

**ФТТ-2007**

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
Международной научной конференции  
23–26 октября 2007 г., Минск**

**Том 3**

## ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ TGS ПОСРЕДСТВОМ КОМБИНИРОВАННОЙ МОДИФИКАЦИИ

С.А.Василевский, В.Ф.Гонтарев, Л.Н.Марголин, В.И.Януть  
БГПУ имени М.Танка, г.Минск, ул.Советская, 18,

Направленное изменение свойств кристаллов TGS посредством подбора структурных модификаторов и условий выращивания приводит к появлению новых свойств, значительно повышающих их практическую ценность [1]. Для более эффективного применения таких кристаллов необходимо знать, как вводимые модификаторы и условия роста влияют на их структуру, что в свою очередь оказывает влияние и на все физические параметры.

Целью настоящего исследования является изучение влияния комбинированного сочетания модификаторов ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ti}^{2+}$ ,  $[\text{PO}_4]^{3-}$ ) на диэлектрические свойства кристаллов TGS. Исследуемые в данной работе модифицированные монокристаллы TGS ( $\text{TGS}, \text{Ni}$ ;  $\text{TGSP}, \text{Ni}$ ;  $\text{TGS}, \text{Cd}$ ;  $\text{TGSP}, \text{Cd}$ ;  $\text{TDSP}, \text{Ti}$ ) были выращены в двухтермостатной установке при постоянных температурах ( $t_p$ ) роста и пересыщении раствора с содержанием модификаторов до 10 мол.% в растворе.

В виду того, что свойства кристаллов группы TGS существенно зависят от условий выращивания, были выбраны температуры роста  $30^\circ\text{C}$  и  $52^\circ\text{C}$ , что позволило получить качественные модифицированные монокристаллы в полярной и неполярной фазах. Исследования показали, что все модифицированные кристаллы имеют несовершенную спайность в направлении, перпендикулярном полярной оси кристалла. Для изучения диэлектрических, поляризационных, пьезоэлектрических и переключающих свойств выращенных модифицированных кристаллов из развитых пирамид роста (001), (110), ( $\bar{1}10$ ), (010), ( $0\bar{1}0$ ), (001) и др. вырезались блоки с учетом направления полярной оси. Образцы для исследований представляли собой прямоугольные пластинки размерами  $(5 \times 5)$  мм<sup>2</sup> и толщиной  $\sim 0,5$  мм, сколотые перпендикулярно полярной оси из соответствующих блоков.

Электроды на образцы кристаллов наносились In – Ga амальгамой,

Как следует из полученных результатов, диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ) у всех модифицированных кристаллов TGS обнаруживает резкую аномалию в области температуры фазового перехода. Температура фазового перехода (температура Кюри,  $T_c$ ), определенная по максимальному значению  $\epsilon$ , равна  $(48,9 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ . В сегнетоэлектрической (полярной) области при температурах, далеких от точки фазового перехода, с увеличением температуры измерения,  $\epsilon$  монотонно возрастает и только вблизи  $T_c$  происходит резкое и значительное увеличение  $\epsilon$ . Значения диэлектрической проницаемости при  $25^\circ\text{C}$  составляют (39-74).

Установлено, что уменьшение температуры выращивания приводит к уменьшению как начальных значений диэлектрической проницаемости (температура измерения  $25^\circ\text{C}$ ), так и значений  $\epsilon_{\text{max}}$ , соответствующих температуре фазового перехода ( $T_c$ ).

