

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГИСТЕРЕЗИС В АЛАНИН - И ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛАХ ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА

© 2016 г. Б.М. МЕДНИК, Н.Н. БОЛЬШАКОВА

Тверской государственный университет
e-mail: Buba571@gmail.com

Введение

Наиболее распространенные сегнетоэлектрические кристаллы принадлежат семейству триглицинсульфата (ТГС). Хорошие технические характеристики в сочетании с отсутствием селективности по широкому диапазону детектируемых частот обеспечивают большие возможности использования ТГС в качестве преобразователей инфракрасного излучения. Свойства кристаллов в значительной степени определяются концентрацией и типом дефектов и примесей, их расположением в кристаллической решетке и характером взаимодействия между собой.

Легирование и облучение кристаллов ТГС проводится с целью стабилизации их поляризации. Для преобразователей инфракрасного излучения используются монокристаллы сегнетоэлектрических пластин. Вводимые при росте кристаллов примеси могут целенаправленно изменять его свойства, создавая в кристалле как точечные дефекты, так и объемные комплексы [1-4]. Настоящая работа поставлена с целью получения информации о влиянии легирования аланинсодержащих кристаллов триглицинсульфата фосфором на их диэлектрические свойства и процессы переполяризации.

Исследования проведены на образцах монокристаллов ТГС, легированных $L - \alpha$ –аланином (10 мол. % в растворе) и фосфором различных концентраций. Образцы представляли собой плоскопараллельные пластины полярного (перпендикулярно вектору спонтанной поляризации) среза. На отполированные полярные срезы образцов наносились серебряные электроды методом вакуумного напыления. Диэлектрическая проницаемость измерена с помощью моста Е7-4. Петли диэлектрического гистерезиса получены методом Сойера-Гауэра [2].

Полученные результаты и их обсуждение

В табл. 1 приведены результаты измерений и расчета диэлектрической проницаемости и характеристик петли гистерезиса для исследуемых кристаллов при комнатной температуре ($T = 23^\circ C$).

Видно, что наибольшие значения относительной и эффективной диэлектрических проницаемостей и переключаемой поляризации наблюдаются для образца АТГС, не содержащего примеси фосфора. В случае образцов АТГСР величины ϵ колеблются от 23 до 30, $\epsilon_{эф}$ – от 20 до $5 \cdot 10^3$, переключаемой поляризации от $0.4 \cdot 10^{-2}$ до $2,2 \cdot 10^{-2}$ Кл·м². С ростом концентрации примеси фосфора величины ϵ , $\epsilon_{эф}$, $tg\delta$ и переключаемой поляризации имеют тенденцию к уменьшению, значения коэрцитивных полей изменяются от $70 \cdot 10^3$ до $100 \cdot 10^3$ В·м⁻¹. Различия величин относительной и эффективной диэлектрических проницаемостей связано с вкладом доменной структуры в процессы переключения образцов.

Значения коэффициента униполярности колеблются от 0,03 до 0,8. Наименьшее значение 0,03 он имеет для образца с концентрацией фосфора $C=0,08$ вес %. С увеличением концентрации фосфора в кристаллах АТГС величины коэффициента

униполярности имеют тенденцию к увеличению, что свидетельствует о возникновении преимущественного направления векторов поляризации в образцах.

Таблица 1

Концентрация примеси фосфора, вес. %	ϵ	$\epsilon_{эф}, 10^3$	$P, 10^{-2}$ Кл · м ⁻²	tg δ	η	$E_c, 10^3$ В · м ⁻¹	$E_{см}, 10^3$ В · м ⁻¹
0	40	20	3,1	0,14	0,3	100	40
0,07	30	18	2,2	0,14	0,3	70	7
0,08	24	16	1,9	0,14	0,03	80	13
0,16	24	16	1,9	0,13	0,1	100	25
0,17	23	5	0,5	0,10	0,7	100	40
0,19	30	6	0,4	0,10	0,8	70	80

На рис. 1 представлены осциллограммы петель диэлектрического гистерезиса для кристаллов АТГСР при комнатной температуре. Видно, что для образцов АТГС и АТГСР (С=0,07 вес. %) петли диэлектрического гистерезиса прямоугольны и практически не искажены. Для остальных образцов АТГСР симметрия петли нарушается. Петли гистерезиса для образцов АТГСР, содержащих 0,08; 0,16; 0,17 и 0,19 вес. % фосфора, униполярны и смещены по координатным осям (рис. 1, а, б, в, г, д, е). Это свидетельствует о преимущественной ориентации доменов одного из направлений вектора \vec{P}_s и наличии полей смещения.

