

пензией, поскольку для спирта температурный интервал при котором интенсивность кавитационного воздействия максимальна – 15 – 20°C,

Наибольшая эффективность ультразвукового воздействия на определенный тип порошка достигается при оптимальном времени обработки. При кратковременной обработке происходит недостаточная активация, а при слишком длительном возникает агрегация частиц с образованием конгломератов. Время обработки в нашем случае составило 1 час.

Обработанный и необработанный порошок были исследованы на приборе для гранулометрического анализа Analysette 22 фирмы Fristch. Результаты анализа в графическом виде представлены на рисунке 1.

Из представленных результатов можно сделать вывод об эффективности использования УЗ. Обработанный порошок характеризуется более узким разбросом дисперсности, что особенно важно при прессовании порошков, так как вероятность образования «ступоров», приводящих к формированию неоднородного распределения напряжений и образованию пустот при прессовании уменьшается. В результате этого повышается равномерность процессов рекристаллизации и спекания и тем самым улучшаются электрофизические свойства спеченного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shut V. PTCR barium titanate ceramics obtained from oxalate-derived powders with varying crystallinity/Victor Shut , Sergey Kostomarov, Aleksey Gavrilov// J Mater Sci., 2008 . Vol. 43, p.p. 5251–5257
2. Shut V.N., Kostomarov S.V. Semiconducting Ceramics Produced Using Nanocrystalline Barium Titanate Powder / V. N. Shut, S.V. Kostomarov // Inorganic Materials, 2009, Vol. 45, No. 12, pp. 1417–1422.
3. Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве/ Хмелев В.Н. и др. – Барнаул: АлтГТУ. – 2007. 400 с.
4. Агранат Б.Г. Ультразвук в порошковой металлургии / Агранат Б.Г. и др. – М.: Металлургия. – 1986. 168 с.

ОСОБЕННОСТИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ ТГС С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ПОСЛОЙНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИМЕСИ

В.Н. Шут, И.Ф. Кашевич, С.Е. Мозжаров*

*Витебск, ВГУ; *ИТА НАН Беларуси*

Сегнетоэлектрические кристаллы находят все более широкое практическое применение во многих областях современной техники – радиотехнике, оптоэлектронике, акустике и т.п. На физические свойства таких кристаллов существенное влияние оказывает состояние их доменной структуры, и разработка надежных способов управления ее параметрами приводит, в конечном итоге, к созданию сегнетоэлектрических материалов с заданными свойствами. В последнее десятилетие быстро развивается новое направление в физике и технике сегнетоэлектриков – направленное формирование заданной конфигурации доменной структуры, создаваемое как во время роста кристалла, так и послеростового изменения состояния доменной структуры путем соответствующей комбинации внешнего теплового и полевого воздействий («доменная инженерия»). Для одноосных сегнетоэлек-

триков это дает, например, возможность получать периодически поляризованные кристаллы с регулярной доменной структурой (РДС), на основе которых разрабатываются элементы для лазерной техники, оптоэлектроники, акустоэлектроники. Большинство работ, раскрывающих потенциальные возможности кристаллов с РДС, относятся к исследованию высокотемпературных кристаллов, выращиваемых из расплавов. Наибольшие успехи здесь достигнуты для монокристаллов ниобата лития и танталата лития, обладающих большими значениями нелинейно-оптических и электрооптических коэффициентов и сравнительно просто визуализируемой доменной структурой. В одном из вариантов РДС в этих кристаллах связана с промодулированной редкоземельными примесями кристаллической структурой – вхождение примеси имеет периодический характер. РДС возникает здесь как результат проявления микроструктурного строения примесной подструктуры [1, 2].

Отметим, что вопросы, связанные с получением и исследованием водородсодержащих кристаллов с заданной конфигурацией доменов путем создания периодического распределения примеси остаются не изученными. Хотя в таких кристаллах, выращиваемых из растворов, к которым относятся кристаллы изоморфных рядов дигидрофосфата калия, триглицинсульфата, сегнетовой соли и другие, благодаря особенностям их строения, особенно выражен ряд эффектов, возникающих при легировании их примесями.

В данной работе на примере кристаллов триглицинсульфата (ТГС), получаемых из раствора, продемонстрирована возможность направленного изменения состояния доменной структуры путем соответствующего периодического распределения примеси ионов хрома (неизоморфная примесь) или L- α аланина (изоморфная примесь).

