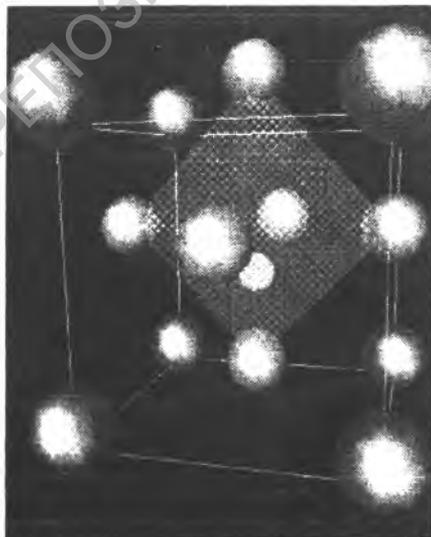


# СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ



## ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МОДИФИКАЦИИ НА ИМПУЛЬСНУЮ ПЕРЕПОЛЯРИЗАЦИЮ TGS

В.И. Януть, Л.Н. Марголин,  
С.А. Василевский, В.Ф. Гонтарев

Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка

Триглицинсульфат (TGS), как показали исследования [1] является исходным материалом для выращивания качественных модифицированных кристаллов с заранее прогнозируемыми характеристиками. Результаты исследований влияния различных модификаторов сульфатной ( $\text{SO}_4$ ) и глициновой ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) групп в (TGS) на изменение его физических свойств указали на необходимость комбинированной модификации [2].

Для практического применения кристаллов указанного семейства необходимо изучение процессов, связанных с откликом их структуры на внешние полевые воздействия, а также механизмов влияния на эти процессы модификаторов. Поэтому изучение процессов динамики структуры любого, а нового в особенности, сегнетоэлектрического кристалла является необходимым как с точки зрения его практического использования с целью изучения возможностей целенаправленного улучшения его сегнетоэлектрических свойств, так и для выяснения механизмов их формирования.

Реакция сегнетоэлектрического кристалла на воздействие поля является следствием перестройки его доменной структуры. Так как в TGS возможно существование только антипараллельных доменов то перестройка его доменной структуры представляется в виде двух взаимосвязанных между собой процессов: процесса зарождения микродоменов (кластеров поляризации) и процесса их развития (прорастания через кристалл). Процесс изменения поляризации на противоположное (переполяризация) в таких кристаллах представляют как обратный процесс. Физическое моделирование процессов переполяризации таких кристаллов основано на использовании ряда методик, отличающихся между собой способами воздействия на их структуру и регистрации соответствующих параметров ее отклика на эти воздействия.

В данном исследовании изучены процессы зарождения и последующей динамики структуры модифицированных кристаллов TGSP, LVTGS и LVTGSP [3] методом импульсной переполяризации на установке [4], усовершенствованной для области слабых полей. Эта методика позволяет моделировать поведение структуры в условиях квазистабильности внешнего электрического воздействия.

Суть методики заключается в том, что скорость подачи (снятия) электрического поля на кристалл во много раз превышает скорость отклика его структуры, а время нахождения кристалла в постоянном поле и вне его несоизмеримо больше времени его включения и выключения. Это позволяет исследовать не только интегральные характеристики процесса переполяризации, но и судить о микроскопических процессах, связанных с зарождением кластеров поляризации.

Возможности установки позволили варьировать длительность импульсов напряжения, подаваемого на кристалл, в пределах от 10 мкс до 100 мс. Измерения проведены при длительности импульсов 10 мс, что во много раз больше полного времени переполяризации ( $t_s$ ). Частота следования импульсов составляла 500 Гц. Исследования проведены для образцов кристаллов, взятых из пирамиды роста (001).

Как показали исследования, импульсы тока переполяризации кристаллов TGSP, LVTGS и LVTGSP различаются как по параметрам так и по форме. Для кристаллов LVTGS импульсы тока переключения в различных направлениях практически одинаковы, что свидетельствует о равноправности этих направлений, т.е. об отсутствии статической униполярности. У кристаллов LVTGSP и TGSP направления поляризации неравноправны. У них имеется внутреннее статическое поле, величина которого для TGSP значительно выше. Импульс тока переключения в направлении естественной униполярности для них больше по амплитуде и меньше по времени, чем импульс тока при переключении в противоположном направлении. Импульс тока самопроизвольной деполяризации после переключения кристалла в направлении естественной униполярности меньше по амплитуде и больше по времени, чем импульс деполяризации после переключения кристалла в противоположном направлении.