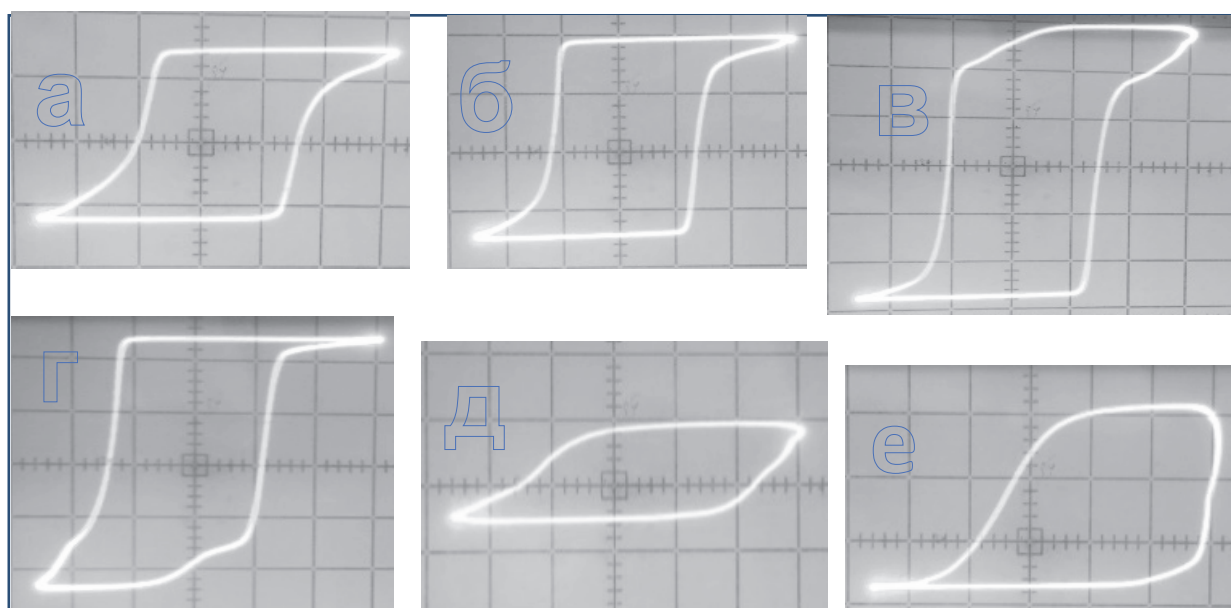


Рис. 1. Осциллограммы петель диэлектрического гистерезиса, полученные для образцов АТГСР с различными концентрациями фосфора: а) С=0; б) С=0,07 в) С=0,08; г) С=0,16; д) С=0,17; е) С=0,19 вес. %.

На рис. 2 приведена полевая зависимость переключаемой поляризации, полученная для кристалла АТГСР (С=0,07 вес. %). В интервале полей от 10 до 36 · 10³ В м⁻¹ кривая P(E⁻) монотонно возрастает. Это свидетельствует о включении в процесс переполяризации всё новых доменов. В более высоких полях зависимость P(E⁻) выходит на насыщение, свидетельствующее о монодоменизации образца.

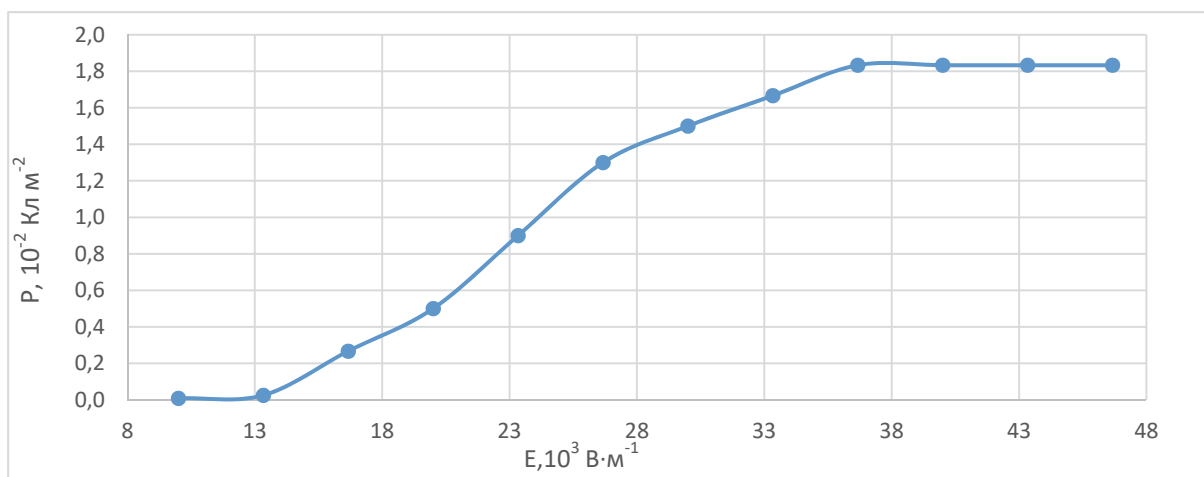


Рис. 2. Полевая зависимость переключаемой поляризации, полученная для образца кристалла АТГСР (С=0,07 вес. %).

