

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МЕДЬ- И НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛОВ ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА

© 2016 г. М.Г. КИСЕЛЕВА, Н.Н. БОЛЬШАКОВА, Г.М. НЕКРАСОВА*

Тверской государственный университет,
*Тверская государственная сельскохозяйственная академия
e-mail: masha69kiseleva@mail.ru

Введение

Монокристаллы триглицинсульфата (ТГС) нашли широкое применение в качестве преобразователей инфракрасного излучения. Введение примесей в монокристаллы ТГС оказывает влияние на его процессы переполаризации, точку фазового перехода и диэлектрические свойства. Исследования физических свойств кристаллов ТГС с двойными примесями позволили обнаружить в них ярко выраженные пироэлектрические свойства [1-4].

Целью настоящей работы явилось получение информации о влиянии легирования кристаллов триглицинсульфата ионами Cu^{2+} и Ni^{2+} на их диэлектрические свойства и процессы переполаризации. Исследования проведены на образцах монокристаллов ТГС, легированных ионами меди и никеля различных концентраций. Кристаллы выращены при температурах 35 °С и 52 °С, концентрации примесей определены в растворе. Электроемкость образцов измерена с помощью универсального моста Е7-4, диэлектрическая проницаемость рассчитана по формуле плоского конденсатора. Петли диэлектрического гистерезиса получены с помощью схемы Сойлера – Тауэра [2].

Полученные результаты и их обсуждение

Для большинства исследованных составов ТГС петли диэлектрического гистерезиса прямоугольны и практически не искажены. Незначительные искажения наблюдаются для образцов, выращенных при $T_r=52$ °С и содержащих 3 мол. % примесей в растворе.

В табл. 1 приведены результаты расчетов величин диэлектрической проницаемости и характеристик петель диэлектрического гистерезиса для исследуемых образцов. Видно, что для кристаллов, выращенных при $T_r=35$ °С, значения диэлектрической проницаемости возрастают от 30 до 110 с увеличением концентрации примесей в растворе. В случае кристаллов, выращенных при $T_r=52$ °С, с ростом концентрации примесей, величины ϵ уменьшаются от 50 до 20. Значения переключаемой поляризации уменьшаются, а величины коэффициента униполярности и коэрцитивного поля возрастают с увеличением концентрации примесей для обеих температур роста кристаллов. Кристаллы, выращенные при $T_r=52$ °С, обладают полями смещения. Это свидетельствует о преимущественной ориентации доменов одного из направлений P_s и закреплении доменных стенок дефектами.

На рис. 1, 2 температурные зависимости диэлектрической проницаемости представлены для кристаллов ТГС: Cu^{2+} : Ni^{2+} , содержащих $C_1=0,5$; $C_2=0,5$ мол. % примесей и выращенных при температурах 35 °С и 52 °С. Видно, что в интервале температур от 23 до 48 °С кривые $\epsilon(T)$ монотонно возрастают. С дальнейшим увеличением температуры зависимости $\epsilon(T)$ резко возрастают и проходят через максимумы при $T=50$ °С.

Температурные зависимости диэлектрической проницаемости для других исследуемых образцов ведут себя аналогичным образом.

Таблица 1

№	Cu ²⁺ , мол. %	Ni ²⁺ , мол. %	Тр, °С	ε	P, 10 ⁻² Кл·м ⁻²	η	E _с , 10 ⁴ В·м ⁻¹	E _{см} , 10 ⁴ В·м ⁻¹
1	0,5	0,5	35	30	1,4	0,06	9	0
2	0,5	0,5	35	60	1,9	0,05	9	0
3	3,0	3,0	35	110	1,0	0,17	10	0
4	0,5	0,5	52	50	2,1	0,09	9	0
5	3,0	3,0	52	40	0,9	0,14	13	5
6	3,0	3,0	52	20	0,9	0,15	12	2

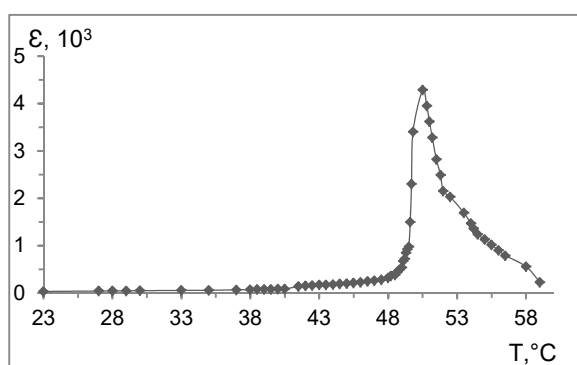


Рис. 1. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости, полученная для кристалла ТГС: Cu²⁺ : Ni²⁺ : C₁=0,5; C₂=0,5 мол. %, Тр=35 °С.

