

УДК 537.226.4

**ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МАРГАНЦА НА ПРОЦЕССЫ
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ АЛАНИНСОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛОВ
ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА**

М.А Михайлов¹, Н.Н Большакова¹, Е.Н Гординская²

¹Тверской государственной университет, Тверь, Россия,

²Тверская государственная медицинская академия, Тверь, Россия

Исследовано влияние ионов марганца на процессы переключения и диэлектрические свойства аланинсодержащих кристаллов триглицинсульфата (АТГС:Мn²⁺). Установлено, что ионы марганца входят в кристаллическую решетку АТГС неравномерно, петли диэлектрического гистерезиса кристаллов искажены и униполярны, существенного влияния примеси на точку фазового перехода не обнаружено.

Ключевые слова: ионы марганца, аланинсодержащие кристаллы триглицинсульфата, процессы переключения, диэлектрические свойства.

1. Введение. Важной задачей физики сегнетоэлектричества является установление связи между свойствами сегнетоэлектрических кристаллов и факторами, оказывающими на них сильное влияние, среди которых существенную роль играют примеси. Легирование монокристаллов ТГС оказывает влияние на его процессы переполяризации, точку фазового перехода и диэлектрические свойства [1]. В настоящее время свойства кристаллов чистого ТГС исследованы достаточно подробно. Настоящая работа поставлена с целью получения информации о влиянии легирования кристаллов триглицинсульфата L- α -аланином и марганцем на их диэлектрические свойства и процессы переполяризации.

2. Методики эксперимента и объекты исследования. Электроемкость образцов измерена с помощью универсального моста Е7-4 на частоте 1 кГц. Диэлектрическая проницаемость рассчитана по формуле плоского конденсатора. Процессы переключения образцов исследованы с помощью схемы Сойра-Тауэра на частоте 50 Гц. Для исследованных кристаллов по петлям диэлектрического гистерезиса рассчитаны значения переключаемой поляризации, коэрцитивного поля, поля смещения и коэффициента униполярности [2,3]

Исследования проведены на образцах монокристаллов ТГС, легированных L- α -аланином и марганцем. Концентрация L- α -аланина в растворе составляла 10мол.%. Образцы представляли собой плоскопараллельные пластины полярного (перпендикулярно вектору спонтанной поляризации) среза, на которые наносились серебряные электроды методом вакуумного напыления.

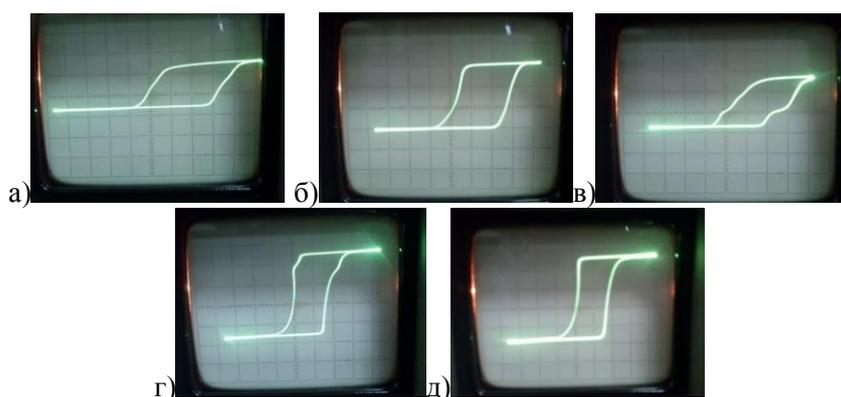
3.Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены результаты расчета диэлектрической проницаемости и элементов петли гистерезиса для исследуемых кристаллов АТГС: Mn^{2+} при комнатной температуре $T=25^{\circ}C$.