На рис. 3. представлена полевая зависимость эффективной диэлектрической проницаемости, полученная для образца кристалла АТГС. Видно, что в интервале полей от 35 до $100 \cdot 10^3 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$ кривая $\epsilon_{\text{эф}}$ (E^-) монотонно возрастает. С дальнейшим увеличением поля наблюдается уменьшение значений эффективной диэлектрической проницаемости. Ход кривых $P(E^-)$ и $\epsilon_{\text{эф}}(E^-)$ для остальных исследованных образцов не имеет существенных отличий от приведенных на рис. 2, 3.

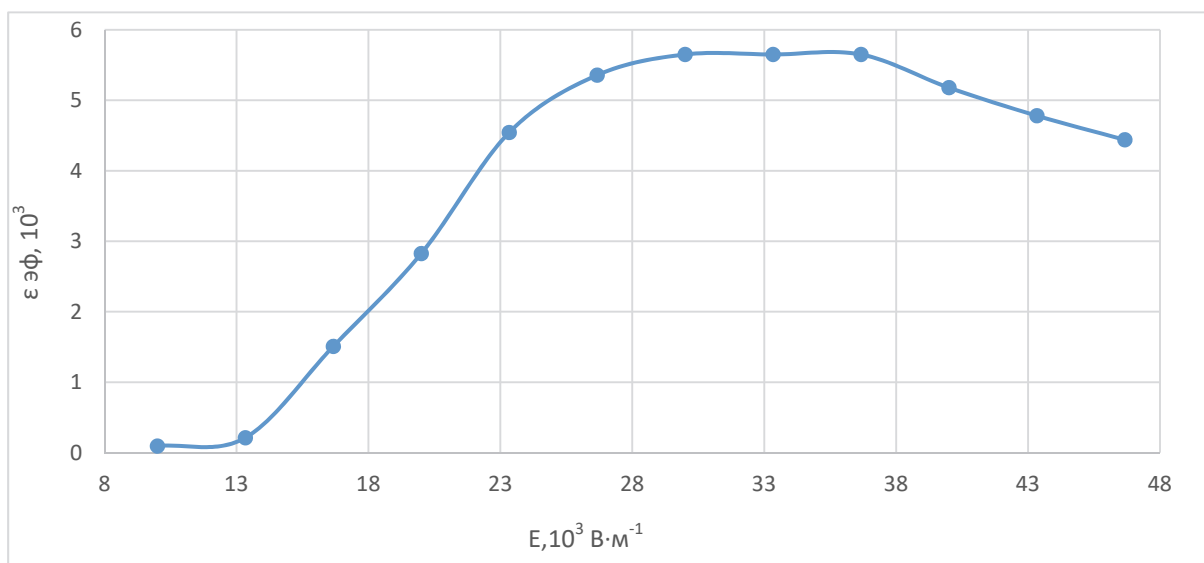


Рис. 3. Полевая зависимость эффективной диэлектрической проницаемости, полученная для образца АТГСР (С=0,07 вес. %).

На рис. 4. представлена концентрационная зависимость поляризации насыщения для кристаллов АТГСР. Видно, что наибольшего значения поляризация достигает для кристаллов АТГС. С увеличением концентрации фосфора в кристаллах АТГСР величины поляризации уменьшаются. Известно, что дефекты являются центрами зародышеобразования. При высоких концентрациях примесь становится стопором для движения доменной стенки, что вызывает уменьшение значений поляризации.

На рис. 5. приведена концентрационная зависимость наибольшего значения эффективной диэлектрической проницаемости для кристаллов АТГСР. С увеличением концентрации фосфора значения $\epsilon_{\text{эф}}$ имеют тенденцию к уменьшению, свидетельствующему о стабилизации доменной структуры кристалла.

