

## Хаотическое поведение кристаллов триглицинсульфата с радиационными дефектами

© А.Ю. Щекотов, С.Н. Дрождин

Воронежский государственный университет,  
394693 Воронеж, Россия

(Поступила в Редакцию 14 октября 1997 г.)

Температурно-амплитудная область существования хаотических колебаний в резонансном контуре с кристаллом триглицинсульфата смещается в сторону больших амплитуд переполаризующего поля при облучении кристалла малыми дозами рентгеновского излучения. Это связано с изменением кинетики доменной структуры кристалла в сильном электрическом поле в присутствии радиационных дефектов.

Как показано в работах [1–3], в последовательном резонансном контуре с кристаллом триглицинсульфата (ТГС) в качестве нелинейной емкости наблюдаются хаотические колебания в температурной области, соответствующей сегнетоэлектрической фазе этого кристалла. Переход от однопериодных колебаний к хаотическим при изменении любого из управляющих параметров (температура кристалла  $T$ , амплитуда  $E_0$  и частота  $f$  переполаризующего поля, напряженность постоянного смещающего поля  $E_{\pm}$ ) осуществляется через последовательность удвоений периода колебаний. При этом хаос возникает при приложении поля, амплитуда которого в 2–3 раза превосходит значение коэрцитивного поля образца  $E_c$  [2]. В [3] было высказано предположение о том, что механизм возникновения хаотических колебаний в контуре связан с нерегулярностью динамики доменной структуры кристалла при его переключении в сильном электрическом поле.

Свойства сегнетоэлектриков в значительной степени определяются присутствующими в них дефектами различного вида, в том числе и радиационными. В проводившихся ранее исследованиях [4] изучалось влияние малых доз рентгеновского излучения на вид и временное поведение области хаотических колебаний контура с кристаллом ТГС в координатах амплитуда–частота переполаризующего поля.

Характер поведения доменной структуры кристалла в процессе переполаризации существенно зависит от температуры. Поэтому в настоящей работе изучалось влияние малых доз рентгеновского излучения, действию которого подвергались образцы кристалла номинально чистого ТГС, на амплитудно-температурную область существования хаотических колебаний в контуре с этим кристаллом.

Исследовавшиеся образцы представляли собой плоскопараллельные пластины  $Y$ -среза толщиной 0.6 mm и площадью 25 mm<sup>2</sup> с напыленными на них серебряными электродами.

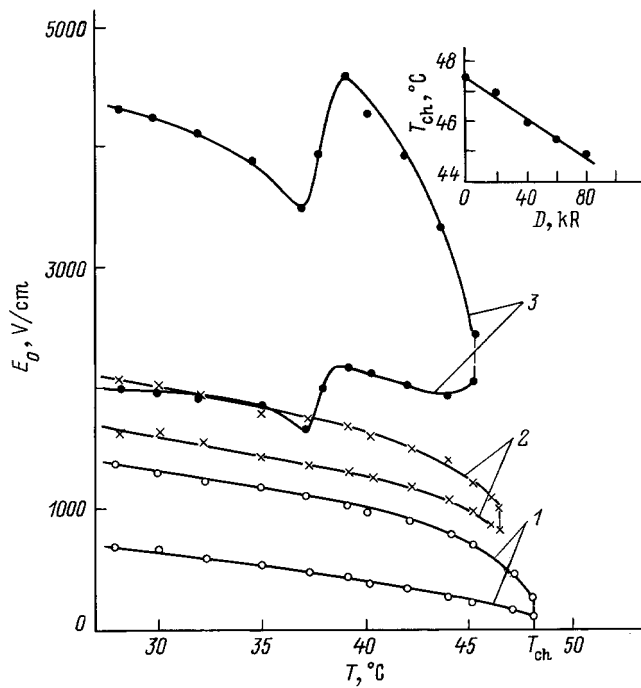
На всех образцах до облучения по петлям диэлектрического гистерезиса на частоте 2.8 kHz измерялись температурные зависимости коэрцитивного и внутреннего  $E_i$  полей. У всех образцов, отобранных для исследований, внутреннее поле до облучения отсутствовало. Затем по

методике, использовавшейся нами в работах [2–4], проводились наблюдения фазового портрета и отображений Пуанкаре контура с исследуемым образцом в качестве нелинейной емкости. Эти наблюдения проводились в интервале температур от комнатной до точки Кюри  $T_c$ . При каждой фиксированной температуре прослеживалось изменение вида фазового портрета и отображения Пуанкаре при медленном изменении амплитуды  $E_0$  внешнего переполаризующего поля. По критическим значениям  $T$  и  $E_0$ , при которых происходило качественное изменение характера колебаний в контуре, на координатной плоскости ( $T-E_0$ ) реконструировалась диаграмма, отражающая поведение системы в этих управляющих переменных, и на ней выделялась область хаотических колебаний.