Таблица 1

№	Концентрация примеси L- α – аланина в растворе мол.%	ϵ	$P, 10^{-2}$ Клм ⁻²	η	$E_c, 10^2$ В·м ⁻¹	$E_{cm}, 10^2$ В·м ⁻¹
1	Образец №1	40	1,7	0,6	230	230
2	Образец №2	40	1,8	0,7	230	230
3	Образец №3	40	0,8	0,9	460	460
4	Образец №4	30	1,8	0,6	250	250
5	Образец №5	60	2,1	0,7	380	380

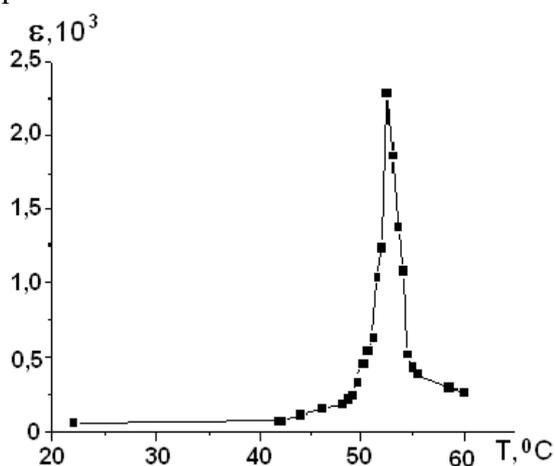
Видно, что величины диэлектрической проницаемости колеблются от 30 до 60, переключаемой поляризации от 0,8 до 2,1 Кл·м⁻². Значения коэрцитивных полей и полей смещения изменяются от 230 до 460 В·см⁻¹, коэффициента униполярности- от 0,6 до 0,9.

Известно, что для кристаллов беспримесного ТГС петли диэлектрического гистерезиса прямоугольны и практически не искажены [4]. Для образцов АТГС: Mn^{2+} симметрия петли нарушается (рис.1).



Р и с. 1 Осциллограммы петель диэлектрического гистерезиса, полученные для образцов АТГС: Mn^{2+} : а), №1; б) №2 в) №3 г) №4 д) №5

Смещение петли гистерезиса по вертикальной оси свидетельствует о преимущественной ориентации доменов одного из направлений вектора спонтанной поляризации, по горизонтальной - о наличии полей смещения. На рис. 2 приведена температурная зависимость диэлектрической проницаемости для образца №1. Видно, что в интервале температур от 22 до 46 °С кривая $\epsilon(T)$ монотонно возрастает. При этом величины ϵ изменяются от 60 до 160. С дальнейшим увеличением температуры кривая $\epsilon(T)$ резко возрастает и проходит через максимум при $T=52$ °С. Зависимости $\epsilon(T)$ для остальных исследованных образцов не имеют существенных отличий от приведенной на рис.2.



Р и с. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости, полученная для образца АТГС: Mn^{2+} №1

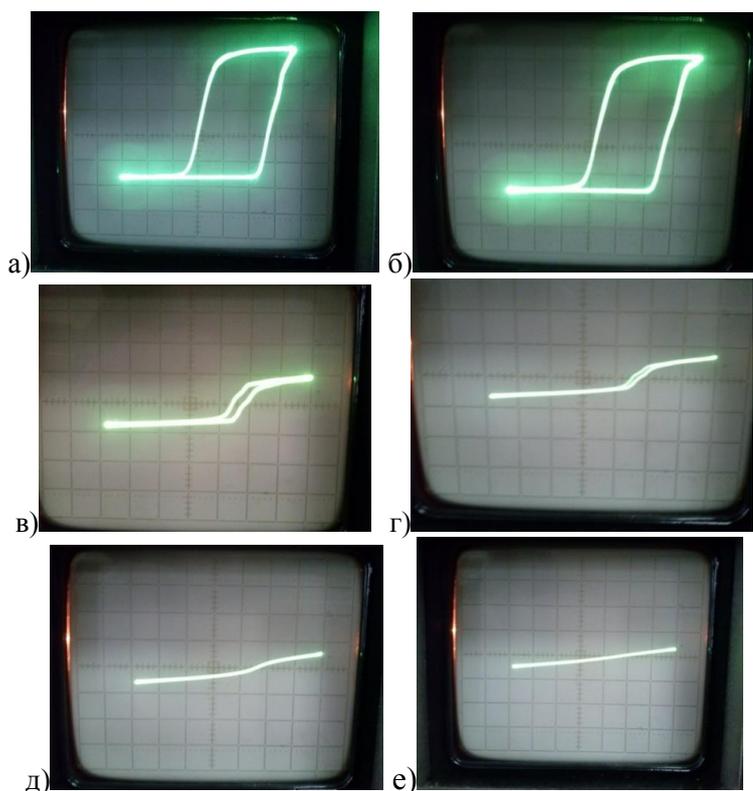
В таблице 2 приведены величины диэлектрической проницаемости, полученные при температурах 25°C и 46°C, максимальных значений ϵ и температуры, соответствующей ϵ_m .

