

# Релаксация радиационных дефектов в облученном триглицинсульфате

© О.М. Голицына, Л.Н. Камышева, С.Н. Дрождин

Воронежский государственный университет,  
394693 Воронеж, Россия

(Поступила в Редакцию 14 июля 1997 г.)

Обнаружено немонотонное во времени поведение температурных зависимостей проводимости сегнетоэлектрического триглицинсульфата после облучения кристалла малыми дозами рентгеновского излучения. Такое поведение предположительно связано с образованием двух типов радиационных дефектов, имеющих разное время жизни.

Облучение сегнетоэлектрического триглицинсульфата (ТГС) жестким электромагнитным излучением ввиду сложного структурного строения этого кристалла приводит к созданию в нем достаточно большого числа радиационных дефектов [1,2]. Эти дефекты существенным образом влияют на свойства кристалла, в первую очередь на те, которые обусловлены особенностями поведения его доменной структуры.

Система радиационных дефектов, возникающая при облучении кристалла ТГС малыми дозами рентгеновского излучения, сложным образом эволюционирует со временем, что приводит к немонотонным временным зависимостям ряда измеряемых величин: коэффициента статической униполярности, пьезоэлектрического коэффициента, внутреннего поля смещения [3], параметров импульсной переполаризации [4].

Можно было предположить, что образование радиационных дефектов повлияет и на проводимость кристалла, а ее временное поведение после облучения также будет немонотонным.

Целью настоящей работы являлось исследование температурных зависимостей проводимости  $G$  кристалла ТГС, облученного малыми дозами рентгеновского излучения.

Измерения проводились на переменном токе мостовым методом при амплитуде измерительного поля  $3 \text{ V/cm}$  и частоте  $1592 \text{ Hz}$  в квазистатическом температурном режиме в интервале температур от комнатной до точки Кюри  $T_c$ . Точность определения  $G$  составляла 1%. Образцы представляли собой пластины полярного  $Y$ -среза размером  $5 \times 5 \times 1 \text{ mm}$ , рабочие поверхности которых покрывались электродами из напыленного в вакууме серебра.

Облучение образцов проводилось при комнатной температуре рентгеновским излучением  $\text{NiK}_\alpha$  с энергией квантов  $30 \text{ keV}$ , экспозиционные дозы облучения не превышали  $100 \text{ kR}$ .

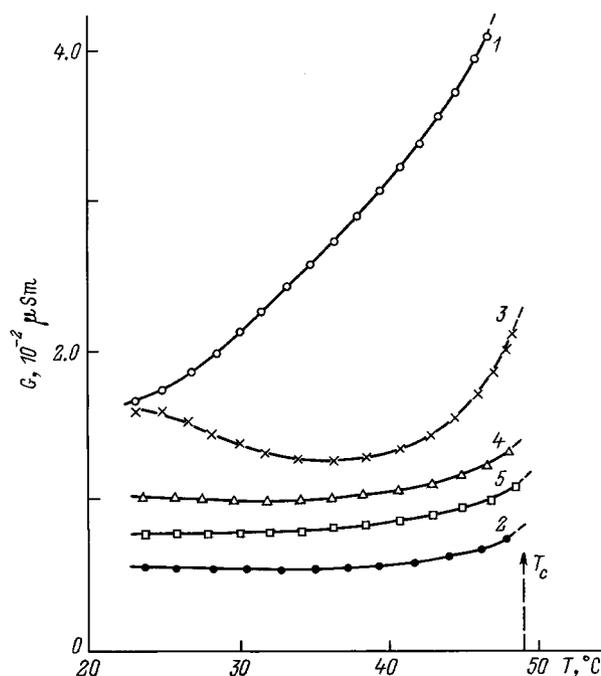
Следует отметить, что обнаруженные и приводимые ниже закономерности имеют общий характер для всех исследованных образцов независимо от абсолютных значений их проводимости.

На рис. 1 представлены температурные зависимости проводимости кристалла ТГС, измеренные до облучения и через различные промежутки времени после дозой  $40 \text{ kR}$ .