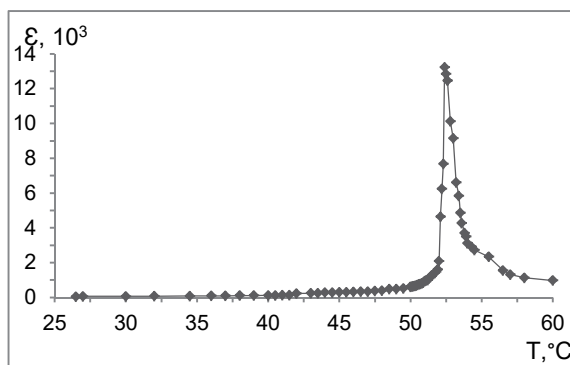


Рис. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости, полученная для кристалла ТГС: Cu²⁺ : Ni²⁺ : C₁=0,5; C₂=0,5 мол. %, Тр=52 °С.

На рис. 3, 4 представлены температурные зависимости переключаемой поляризации и коэрцитивного поля для образца ТГС: Cu²⁺: Ni²⁺: C₁=0,5; C₂=0,5 мол. % (Тр=35 °С). Видно, что с увеличением температуры кривые P(T) и E_с(T) монотонно убывают. Ход зависимостей существенно не отличается от известных в литературе для беспримесного кристалла ТГС.

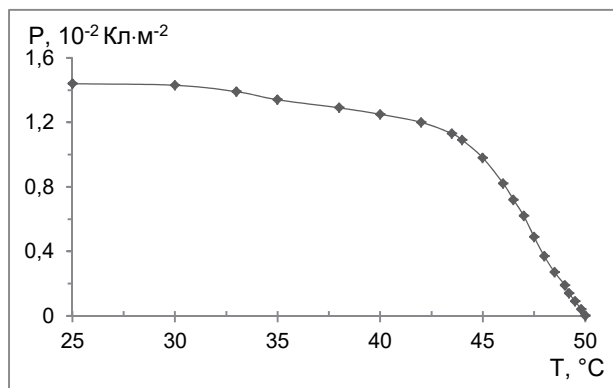


Рис. 3. Температурная зависимость переключаемой поляризации для образца ТГС: Cu²⁺ : Ni²⁺ : C₁=0,5; C₂=0,5 мол. %, Тр=35 °С.

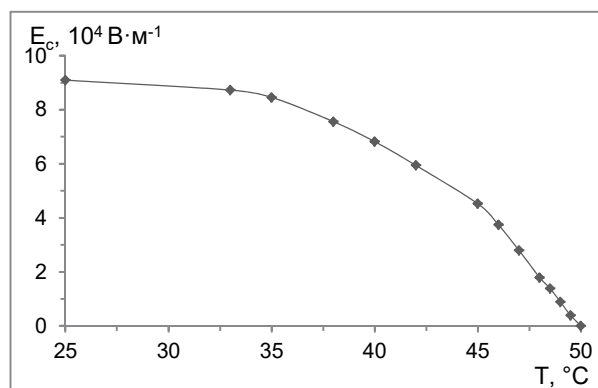


Рис. 4. Температурная зависимость коэрцитивного поля для образца ТГС: Cu²⁺ : Ni²⁺ : C₁=0,5; C₂=0,5 мол. %, Тр=35 °С.

Температурные зависимости диэлектрической проницаемости переключаемой поляризации и коэрцитивного поля для других исследуемых образцов не имеют существенных отличий от приведенных на рис. 1-4.

Заключение

Установлено, что для большинства исследованных составов ТГС: Cu^{2+} : Ni^{2+} петли диэлектрического гистерезиса прямоугольны и симметричны. Незначительные искажения наблюдаются для образцов, выращенных при $T_r=52^\circ\text{C}$ и содержащих 3 мол. % примесей в растворе. Для кристаллов, выращенных при $T_r=35^\circ\text{C}$, величины диэлектрической проницаемости возрастают от 30 до 110 с увеличением концентрации примесей в растворе. В случае кристаллов, выращенных при $T_r=52^\circ\text{C}$, с ростом концентрации примесей, значения ϵ уменьшаются от 50 до 20. Значения переключаемой поляризации уменьшаются, а величины коэффициента униполярности и коэрцитивного поля возрастают с увеличением концентрации примесей для обеих температур роста кристаллов. С увеличением температуры роста кристалла ТГС: Cu^{2+} : Ni^{2+} и концентрации примесей положения максимумов кривых $\epsilon(T)$ смещаются в высокотемпературную область на (2-3) $^\circ\text{C}$. Ход температурных зависимостей переключаемой поляризации и коэрцитивного поля для кристаллов ТГС: Cu^{2+} : Ni^{2+} не имеет существенных отличий от известных для беспримесного ТГС.

Поведение характеристик переключения и диэлектрических свойств кристаллов ТГС: Cu^{2+} : Ni^{2+} связаны с особенностями вхождения этих примесей в кристаллическую решетку кристаллов ТГС. Ионы меди создают незаряженный, планарный хелатный комплекс $[\text{CuGl}_2]^0$, а ионы никеля - заряженный комплекс $[\text{NiGl}_3]^{-1}$ [1].

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: ТвГУ, 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.