

УДК 537.226.4; 537.226.1; 537.226.83; 537.226.86

А.І. Сусла, М.С. Зеленюк, Г.М. Гуйван, О.Г. Сливка, В.М. Кедюлич
Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 54, Ужгород, 88000
e-mail: kaf-optics@uzhnu.edu.ua

ПІРОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛУ ТРИГЛІЦИНСУЛЬФАТУ, ЛЕГОВАНОГО ДОМІШКАМИ ХРОМУ

Наведено результати експериментального дослідження піроелектричних властивостей кристалів ТГС, легованих металічними домішками Cr^{3+} . Визначено критерії піроелектричної якості досліджуваних кристалів. Отримані результати порівнюються з літературними даними. Порівняння цих величин показало, що легування кристалів ТГС іонами Cr^{3+} приводить до покращення їх піроелектричних критеріїв якості. Виявлено, що металічні домішки приводять до зміщення по температурі максимуму діелектричної проникності та зменшення її максимальної величини.

Ключові слова: ТГС, піроелектричні властивості, металічні домішки, діелектрична проникність, сегнетоелектрики.

Вступ

Сегнетоелектричні кристали викликають наукове зацікавлення з огляду на поведінку їхніх властивостей, пов'язаних зі структурними перетвореннями. Традиційні методи їхнього вивчення містять вимірювання діелектричних параметрів, електричної поляризації тощо. Цікавими та важливими проблемами фізики діелектриків є також вплив дефектів та домішок на фізичні властивості кристалів, які можуть суттєво залежати від них. Шляхом технологічно контрольованого легування частинками різного типу можна оптимізувати фізичні та технічні параметри матеріалів і, таким чином, покращувати параметри оптоелектронних пристроїв.

Об'єктами дослідження в цій роботі були представники відомої родини тригліцинсульфату (ТГС) – кристали $\text{TGS}+\text{Cr}^{3+}$, що зазнають сегнетоелектричного фазового переходу (ФП) другого роду зі зміною точкової симетрії $2/m \rightarrow 2$.

Метою даної роботи було дослідити температурну зміну діелектричної проникності, піроелектричного коефіцієнта та спонтанної поляризації кристалів ТГС, легованих іонами Cr^{3+} з концентрацією порядку 2%.

Методика

Для експериментальних досліджень використовувались попередньо зорієнтовані зразки розмірами $4 \times 4 \times 1.5$ мм. У якості електричних контактів застосовувалась срібна паста. Електрофізичні дослідження кристалів проводились у камері, яка дозволяє здійснювати вимірювання діелектричних властивостей кристалів у широкому діапазоні зміни температури (80-500 К) [1]. Дослідження температурних залежностей діелектричної проникності ϵ і тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg } \delta$ проводились за допомогою моста змінного струму LCR E7-12 на частоті 1 МГц при вимірювальному полі 1,25 В/см, а спонтанної поляризації з вимірювань піроструму. Температура вимірювалася диференціальною мідь-константановою термопарою з точністю $\pm 0,1$ К.

Результати

В сегнетоелектричній фазі зміна величини спонтанної поляризації кристала зі зміною температури при закорочених гранях, які перпендикулярні полярній осі, викликає у зовнішньому колі електричний струм (піроелектричний ефект). Величина піроелектричного струму визначається

швидкістю зміни спонтанної поляризації зі зміною температури та швидкістю зміни температури з часом [2-3]:

$$I_n = S \frac{dP_s}{dT} \frac{dT}{dt}, \quad (1)$$

де S – площа поперечного перерізу кристала; $\frac{dP_s}{dT} = \gamma$ – піроелектричний коефіцієнт; $\frac{dT}{dt} = v_T$ – швидкість зміни температури. На рис. 1 зображено температурні залежності діелектричної проникності (1) та оберненої проникності (2) кристалів ТГС+Cr³⁺ при атмосферному тиску. У даному кристалі має місце аномальна температурна поведінка діелектричної проникності у виді максимуму при температурі фазового переходу $T_C = 322,8$ К.