Для получения неоднородных кристаллов ТГС было использовано устройство, в котором слоистая примесная структура создавалась путем последовательного доращивания слоев кристалла в кристаллизующих растворах, содержащих различную по составу и количеству примесь [3]. В данном устройстве кристаллы выращивались методом снижения температуры в сегнетоэлектрической температурной области (при температурах роста от ~ 32 °C до ~ 18 °C), т.е. ниже точки Кюри ($T_c = 49,1$ °C). Размер слоев задавался временем роста кристалла в каждом растворе. Например, для кристаллов ТГС:Сг размер слоев с примесью и без примеси был почти одинаков и составлял 200 - 250 мкм. Доменная структура выращенных кристаллов исследовалась методом нематических жидких кристаллов (НЖК) [4]. В процессе исследования кристаллы ТГС раскалывались по плоскости спайности (010), перпендикулярно вектору спонтанной поляризации. На свежий скол наносилась пленка НЖК ($\Delta\epsilon < 0$). В поляризационном микроскопе наблюдалось контрастное изображение доменов в поляризационном микроскопе в проходящем свете при скрещенных поляроидах в положении погасания. Таким образом, выявлялась статическая доменная структура полученных неоднородных кристаллов. Кроме того, одновременно наряду с доменной структурой, хорошо определялась и морфология поверхности кристаллов, в частности, слои роста кристаллов с различным содержанием примеси.

Проведенные исследования показали, что характер доменной структуры зависел в большой степени от режимов выращивания, пирамиды роста и периода примесной структуры. Отметим, что в отличие от чистых кристаллов, у которых суммарный размер доменов с разным направлением спонтанной поляризации R_s обычно почти одинаков, в случае кристаллов со случайным образом распределенной примесью наблюдается несовпадение этих размеров (униполярная доменная

структура). В большинстве случаев доменная структура ТГС:Сr с периодической примесной структурой представляла собой чередующиеся 180 градусные полосы с противоположным направлением P_s , в то время как у неоднородных кристаллов АТГС на фоне больших доменных областей одного знака наблюдались небольшие остаточные домены противоположного знака. Отметим, что при исследовании кристаллов с периодическим послойным изменением концентрации примеси L-α-аланина с небольшим периодом примесной структуры (до 100 мкм) доменная и периодическая примесная структуры вообще не выявлялись, что свидетельствовало о монодоменном состоянии таких кристаллов.

Кроме того, для отдельных пирамид роста полосчатых кристаллов наблюдалось, во-первых, соответствие между примесными слоями роста и доменами, а, во-вторых, существование доменных границ двух типов – гладких и размытых (изломанных). Это является интересным в связи с тем, что ранее было показано для высокотемпературных кристаллов с РДС, что доменные стенки возникают всегда в местах, где градиент концентрации примеси меняет знак от плюса к минусу или наоборот, причем наиболее гладкие, отчетливые доменные границы располагаются в местах крутых, резких изменений градиента (в местах минимумов концентрации примеси). Положение более размытых доменных стенок определяется некоторым критическим градиентом вблизи концентрационного максимума (механизм критического градиента примеси [2]). В нашем случае, гладкие границы доменов также возникали в местах соответствующих началу роста кристалла в чистом растворе (минимум градиента концентрации), а размытые – началу роста кристалла в примесном растворе. Однако детальное исследование профильного распределения примеси возле границ слоев проведено не было.

Выполненные исследования показали, что существует определенная корреляция доменной и дефектной структур для сегнетоэлектрических кристаллов, выращиваемых из растворов, и формирование программируемого характера распределения примеси в процессе выращивания кристаллов может являться эффективным методом получения кристаллов с заданными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евланова, Е.Ф. Периодическая доменная структура в кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{Y}$, выращиваемых методом Чохральского/ Евланова Е.Ф., Наумова И.И., Чаплина Т.О., Лаврищев С.В., Блохин С.А. // Физика твердого тела. – 2000. – Т.42, В.9. – С.1678 – 1681.
2. Ya-lin Lu, Fabrication of LiNbO_3 phase gratings by excimer laser ablation through a silica phase mask / Ya-lin Lu, Yan – ging Lu, Xiang-fei Cheng and Nai-ben Ming // Appl. Phys. Lett., – 1996. – V.68, 6 May. – P. 2642 – 2644.
3. Duka S.N., Klubovich V.V., Tolochko N.K. Materials of 3rd European conference on crystal growth. Budapest. May 5-11, 1991. – P. 277-278.
4. Тихомирова, Н.А. Визуализация динамики доменной структуры в коллинеарных сегнетоэлектриках / Тихомирова Н.А., Донцова Л.И., Пикин С.А. // Кристаллография. – 1978. – Т.23, Вып. 8. – С. 1239 – 1246.