Таблица 2

№ образца	$\epsilon(25^\circ\text{C})$	$\epsilon(46^\circ\text{C})$	$\epsilon_m, 10^3$	$T_{\epsilon_m}, ^\circ\text{C}$
1	60	160	2,0	52
2	40	170	4,0	51
3	40	190	1,0	50
4	30	150	3,0	51
5	40	180	3,5	51

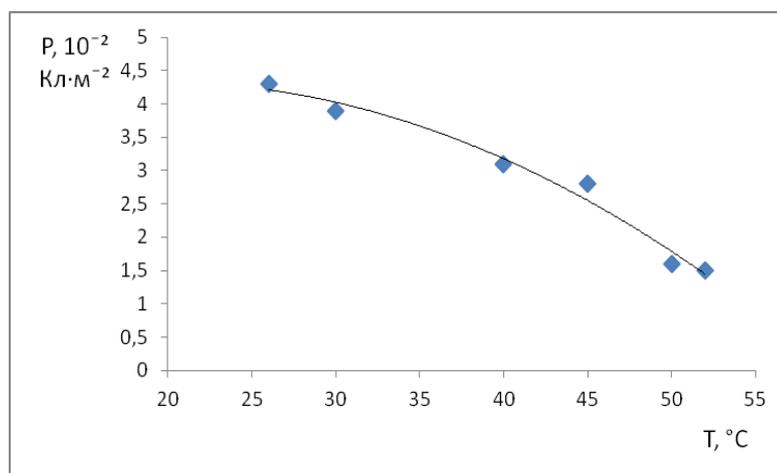
Из таблицы видно, что в районе фазового перехода величины диэлектрической проницаемости возрастают на порядок. Температуры, соответствующие максимальным значениям ϵ , колеблются от 50°C до 52°C.

Влияние нагревания на процессы переключения кристаллов АТГС: Mn^{2+} показано на рис.3, на котором петли диэлектрического гистерезиса представлены для образца №1. Видно, что зависимость $P(E)$ соответствует его униполярному состоянию. С увеличением температуры от 26 до 50 °C площадь петли уменьшается, и при дальнейшем нагревании до 52 °C она вырождается в прямую линию.



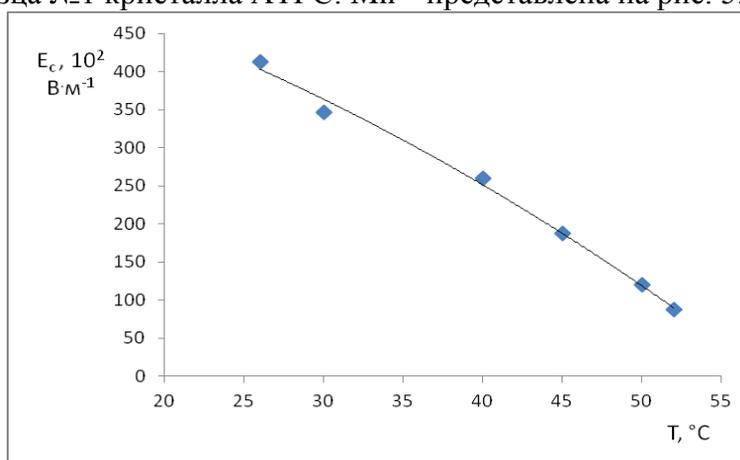
Р и с . 3. Осциллограммы петель диэлектрического гистерезиса, полученные для кристалла АТГС:Мn²⁺ (образец №1) при различных температурах:
а)Т=26°С; б)30; в)40; г)45; д)50; е)52

Температурные зависимости переключаемой поляризации кристаллов АТГС: Мn²⁺ представлены на рис. 4. Видно, что с увеличением температуры кривые P(T) монотонно убывают. Ход зависимостей P(T) существенно не отличается от известных в литературе для фазовых переходов второго рода.



