

нагревательного кабеля. Она должна обеспечивать герметичность соединительного узла и надежный электрический контакт в течение многих лет. Нами разработана технология изготовления нагревостойкого резистивного кабеля с "холодными" выводами, формируемыми в процессе его сборки и последующего волочения, в котором использовали токопроводящий элемент в виде трубки, заполненной порошковым материалом.

Термопреобразователи, изготовленные из термопарных кабелей и проводов, рассчитаны на эксплуатацию в условиях воздействия различных сред (окислительной, восстановительной, нейтральной или в вакууме) при разных температурах. Обладая хорошими электрическими характеристиками, кабели с минеральной изоляцией надежны в эксплуатации. Они, прежде всего, устойчивы к ударным и вибрационным нагрузкам в широком диапазоне частот и ускорений, а также при повышенных температурах и давлениях.

Литература

1. Сучков В.Ф., Светлова В.И., Френкель Э.Э. Жаростойкие кабели с минеральной изоляцией. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 204 с.
2. Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Скоростная электротермическая обработка композиционных изделий с минеральным наполнителем. Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2010, №2, с.27-32.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. и др. Ультразвуковая технология производства кабелей в металлических оболочках// Материалы, технологии, инструменты. т.7. (2002), №3, с.69-72.

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕССЫ ПОЛЯРИЗАЦИИ КРИСТАЛЛОВ ТГС СО СЛОИСТОЙ ПРИМЕСНОЙ СТРУКТУРОЙ

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

Институт технической акустики НАН Беларуси,

**ВГУ им. П.М. Машиерова г. Витебск, Беларусь, kashevich@tut.by*

Исследования, проведенные в данной работе, связаны с современным направлением в физике сегнетоэлектрических кристаллов - доменной инженерией. Управлять процессом формирования доменной структуры можно как во время роста кристалла, так и путем соответствующей комбинации внешнего теплового и полевого воздействий на доменную структуру после роста кристалла [1]. Для одноосных сегнетоэлектриков это дает 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 [2]. Однако из-за высоких коэрцитивных полей процессы переключения в указанных кристаллах с РДС стали исследоваться только в последние годы и при достаточно высоких температурах.

В настоящей работе, на примере водородсодержащих кристаллов триглицин-сульфата (ТГС), показаны возможности управления состоянием доменной структуры путем создания периодического послойного распределения примеси, исследованы процессы переключения в зависимости от характера доменной структуры.

Для получения неоднородных кристаллов ТГС:Сг (с неизоморфной примесью ионов хрома) было использовано устройство, в котором слоистая примесная структура создавалась путем последовательного доращивания слоев в кристаллизуемых растворах, содержащих различную по составу и количеству примесь. В данном устройстве растворы помещаются в различные секции одного и того же кристаллизатора, поэтому температура роста одинакова в обоих случаях. Выращиваемые кристаллы автоматически перемещаются из одного раствора в другой по заданной программе. Кристаллы выращивались методом снижения температуры (при температурах роста от ~ 32 °С до ~ 18 °С), т.е. ниже точки Кюри ($T_c = 49,1$ °С). Размер слоев задавался временем роста кристалла в каждом растворе. Например, для кристаллов ТГС:Сг размер слоев с примесью и без примеси задавался одинаковым и составлял $\sim 100 - 250$ мкм.

В результате проведенных исследований доменной структуры выращенных полосчатых кристаллов ТГС:Сг методом нематических жидких кристаллов и избирательного травления было установлено, что ее конфигурация зависела от режимов роста, пирамиды роста кристалла и периода примесной структуры.

Исследования процессов переключения в сегнетоэлектрических кристаллах под действием внешнего переменного поля также позволяют косвенно судить о структуре и динамике доменов. Например, униполярность доменной структуры проявляется в несимметричности процессов переключения по отношению к знаку приложенного поля (петли диэлектрического гистерезиса смещены или искажены относительно осей приложенного поля и поляризации). При этом могут формироваться внутренние поля, а пирозлектрический сигнал регистрируется без приложения внешнего поляризующего электрического поля.

