

Пороговое поведение диэлектрической нелинейности сегнетоэлектрических кристаллов семейства триглицинсульфата

© С.Н. Дрождин, С.В. Хоник, В.Е. Денисова

Воронежский государственный университет,
394006 Воронеж, Россия

Исследован пороговый характер поведения эффективной диэлектрической проницаемости и амплитуд гармоник спектра тока переполаризации кристаллов триглицинсульфата с дефектами различной природы в зависимости от амплитуды переменного электрического поля. Рассчитаны энергии взаимодействия доменных стенок с дефектами. Изучено релаксационное поведение эффективной диэлектрической проницаемости при постоянной амплитуде переполаризующего поля.

Работа выполнена при поддержке фонда CRDF (грант VZ-010).

PACS: 77.22.Ch, 77.84.Fa

1. Введение

В настоящей работе исследовались зависимости эффективной диэлектрической проницаемости ϵ_{eff} и амплитуд гармоник спектра тока переполаризации A_n , являющихся мерами нелинейности и униполярности динамики доменной структуры сегнетоэлектриков в процессе переполаризации, от амплитуды E_0 переменного электрического поля.

Исследовались кристаллы триглицинсульфата (ТГС) с примесями *L*, α -аланина (АТГС), хрома (ТГС + Cr³⁺) и дейтерированного ТГС (ДТГС). Образцы представляли собой пластины полярного среза с нанесенными в вакууме серебряными электродами. Кристаллы были выращены при температуре ниже точки Кюри с содержанием примесей в растворе 1 wt.%. Степень дейтерирования кристаллов ДТГС составляла ~ 80%. Зависимости ϵ_{eff} определялись по амплитудным зависимостям емкости образца, рассчитанной по величине поляризации при каждом значении амплитуды внешнего поля. Амплитуды гармоник спектра тока переполаризации измерялись по методике, использованной в [1,2].

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

Для всех изученных кристаллов кривые $\epsilon_{\text{eff}}(E_0)$ имеют участок, на котором ϵ_{eff} практически не зависит от поля, и участок сильной зависимости, после которого наблюдается максимум ϵ_{eff} , приходящийся на коэрцитивное поле образца (рис. 1). Величина порогового поля E_{th} , разделяющего эти участки, определялась по точке пересечения экстраполяций обеих ветвей кривой $\epsilon_{\text{eff}}(E_0)$. Характер порогового поведения ϵ_{eff} зависит от природы дефектов, частоты и температуры. Температурная и частотная зависимости порогового поля показаны на вставках к рис. 1.

Величина E_{th} является, по-видимому, характеристикой динамически равновесной доменной структуры. Как

только амплитуда приложенного поля становится больше E_{th} , начинается интенсивный процесс зарождения новых доменов и их роста, что согласуется с непосредственным наблюдением динамики доменной структуры в переменных полях [3]. Можно считать, что пороговое поле определяется взаимодействием доменных стенок с дефектами и характеризует энергию отрыва доменной стенки от дефекта. Вид зависимостей $\epsilon_{\text{eff}}(E_0)$, вероятно, отражает существующее в кристалле распределение по пороговым полям, а следовательно, и распределение доменных стенок по энергиям взаимодействия с дефектами.

В дефектных кристаллах процессы переключения униполярны, несимметричны по полю. Такая „интегральная“ характеристика, как ϵ_{eff} , нечувствительна к этой асимметрии, о существовании которой можно судить по наличию четных гармоник в спектре тока переполаризации [1,2,4]. На рис. 2 представлена зависимость от E_0 амплитуды второй гармоники (наибольшей из всех

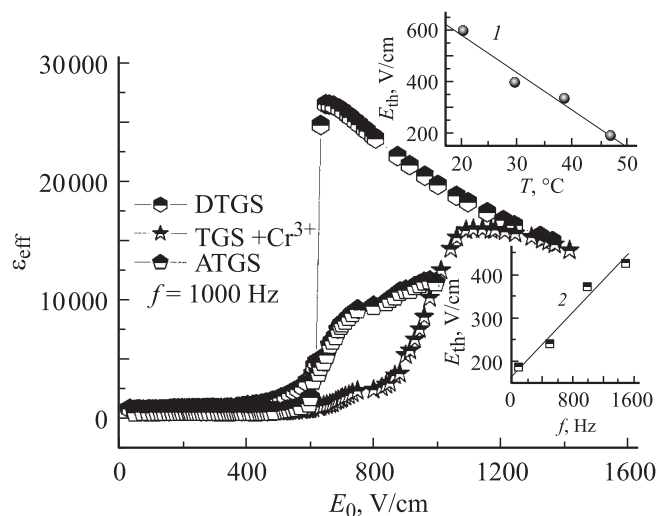


Рис. 1. Зависимость $\epsilon_{\text{eff}}(E_0)$ для кристаллов АТГС (ATGS), ДТГС (DTGS), ТГС + Cr³⁺ (TGS + Cr³⁺) при $T = 20^\circ\text{C}$ и частоте измерительного поля $f = 1000\text{ Hz}$. На вставках — зависимости порогового поля от температуры (1) и частоты (2).