Образцы облучались рентгеновскими лучами ( $\text{CuK}\alpha$ ,  $W = 30 \text{ keV}$ ) при комнатной температуре последовательно, с шагом по дозе в 20 kR. Для каждой дозы весь комплекс измерений повторялся на всех образцах как сразу после облучения, так и по прошествии 140 h после облучения.

На рис. 1 в координатах ( $T-E_0$ ) представлены области хаотического поведения для образца кристалла ТГС до облучения (область 1) и после облучения дозами 40 и 80 kR (области 2 и 3). Видно, что облучение приводит к сдвигу области хаотического поведения в сторону больших амплитуд, особенно значительному, начиная с дозы 80 kR. Кроме того, с ростом дозы высокотемпературная граница области хаоса  $T_x$  незначительно смещается в сторону низких температур (вставка на рис. 1). При этом значения внутреннего поля, созданного при этих дозах радиационными дефектами, были небольшими и для исследованных в работе образцов составляли 20–50 V/cm. Значения коэрцитивного поля выросли после облучения также незначительно: примерно от 200 до 300 V/cm, что на порядок меньше смещения нижней амплитудной границы  $E_{0x}$  области хаоса. Вследствие этого соотношение  $E_{0x} \cong 2-3E_c$ , найденное в [3] для номинально чистого ТГС, нарушается для облученного кристалла.

Наблюдаемое поведение ( $T-E_0$ )-области хаотического поведения с дозой может быть объяснено следующим образом. Возникающие в кристалле радиационные дефекты затрудняют процесс переполаризации, оказывая влияние на все его стадии, поскольку при облучении



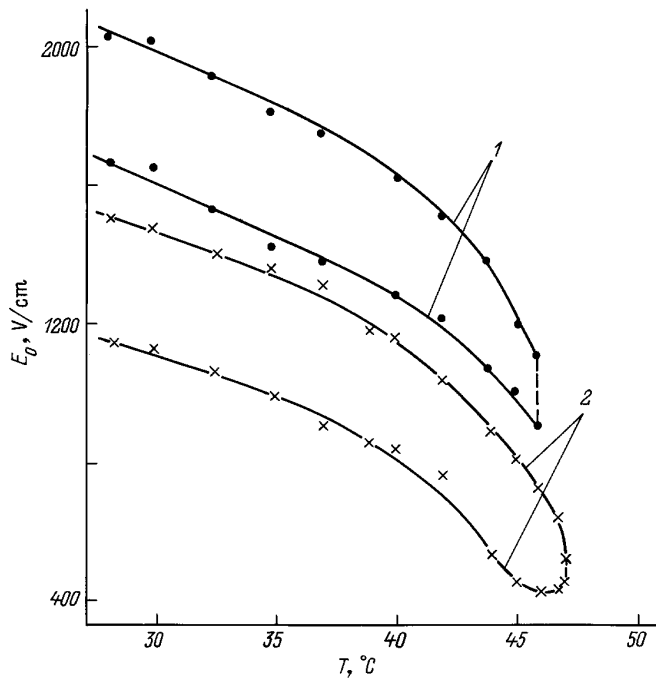
**Рис. 1.** Амплитудно-температурные области хаотического поведения резонансного контура с образцом кристалла ТГС. 1 — до облучения, 2, 3 — после облучения дозами 40 и 80 kR соответственно. Частота  $f = 2.8$  kHz. На вставке — зависимость высокотемпературной границы области хаоса от дозы.

происходит исчезновение низкоэнергетических центров как начального, так и пристеночного зарождения [5]. Зарождение новых доменов и движение доменных стенок становятся невозможными в полях ниже некоторого порогового поля  $E'$ , значение которого растет пропорционально дозе облучения [5]. В этих условиях процесс переключения должен совершаться в полях большей величины, чем и объясняется сдвиг области хаоса в сторону больших амплитуд. Кроме того, в присутствии дефектов несоординированность процессов начального зародышеобразования и процессов движения доменных стенок усиливается, что, по-видимому, и приводит к расширению амплитудного интервала существования хаоса.