При исследовании диэлектрических петель гистерезиса кристаллов ТГС:Сг с полосчатой примесной структурой (размером периода порядка 200 мкм) наблюдались симметричные петли гистерезиса, но с повышенным по сравнению с чистыми кристаллами значением коэрцитивного поля. На рисунке 1 показаны петли гистерезиса для однородных кристаллов ТГС:Сг и для полосчатых кристаллов, для которых на рисунке 2 приведен увеличенный фрагмент доменной структуры, включающий границу между слоями. Отметим, что в отличие от чистых кристаллов, у которых суммарный размер доменов с разным направлением спонтанной поляризации P_s как правило одинаков, в случае кристаллов со случайным образом распределенной примесью наблюдается несовпадение этих размеров, т.е. одна из компонент преобладает (униполярная доменная структура).

Для кристаллов ТГС:Сг с периодической примесной структурой (период менее 150 мкм), доменная структура для отдельных пирамид роста (например, $\{111\} \{101\} \{001\}$) представляла собой достаточно большие монодоменные области с некоторым остаточным количеством вторичной компоненты, располагающейся вблизи границ ростовой примесной структуры.

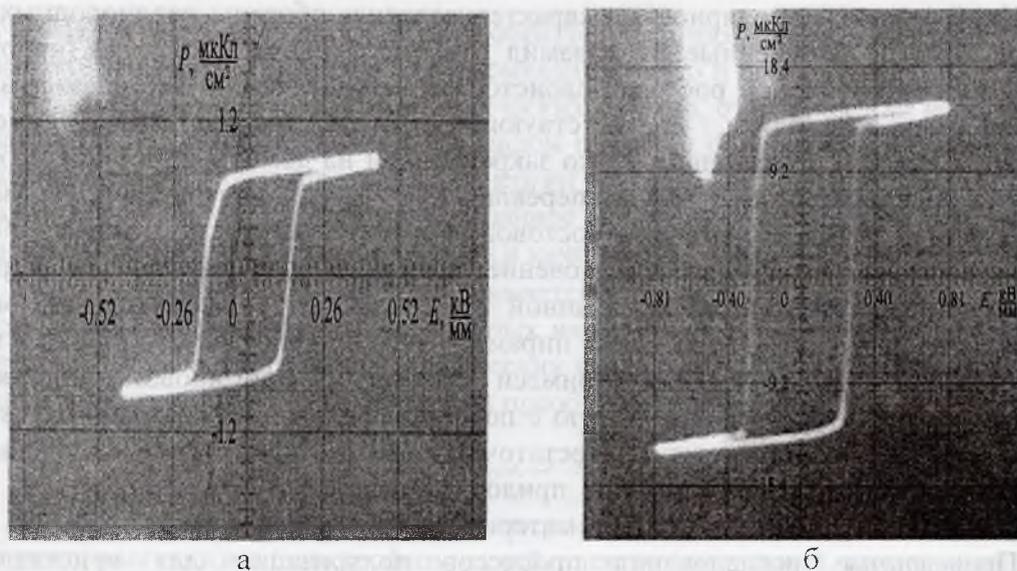


Рис. 1. Петли диэлектрического гистерезиса для однородных (а) и слоистых кристаллов ТГС:Сг (б) с периодом примесной ростовой структуры 200 мкм



Рис. 2. Доменная структура кристаллов ТГС:Сг с периодом примесной ростовой структуры 200 мкм (метод НЖК, увеличение $\times 200$)

Типичная униполярная петля гистерезиса и морфология поверхности таких образцов ТГС:Сг приведены на рисунке 3.