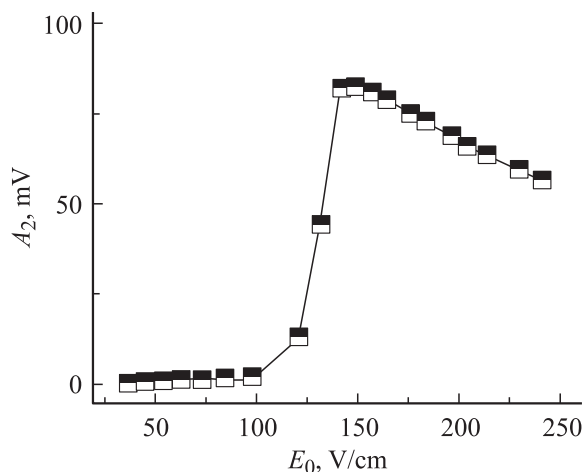


Рис. 2. Зависимость $A_2(E_0)$ для кристалла ТГС + Cr^{3+} . $T = 20^\circ\text{C}$, $f = 1000\text{ Hz}$.

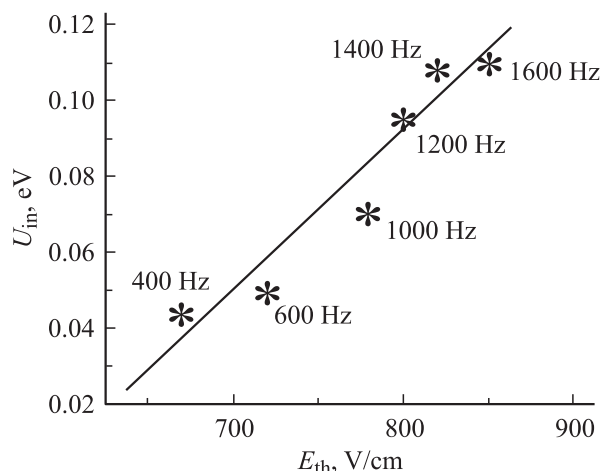


Рис. 3. Связь между величиной порогового поля и энергией взаимодействия доменных стенок с дефектами для кристалла ДТГС. $T = 20^\circ\text{C}$.

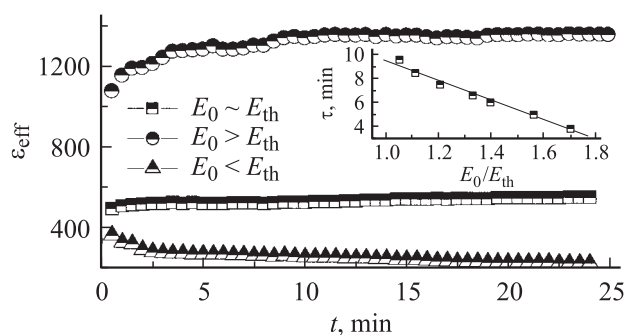


Рис. 4. Зависимость $\epsilon_{\text{eff}}(t)$ при постоянной амплитуде переполаризующего поля для кристалла АТГС. На вставке — зависимость времени релаксации от отношения величин измерительного и порогового полей. $T = 20^\circ\text{C}$.

четных), которая, как и для остальных гармоник, носит пороговый характер.

На основе зависимостей $\epsilon_{\text{eff}}(E_0)$ и $A_2(E_0)$ в рамках модели [5] были рассчитаны значения энергий взаимодействия U_{in} доменных стенок с дефектами: $U_{\text{in}}(\text{АТГС}) = 0.04\text{ eV}$, $U_{\text{in}}(\text{ТГС} + \text{Cr}^{3+}) = 0.067\text{ eV}$, $U_{\text{in}}(\text{ДТГС}) = 0.095\text{ eV}$. Типичная для исследованных кристаллов связь между U_{in} и E_{th} представлена на рис. 3.

Исследования временных зависимостей эффективной диэлектрической проницаемости при постоянной амплитуде переполаризующего поля показали, что для всех изученных кристаллов при $E_0 > E_{\text{th}}$ наблюдается рост, а при $E_0 < E_{\text{th}}$ — спад значений ϵ_{eff} , при $E_0 = E_{\text{th}}$ величина эффективной диэлектрической проницаемости практически не меняется (рис. 4). Это, вероятно, связано с существованием в дефектных кристаллах распределения по пороговым полям и энергиям взаимодействия доменов с дефектами. Время релаксации, определенное по растущим зависимостям $\epsilon_{\text{eff}}(t)$, как и следовало ожидать, уменьшается с увеличением амплитуды поля (вставка к рис. 4).

Релаксационное поведение демонстрирует и униполярность процесса переключения. Для всех исследованных кристаллов имело место временное изменение (рост) амплитуды второй гармоники, которое исчезает после температурного отжига кристалла.

3. Выводы

1) Эффективная диэлектрическая проницаемость и амплитуды гармоник спектра тока переполаризации кристаллов ТГС обнаруживают пороговое поведение в переменном электрическом поле, зависящее от природы введенных дефектов, определяющих распределение доменных стенок по энергиям взаимодействия с дефектами и как следствие существующее в кристалле распределение по пороговым полям.

2) Релаксация эффективной диэлектрической проницаемости исследованных кристаллов качественно различна в зависимости от соотношения величин переполаризующего и порогового полей.

Список литературы

- [1] S.N. Drozhdin, L.N. Kamysheva, O.N. Kuyantseva. *Ferroelectrics* **238**, 234 (2000).
- [2] L.N. Kamysheva, S.N. Drozhdin. *Ferroelectrics* **96**, 301 (1989).
- [3] Л.И. Донцова, Н.А. Тихомирова, Л.А. Шувалов. *Кристаллография* **39**, 158 (1994).
- [4] А.И. Карпов, Ю.М. Поплавко. *Изв. АН СССР. Сер. физ.* **48**, 6, 1193 (1984).
- [5] С.А. Гриднев, Б.М. Даринский, В.С. Постников. *Механизмы релаксационных явлений в твердых телах*. Наука, М. (1972). С. 206–211.