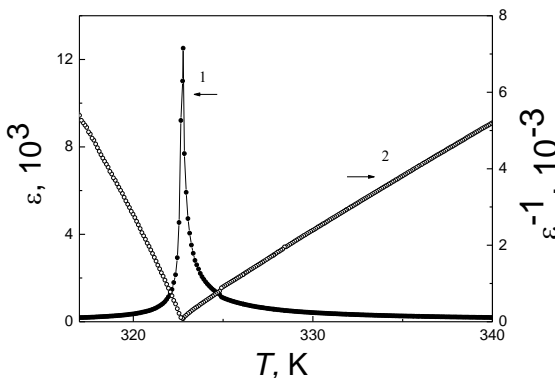


Рис. 1. Температурні залежності діелектричної проникності (1) та оберненої проникності (2) кристалів ТГС+Cr³⁺

При вивченні температурної залежності діелектричної проникності кристалу ТГС було виявлено, що металічні домішки приводять до зміщення максимуму діелектричної проникності в сторону зростання температури [4-6], а також до зменшення максимальної величини діелектричної проникності.

На рис. 2 наведено експериментальні температурні залежності тангенса кута діелектричних втрат вздовж полярного напрямку кристала ТГС+Cr³⁺ при різних режимах вимірювання (нагрів, охолодження). Аномалії в області ФП спостерігаються як на кривих $\varepsilon(T)$, так і на

кривих $\text{tg } \delta(T)$. Діелектричні втрати можуть служити чутливим індикатором зміни структури діелектрика.

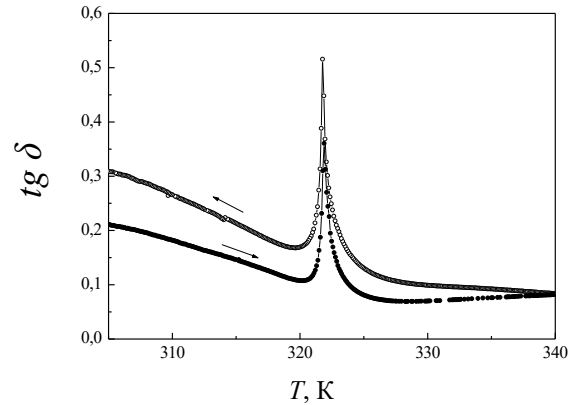


Рис. 2. Температурна залежність тангенса кута діелектричних втрат кристалів ТГС+Cr³⁺

На рис. 3 зображено температурні залежності піроелектричного коефіцієнта (1) та спонтанної поляризації (2) кристалів ТГС+Cr³⁺.

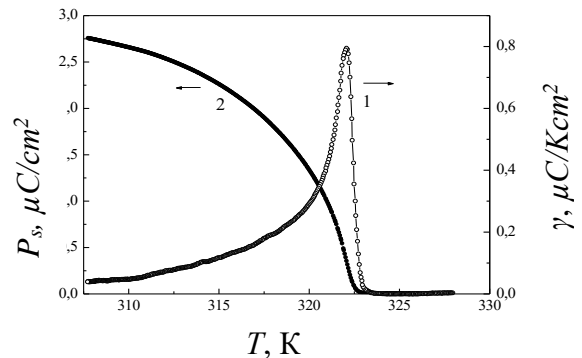


Рис. 3. Температурні залежності піроелектричного коефіцієнта (1) та спонтанної поляризації (2) кристалів ТГС+Cr³⁺

Проаналізувавши температурні залежності спонтанної поляризації та піроелектричного коефіцієнта визначено критерії піроелектричної якості (M_1 , M_2 , M_3) за наведеними нижче формулами (2) для кристалів ТГС, легованих іонами Cr³⁺ (Таблиця 1).

$$M_1 = \frac{\gamma}{C}, \quad M_2 = \frac{\gamma}{\varepsilon C}, \quad (2)$$

$$M_3 = \frac{\gamma}{C \sqrt{\varepsilon \cdot \text{tg } \delta}},$$

де C – теплоємність одиниці об'єму кристала.

Піроелектричні властивості досліджуваних кристалів оцінювались по характеру зміни пірокоефіцієнтів і піроелектричних критеріїв якості.

Порівняння цих величин з літературними даними для чистих

кристалів [7] показало, що легування кристалів ТГС іонами Cr^{3+} призводить до деякого покращення їх піроелектричних критеріїв якості в основному за рахунок зменшення їх діелектричної проникності в порівнянні з "чистими" кристалами.