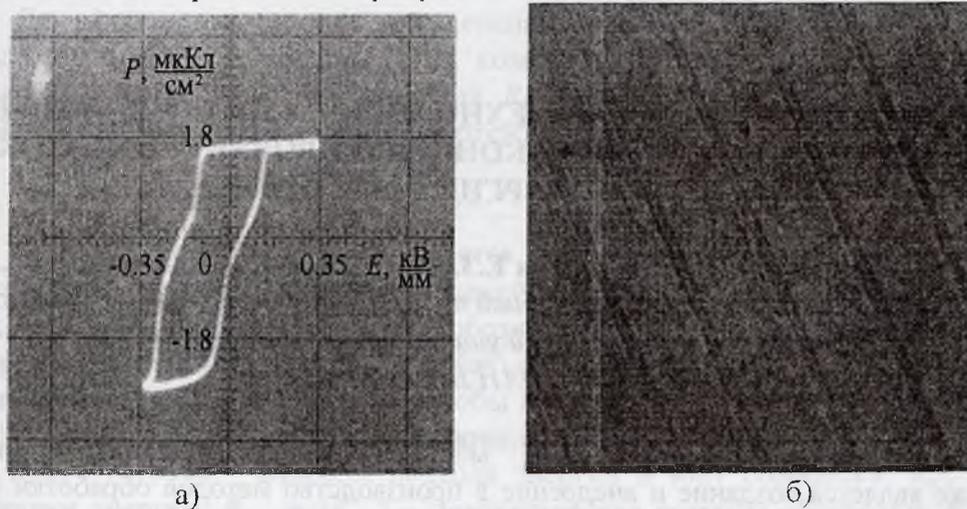


Рис. 3. Петля диэлектрического гистерезиса для слоистого кристаллов ТГС:Сг с периодом примесной ростовой структуры ~ 150 мкм (а) и соответствующая морфология поверхности (б) (метод избирательного травления, увеличение $\times 80$).

Наибольшей униполярностью характеризовались образцы неоднородных кристаллов ТГС:Сг, полученные из пирамид с высокой скоростью роста (например, {110}) и квазирегулярной ростовой слоистой структурой. Петли гистерезиса в этом случае имели перегибы, соответствующие разным компонентам доменной структуры, причем достаточно жестко закрепленной на доменных стенках. Об этом свидетельствовало снижение значений переключаемой части спонтанной поляризации.

Для кристаллов с периодом ростовой примесной структуры около 100 мкм наблюдалось почти полное исчезновение вторичной компоненты P_s и резкое снижение реориентируемой спонтанной поляризации. Таким образом, можно утверждать, что для отдельных пирамид роста кристаллов ТГС:Сг путем периодического распределения примеси возможно формировать регулярную доменную структуру, коррелирующую с периодом примесной ростовой структуры. Стенки доменов такой структуры достаточно сильно закрепляются на границах и процессы переполяризации требуют приложения более высоких полей, т.е. такой кристалл становится сегнетожестким материалом.

Проведенные исследования процессов поляризации для кристаллов с различной конфигурацией доменной структуры показали, что существует определенная корреляция доменной и дефектной структур для сегнетоэлектрических кристаллов, выращиваемых из растворов. Управление распределением примеси в процессе выращивания, может являться эффективным методом получения кристаллов с заданными характеристиками.

Литература

1. Голенищев–Кутузов, А.В. Индуцированные домены и периодические доменные структуры в электро-и магнитоупорядоченных веществах/ А.В.Голенищев –Кутузов, В.А. Голенищев –Кутузов, Р.И. Каллимулин// Успехи физических наук. 2000.-Т. 170, №7.- С.697-712.
2. Aleksandrovski, A. L. Periodic Ferroelectric Domain Structures for Nonlinear Optics/ A. L. Aleksandrovski // Laser Physics. 1996. - V. 6. - P. 1003-1012.

ВЫБОР КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ

Акулович Л.М., Зевелева Е.З., Крутько В.С., Позылова Н.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск.

Полоцкий государственный университет, Новополоцк,

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск

Перспективным направлением в машиностроении, приборостроении и электронике является создание и внедрение в производство методов обработки (МО), основанных на сочетании в одном процессе различных видов энергии или различных способов воздействия на обрабатываемый материал.

В общем виде системная модель технологии представляется в виде трех входных потоков: материи, энергии, информации. Поэтому метод обработки материала целесообразно рассматривать в виде подсистем – энергетической и информационной. Энер-