Значения  $\epsilon_{\text{max}}$ , полученные при нагреве, всегда меньше значений, полученных при охлаждении. Эти различия особенно заметны для кристаллов, выращенных при высоких температурах в параэлектрической фазе (температура роста  $52^\circ\text{C}$ ). Для кристаллов, выращенных при низких температурах (сегнетофаза, температура роста  $30^\circ\text{C}$ ) влияние нагревания-охлаждения сказывается в значительно меньшей степени. Этот гистерезис обусловлен необратимыми процессами смещения границ между доменами, изменением их числа и общей площади. При изменении температуры равновесного состояния положение границ между доменами изменяется, вследствие чего происходят процессы смещения

доменных стенок, причем эти смещения могут быть необратимыми [2]. Меньший температурный гистерезис  $\varepsilon_{\max}$  у кристаллов, выращенных в сегнетоэлектрической фазе говорит о закреплении доменных стенок, т.е. доменная структура этих кристаллов более «жесткая», чем у кристаллов, выращенных в параэлектрической фазе, что подтверждается и более низкими значениями  $\varepsilon_{\max}$  низкотемпературных кристаллов.

Для всех исследованных кристаллов, независимо от условий роста и пирамиды роста значения тангенса угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \delta$ ) в сегнетоэлектрической фазе больше чем в параэлектрической фазе.

Зависимость диэлектрических свойств модифицированных кристаллов может объясняться взаимодействием дефектной и доменной структур, сформировавшихся при различных условиях роста.

Как следует из полученных данных диэлектрическая проницаемость модифицированных кристаллов TGS с увеличением напряженности переменного электрического поля  $E_{\sim}$  существенно изменяется. В слабом электрическом поле возрастает вначале медленно, в более сильных полях – резко, при некотором значении  $E_{\sim}$  достигает своего максимального значения, затем уменьшается (рис. 1).

На кривых зависимостей  $\varepsilon(E_{\sim})$  можно выделить несколько характерных областей нелинейности (рис. 1). увеличением  $E_{\sim}$ . Однако значения полей при которых наблюдаются эти области зависят от пирамиды роста, от вида модификатора и температуры роста кристаллов. Значения  $\varepsilon_{\text{нач.}}$ ,  $\varepsilon_{\text{макс.}}$ ,  $E_{\varepsilon \text{ макс.}}$ ,  $E_{\text{п}}$  и нелинейности  $N_{\sim}$  по наиболее развитым пирамидам роста модифицированных кристаллов TGS приведены в таблице 1.

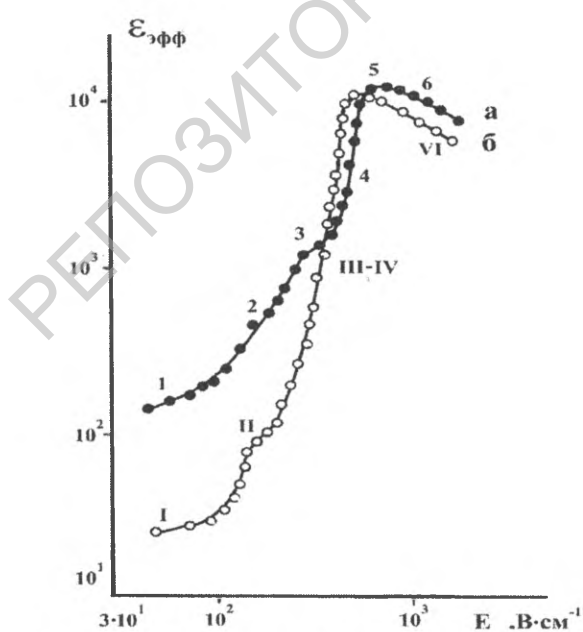


Рис. 1. Зависимости  $\varepsilon(E_{\sim})$  кристаллов TGS, Cd. Пирамида роста: а –  $(\bar{1}10)$ , б –  $(100)$ .