Таблиця 1

Діелектричні та піроелектричні властивості кристалів ТГС+ Cr^{3+}

T, K	$\gamma, 10^{-4}$ Кл/(м ² ×К)	ϵ	C, 10 ⁶ Дж/(м ³ ×К)	tg δ	$\gamma/\epsilon, 10^{-6}$ Кл/(м ² ×К)	M ₁ , 10 ⁻¹⁰ Кл×м/Дж	M ₂ , 10 ⁻¹² Кл×м/Дж	M ₃ , 10 ⁻¹¹ Кл×м/Дж
310	5.2	100		0.28	5.2	2	2.1	4
315	10.5	190	2.5	0.22	5.5	5.25	2.2	6.4
320	24	440		0.17	5.4	9.6	2.2	11

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Герзанич О.І. Сегнетоелектрики групи $\text{A}_2^{\text{IV}}\text{B}_2^{\text{V}}\text{C}_6^{\text{VI}}$ під впливом високого тиску. – Львів: Видавець Сорока Т.Б., 2008. – 124 с.
2. Лайнс М., Гласс А. Сегнетоелектрики и родственные им материалы. – М.: Мир, 1981. – 730 с.
3. Кременчугский Л.С., Ройцина О.В. Пироэлектрические приемники излучения. – Киев: Наукова думка, 1979. – 383 с.
4. The influence of uniaxial pressure on the dielectric properties of Cr^{3+} -doped TGS crystals / Zelenyuk M.S. [et all] // X International Conference "Electronics and Applied Physics". – Kyiv: Taras Shevchenko National University, 2014.
5. The influence of uniaxial pressure on the dielectric properties of Co- and Cu-doped TGS crystals / [Susla A.I., Zelenyuk M.S., Guivan A.M. et all]. – Д.: Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Фізика. Радіоелектроніка». №1, вип. 21, Т. 22, 2014. – 160 с.
6. Малышкина О.В., Ильина Е.В. Влияние примесей Co^{2+} и Cr^{3+} на диэлектрические и пироэлектрические свойства кристаллов ТГС // Вестник ТьГУ. Серия "Физика", №9 (15), Выпуск 2, 2005. – С. 80-83.
7. Свойства модифицированного TGS в импульсных тепловых и электрических полях / Василевский С.А. и др. // Международная научная конференция ФТТ-2005, 26-28 октября, 2005 г.

Стаття надійшла до редакції 10.06.2015

A.I. Susla, M.S. Zelenyuk, A.M. Guyvan, A.G. Slivka, V.M. Kedyulich
Uzhhorod National University, Voloshin Str., 54, Uzhhorod, 88000

PYROELECTRIC PROPERTIES OF CR^{3+} -DOPED TGS CRYSTALS

The results of experimental study of pyroelectric properties of Cr^{3+} -doped TGS crystals are presented. The pyroelectric quality criteria for investigated crystals are defined. The obtained results are compared with published data. The comparison of these variables showed that doping TGS crystals with Cr^{3+} ions leads to improvement of their pyroelectric quality criteria. It was found that metal impurities

leads to a temperature shift of the maximum of the dielectric permittivity and reduce its maximum value.

Keywords: TGS, pyroelectric properties, metal impurities, dielectric constant, ferroelectric crystals.

А.И. Сусла, М.С. Зеленюк, А.М. Гуйван, А.Г. Сливка, В.М. Кедюлич
Ужгородский национальный университет, ул. Волошина, 54, Ужгород, 88000

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА, ЛЕГИРОВАННОГО ПРИМЕСЯМИ ХРОМА

Приведены результаты экспериментального исследования пирозлектрических свойств кристаллов ТГС+Cr³⁺. Определены критерии пирозлектрического качества исследуемых кристаллов. Полученные результаты сравниваются с литературными данными. Легирование кристаллов ТГС ионами Cr³⁺ приводит к улучшению их пирозлектрических критериев качества. Металлические примеси приводят к смещению по температуре максимума диэлектрической проницаемости и уменьшению её максимальной величины.

Ключевые слова: ТГС, пирозлектрические свойства, металлические примеси, диэлектрическая проницаемость, сегнетоэлектрики.