:

$$\xi^D = 0.284 D.$$

Установлено, что степень размытия СЭ ФП для неспеченных образцов практически не зависит от величины ВД и составляет ~ 22 °С. Очевидно, что в этом случае основной причиной размытия являются концентрационные флуктуации состава, и, в

меньшей степени, микродеформации кристаллической решетки. Результаты вычислений для керамик в обоих методах (рис. 3) показали одинаковый характер изменения ξ в зависимости от величины ВД, хотя численные значения ξ различаются. При этом зависимость фактора размытия ФП от ВД наблюдается до 3,5 ГПа, что обусловлено ростом микродеформаций кристаллической решетки керамик при этих давлениях. Начиная с 3,5 ГПа, влияние ВД на величину ξ незначительное.

Литература

1. Акимов, А.И. Уточнение параметров кристаллической структуры титаната свинца с различной степенью дефектности по катионной и анионной подрешеткам методом Ритвельда /А.И. Акимов, Г.К. Савчук, А.К. Летко, В.А. Рубцов// Кристаллография – 2003. – т.48 (2) – С. 267-271.

2. Акимов, А.И. Керамические материалы (диэлектрические, пьезо-электрические, сверхпроводящие): условия получения, структура, свойства /А.И. Акимов, Г.К. Савчук// Минск: Изд. центр БГУ, 2012. 256с.

3. Бланк В. Д. Фазовые превращения в твердых телах при высоких давлениях/ В. Д. Бланк, Э И Эстрин// Физматлит, 2011. 412с.

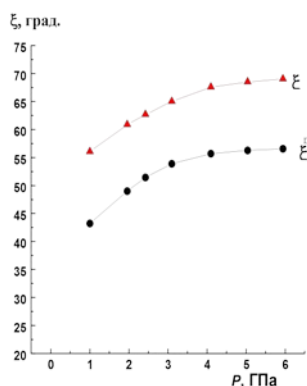


Рисунок – 3 Зависимости степени размытия ФП от ДХП для керамических образцов

4. Oganov A.R. Modern Methods of Crystal Structure Prediction / A.R. Oganov, Schön J.C., Jansen M., Woodley S.M., Tipton W.W., Hennig R.G.// Berlin: Wiley-VCH – 2010. – pp. 223-231.

5. Исупов В.А. Сегнетоэлектрики с размытым фазовым переходом и дипольные стекла // Изв. Ан СССР. Сер. физ. – 1990. – т.54, № 6. – С. 1131-1134.

6. Ролов, Б.Н. Физика размытых фазовых переходов /Б.Н. Ролов, В.Э. Юркевич// Изд.: Ростовский университет, 1983. 320с.

А. Д. Юник (БГУИР, Минск)

Науч. рук. **Я. А. Соловьёв**, канд. техн. наук, доцент

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАЛЬНО-ЗАКРЫТЫХ GaN/AlGaN ТРАНЗИСТОРОВ С ВЫСОКОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОНОВ

В настоящее время одной из наиболее важных социальных проблем в мире является неуклонный рост энергопотребления. Кремниевая (Si) технология, которая более пяти десятилетий являлась доминирующей при создании элементной базы для всех электронных устройств, начинает не справляться с возрастающими требованиями. В этой связи одним из наиболее перспективных направлений развития силовой электроники является реализация устройств на основе широкозонных полупроводников. Особый интерес здесь представляют нитриды элементов третьей группы таблицы Менделеева (GaN, AlN, InN-III-нитридов и др.), обладающие целым рядом уникальных свойств.

Одним из наиболее ярких на данный момент представителей изделий данного класса является транзистор с высокой подвижностью электронов (ТВПЭ). Благодаря своим превосходным свойствам, GaN/AlGaN-транзисторы оказались способны с легкостью заменить мощные кремниевые полевые транзисторы в компактных импульсных источниках питания, DC/DC-преобразователях, разумных сетях электропитания, электроприводах и др.

Целью настоящей работы является решение задачи выбора способа формирования нормально-закрытых ТВПЭ (формирования затвора транзисторов данного типа), а также выбора типовой гетероструктуры для нормально-закрытых ТВПЭ на основе GaN/AlGaN.