Типичные зависимости максимальной плотности тока переключения от напряженности внешнего поля  $j_{\max}(E)$  исследуемых кристаллов также различны. Процессы переключения начинаются при достижении некоторого порогового поля  $E_n$ , величина которого для этих кристаллов неодинакова. Кристаллы LVTGS легко переключаются, начиная со значений поля  $E_n \leq 0,7$  кВ/см, в то время как структура кристаллов LVTGSP начинает реагировать на импульсные поля напряженностью  $E_n = (0,8 — 0,9)$  кВ/см в зависимости от температуры измерения. Пороговое поле кристаллов TGSP составляет  $(1,2 — 1,5)$  кВ/см. По мере увеличения напряженности поля значения  $j_{\max}$  возрастают, причем для кристаллов LVTGS в большей степени, чем для кристаллов LVTGSP и TGSP. Вид графических зависимостей  $j_{\max}(E)$  исследованных кристаллов качественно совпадает с полевыми зависимостями обратной величины полного времени переполяризации  $1/t_s(E)$ . С увеличением поля величина  $1/t_s$  растет, причем при  $E = \text{const}$  значения  $1/t_s$  кристаллов TGSP меньше, чем у кристаллов LVTGS и LVTGSP. С увеличением температуры измерения при постоянстве напряженности поля  $E$  значения  $j_{\max}$  и  $1/t_s$  увеличиваются.

Результаты исследования полевых зависимостей времени нарастания ( $t'$ ) импульса тока переключения, которое связывается с процессами зарождения кластеров поляризации, свидетельствуют о том, что эти зависимости аппроксимируются на экспоненциальную функцию. Для кристаллов LVTGSP и TGSP графики этой зависимости смещены в область более сильных полей.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительном влиянии групп-модификаторов на процессы возникновения униполярности кристаллов и изменения их переполяризационных характеристик. Ход полевых

зависимостей плотности тока и обратного времени переполаризации указывает на возможность интерпретации полученных результатов на основе модели, предложенной в работе [5]. Следует предположить, что процесс зародышеобразования в исследуемых кристаллах инициируется L-валином, а группа  $PO_4$  ответственна за статическую униполярность кристаллов. Молекула L-валина, очевидно, замещая одну из молекул глицина, сама является переполаризуемым диполем, в значительной степени активизирующим процессы зародышеобразования.

### Литература

1. Цедрик М.С. Физические свойства кристаллов семейства триглицин-сульфата в зависимости от условий выращивания. Мн.: Наука и техника, 1986.
2. С.А. Василевский, В.Ф. Гонтарев, Л.Н. Марголин, В.И. Янучь. Влияние комбинированной модификации на физические свойства кристаллов TGS Актуальные проблемы физики твердого тела / Тез. докл. Международной конференции 4 — 6 ноября 2003 г. Минск С. 171.
3. Марголін Л.Н., Васілеўскі С.А., Янучь В.І. Дыэлектрычныя і пераклячальныя ўласцівасці крышталяў LVTGSP // Весці БДПУ. Мн. 2001. № 2. С. 159 — 165.
4. Цедрик М.С., Заборовский Г.А., Янучь В.И. Импульсная переполаризация высоколегированных кристаллов LATGS // Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики / Калининский ун-т., Калинин, 1989. С. 21 — 27.
5. Мерц В. Образование домена и движение доменной стенки в сегнетоэлектрическом монокристалле // Физика диэлектриков. М.: Изд. АН СССР, 1960. С. 286 — 289.

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ



А.У. Шелег, В.Г. Гуртовой, С.А. Гурецкий

Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси

Кристаллы  $K_3Li_{2-x}Nb_{5+x}O_{15+2x}$  являются весьма перспективными материалами для использования их в качестве пьезоэлектрических, и электронно-оптических элементов благодаря широкому диапазону прозрачности, исключительно хорошим нелинейно-оптическим и электрооптическим характеристикам. В сегнетоэлектрической фазе кристаллы KLN кристаллизуются в тетрагональную структуру [1].

В данной работе приводятся результаты исследования температурной зависимости электропроводности и диэлектрических свойств кристалла