Р и с. 4. Температурная зависимость переключаемой поляризации, полученная для образца №1 кристалла АТГС: Mn^{2+}

Температурная зависимость коэрцитивного поля, полученная для образца №1 кристалла АТГС: Mn^{2+} представлена на рис. 5.



Р и с. 5. Температурная зависимость коэрцитивного поля, полученная для образца №1

Видно, что во всей области сегнетофазы кривые $E_c(T)$ монотонно убывают, что соответствует известным из литературы данным для беспримесного кристалла ТГС. Температурные зависимости переключаемой поляризации и коэрцитивного поля для остальных исследованных образцов не имеют существенных отличий от приведенных на рисунках 4 и 5.

4. Заключение. Кристаллы АТГС: Mn^{2+} обладают сегнетоэлектрическими свойствами, о чем свидетельствуют температурные зависимости диэлектрической проницаемости и петли диэлектрического гистерезиса. L- α -аланин является наиболее эффективной органической примесью замещения. При изоморфном замещении части молекул глицина молекулами L- α -аланина в решетке ТГС появляется большое число необратимых диполей. Это приводит к выключению части доменов из процесса переполяризации, вследствие чего наблюдается уменьшение переключаемой поляризации и увеличение коэрцитивного поля. Из осциллограмм петель диэлектрического гистерезиса следует, что ионы марганца входят в кристаллическую решетку кристалла АТГС неравномерно. В ряде случаев петли имеют искажения, что может быть вызвано увеличением дефектности кристалла [5].

Список литературы

1. Цедрик М.С. Физические свойства кристаллов семейства триглицинсульфата (в зависимости от условий выращивания). Минск. Наука и техника. 1986. 216 с.
2. Рудяк В.М. Физика сегнетоэлектрических явлений. Калинин. КГУ. 1988. 102 с.
3. Богомолов А.А., Иванов В.В. Физика сегнетоэлектрических явлений. Тверь. ТвГУ. 2014. 160 с.
4. Большакова Н.Н., Рудяк В.М. Процессы перестройки доменной структуры и эффект Баркгаузена в чистых и примесных кристаллах триглицинсульфата. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1991. Т.55, № 3. С. 606-612.
5. Пешиков Е.В. Действие радиации на сегнетоэлектрики. Ташкент. Фан. 1972. 134 с.

**EFFECT OF Mn IONS ON THE PROCESSES OF SWITCHING IN
ALANINE-CONTAINING TRYGLYCINE SULPHATE
CRYSTALS**

M.A. Mikhailov¹, N.N. Bolshakova¹, E.N. Gordinskaya²

¹Tver State University, 170100 Tver, Russia

²Tver State Medical Academy, 170002 Tver, Russia

A study is made of the effect of Mn ions on the processes of switching and dielectric properties of alanine-containing tryglycine sulphate (ATGS:Mn²⁺) crystals. It is shown that manganese ions enter the ATGS crystal lattice non-uniformly. The dielectric hysteresis loops of the crystals under study are unipolar and distorted. No noticeable effect of the impurities on the phase transition point was observed.

Keywords: *manganese ions, alanine -containing tryglycine sulphate crystals, switching processes, dielectric properties*

Об авторах:

БОЛЬШАКОВА Наталья Николаевна –доцент кафедры физики сегнето- и пьезоэлектриков физико-технического факультета Тверского государственного университета;

МИХАЙЛОВ Михаил Андреевич – магистрант физико-технического факультета Тверского государственного университета;

ГОРДИНСКАЯ Елена Николаевна - старший преподаватель кафедры физики, математики и медицинской информатики Тверской государственной медицинской академии.