Таблица 1.  
Значения параметров  $\varepsilon_{\text{нач.}}$ ,  $\varepsilon_{\text{макс.}}$ ,  $E_{\text{макс.}}$  и  $N_{\sim}$  модифицированных кристаллов  
(температура роста кристаллов 30°C)

| Кристалл | Пирамида<br>роста | $\varepsilon_{\text{нач.}}$ | $\varepsilon_{\text{макс.}}, 10^3$ | $E_{\text{макс.}}, \text{В/см}$ | $E_{\text{п.}}, \text{В/см}$ | $N_{\sim}, \text{см/В}$ |
|----------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| TGS, Cd  | 110               | 204                         | 17,0                               | 705                             | 82                           | 0,120                   |
|          | 001               | 78                          | 11,9                               | 690                             | 75                           | 0,330                   |
|          | $\bar{1}10$       | 50                          | 14,8                               | 890                             | 140                          | 0,330                   |
| TGSP, Cd | 110               | 103                         | 18,4                               | 820                             | 180                          | 0,220                   |
|          | 001               | 76                          | 12,7                               | 480                             | 120                          | 0,340                   |
|          | $\bar{1}10$       | 44                          | 9,3                                | 1540                            | 180                          | 0,140                   |
| TGS, Ni  | 110               | 305                         | 5,6                                | 1260                            | 190                          | 0,015                   |
|          | 001               | 500                         | 7,6                                | 780                             | 135                          | 0,020                   |
|          | $\bar{1}10$       | 370                         | 6,0                                | 1100                            | 130                          | 0,015                   |
| TGSP, Ni | 110               | 100                         | 5,2                                | 3910                            | 205                          | 0,013                   |
|          | 001               | 40                          | 3,9                                | 6830                            | 185                          | 0,014                   |
|          | $\bar{1}10$       | 100                         | 5,6                                | 3810                            | 160                          | 0,015                   |
| TGSP, TI | 110               | 40                          | 9,5                                | 2380                            | 170                          | 0,100                   |
|          | 001               | 60                          | 9,5                                | 2370                            | 140                          | 0,070                   |
|          | $\bar{1}10$       | 60                          | 9,5                                | 2370                            | 140                          | 0,065                   |

Отмеченные особенности в характере зависимостей  $\varepsilon(E_{\sim})$  могут быть объяснены, исходя из представлений о доменной структуре сегнетоэлектриков. Зависимость  $\varepsilon(E_{\sim})$  в основном определяется зависимостью от поля ориентационной поляризации. Влияние ее практически всегда много больше влияния поляризации, обусловленной другими механизмами. Под воздействием электрического поля ориентационная поляризация осуществляется путем переориентации целых доменов, роста доменов одной ориентации и вытеснения доменов другой ориентации, зарождением новых доменов и их прорастания через кристалл. Очевидно, что у модифицированных кристаллов TGS все эти процессы проходят значительно сложнее, чем у чистого TGS и по-разному в пирамидах роста. Косвенно это служит доказательством того, что модификаторы (Cd, Ni, TI и PO<sub>4</sub>) по-разному входят в пирамиды роста в процессе выращивания модифицированных кристаллов TGS.

Различия в свойствах полученных модифицированных кристаллов по пирамидам роста очевидно связаны с тем, что при выращивании таких кристаллов из растворов, содержащих ионы Cd, Ni, TI, PO<sub>4</sub> последние могут внедряться в междоузлия решетки или образовывать комплексы с глициновыми группами. Действие же ионов специфично. Оно зависит не только от изменения связи в структуре кристалла. Они способны вызвать торможение доменных стенок, их «замораживание». Даже небольшой концентрации внедренных в кристалл ионов достаточно для того, чтобы существенно повлиять на динамику доменных стенок, а следовательно, и на диэлектрические, поляризационные, пьезоэлектрические и переключающие свойства кристаллов.

#### Литература

1. Василевский С.А., Гонтарев В.Ф., Марголин Л.Н., Януть В.И. «Управление свойствами кристаллов TGS при их комбинированной модификации» NEET-2005, 1V International conference. Zakopane. Poland. 2005. P.197–1
2. Цедрик М.С. Физические свойства кристаллов семейства триглицинсульфата. Мн. 1986. 216с.