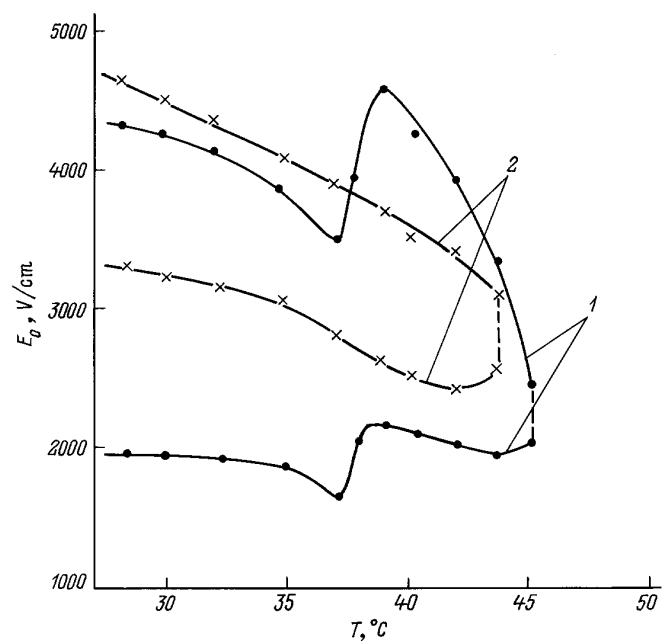
Присутствие внутреннего поля радиационной природы становится заметным только вблизи  $T_c$ . Именно оно, подобно внешнему постоянному электрическому полю [3], вызывает ограничение области хаотического поведения со стороны  $T_c$ , увеличивающееся с ростом дозы, а следовательно, и с ростом  $E_i$  (вставка на рис. 1).

С течением времени после облучения наблюдается, как видно из рис. 2 и 3, смещение областей хаоса к их исходному положению, причем наиболее интересным представляется случай, соответствующий дозе 80 kR.

Сразу после облучения на  $(T - E_0)$ -области хаотического поведения наблюдается ярко выраженная аномалия при температуре  $\sim 38^\circ\text{C}$ , при которой происходит резкий сдвиг всей области вверх по амплитуде (область 1 на рис. 3). Эта аномалия может быть связана с резким увеличением числа доменных стенок, которое сопровождается перестройку доменной структуры кристаллов ТГС вблизи этой температуры [6]. Увеличение числа



**Рис. 2.** Амплитудно-температурные области хаотического поведения резонансного контура с облученным ТГС через 20 (1) и 140 h (2) после облучения.  $D = 40$  kR.



**Рис. 3.** Амплитудно-температурные области хаотического поведения резонансного контура с облученным ТГС через 20 (1) и 140 h (2) после облучения.  $D = 80$  kR.

осцилляторов — доменов, взаимодействующих с радиационными дефектами и вследствие этого осциллирующих нерегулярным образом, — приводит к эффекту, наблюдаемому на опыте.

Через 140 h после облучения вся область хаотического поведения резко сужается (практически за счет повышения ее нижней границы) (область 2, на рис. 3), исчезает аномалия при температурах перестройки доменной структуры; еще сильнее сдвигается влево по температуре высокотемпературная граница области.

Такое поведение может быть объяснено тем, что с течением времени происходят миграция радиационных дефектов к положениям устойчивого равновесия и их укрупнение, вследствие чего процесс переполаризации становится более затрудненным, чем сразу после облучения, и требует приложения большего поля. Поэтому нижняя амплитудная граница области хаотических колебаний поднимается еще выше по амплитуде. Часть доменных стенок, закрепляясь на этих дефектах, вообще выключается из процесса переполаризации, что ведет к сужению амплитудного интервала существования хаоса. Смещение же области хаоса вниз по температуре, по видимому, связано с увеличением и стабилизацией со временем внутреннего поля, созданного радиационными дефектами.

## Список литературы

- [1] H. Beige, M. Diestelhorst, R. Forster, J. Albers, H. Musser. *Ferroelectrics* **104**, 355 (1990).
- [2] С.Н. Дрождин, Л.Н. Камышева. *Кристаллография* **36**, 4, 925 (1991).
- [3] С.Н. Дрождин, Л.Н. Камышева. *ФТТ* **34**, 9, 2797 (1992).
- [4] S.N. Drozhdin, L.N. Kamysheva, O.M. Golitsyna. *Ferroelectrics* **175**, 119 (1996).
- [5] Л.И. Донцова. Автореф. докт. дис. Воронеж (1991). 36 с.
- [6] В.П. Константинова, Н.Н. Минюшкина, В.С. Румянцев, В.М. Рудяк. *Кристаллография* **20**, 6, 1296 (1975).