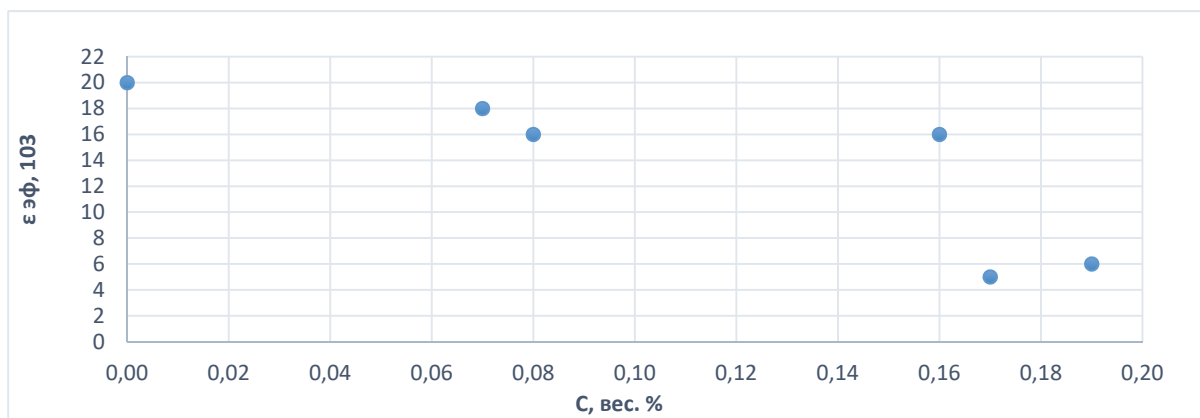


Рис. 4. Концентрационная зависимость наибольшего значения эффективной диэлектрической проницаемости для кристаллов АТГСР.

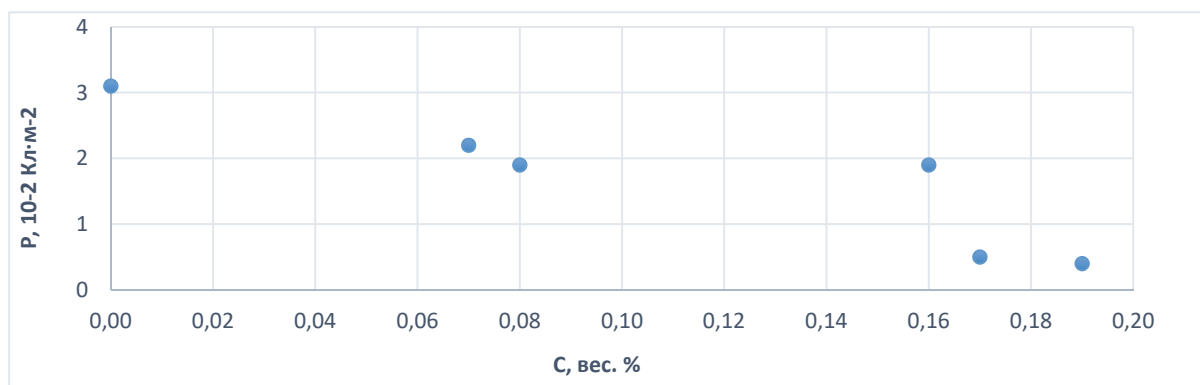


Рис. 5. Концентрационная зависимость поляризации насыщения для кристаллов АТГСР.

Заключение

$L - \alpha$ –аланин является наиболее эффективной органической примесью замещения. Молекулы глицина и $L - \alpha$ –аланина имеют сходную структуру. При изоморфном замещении части молекул глицина молекулами $L - \alpha$ –аланина в решетке ТГС появляется большое число необратимых диполей, что приводит к выключению части доменов из процесса переполяризации, уменьшению переключаемой поляризации и увеличению коэрцитивного поля.

По данным [1] нетрадиционное замещение сульфатной группы $(SO_4)^{2-}$ на $(PO_4)^{3-}$ и части глицина на аланин приводит к получению в ТГС устойчивого униполярного состояния и высокой пироактивности. Величины пироэлектрического коэффициента кристаллов АТГСР в 1,3-1,5 раза превышают аналогичные для ТГС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цедрик М.С. Физические свойства кристаллов семейства триглицинсульфата (в зависимости от условий выращивания). Минск. Наука и техника. 1986. 216 с.
2. Богомолов А.А. Иванов В.В. Физика сегнетоэлектрических явлений. Тверь 2014.160 с.
3. Bolshakova N., Rudyak V. Domain structure realignment processes and barkhausen effect in TGS crystals // Ferroelectrics. -1994. v. 157, p. 123-128.
4. Афонская И.А., Большакова Н.Н., Корина Р.В. Исследование устойчивости поляризованного состояния кристаллов примесного триглицинсульфата с помощью теплового эффекта Баркгаузена // Изв. АН СССР. Сер.Физ 1981. Т.45, №9. С 1687-1690.