Как видно из рис. 1, непосредственно после облучения происходит уменьшение проводимости почти на порядок во всем исследованном интервале температур (кривая 2). Примерно через сутки общий уровень проводимости повышается (кривая 3), приближаясь к значениям  $G$ , характерным для необлученного кристалла (кривая 1). Далее с течением времени наблюдается непрерывное уменьшение проводимости (кривые 4 и 5), происходящее с большим временем релаксации.

В параэлектрической фазе подобное поведение проводимости не наблюдалось. Значения  $G$  до и после облучения практически совпадают.

На рис. 2 приведены временные зависимости проводимости  $G(t)$  облученного кристалла, полученные для различных температур. Видно, что эти зависимости имеют ярко выраженный немонотонный характер, который, по-видимому, обусловлен образованием в ТГС



**Рис. 1.** Температурные зависимости проводимости  $G$  для кристалла ТГС до (1) и после (2–5) облучения. 2 — через 20 min, 3 — 24 h, 4 — 46 h, 5 — 102 h. Доза облучения  $D = 40 \text{ kR}$ .

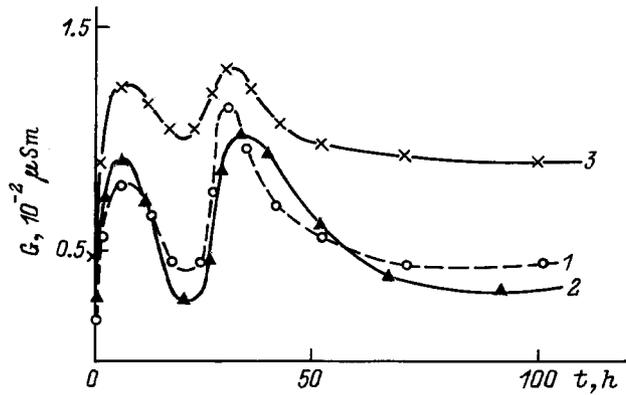


Рис. 2. Временные зависимости  $G$  для облученного кристалла ТГС при различных температурах.  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ): 1 — 27, 2 — 36, 3 — 44.  $D = 40 \text{ kR}$ .

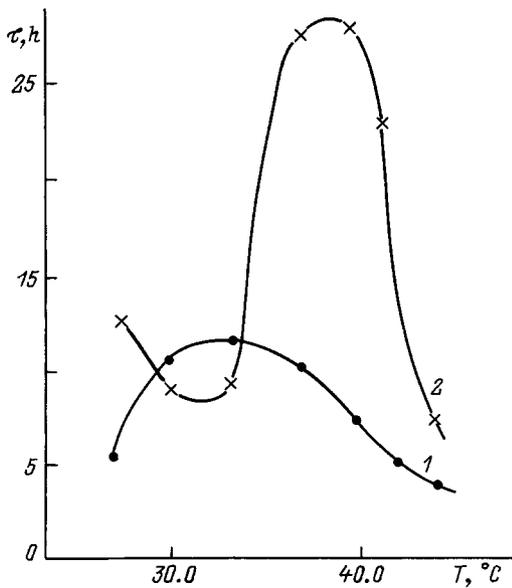


Рис. 3. Температурные зависимости времен релаксации проводимости для облученного кристалла ТГС. 1 —  $\tau_1$ , 2 —  $\tau_2$ .  $D = 40 \text{ kR}$ .

при облучении двух типов дефектов, оказывающих решающее воздействие на состояние доменной структуры. Один тип дефектов, ответственный за появление первого максимума  $G(t)$ , возникает быстро и так же быстро исчезает. Второй тип дефектов, с накоплением которых в кристалле связан второй максимум, характеризуется значительно большими временами — как образования, так и трансформации в устойчивую конфигурацию.

Исходя из данных по ЭПР-исследованиям облученных кристаллов ТГС [5], можно предположить, что дефекты первого типа — это метастабильные радикалы  $\dot{\text{C}}\text{H}_2\text{COOH}$ , образующиеся на глицине I, а дефекты второго типа — стабильные радикалы  $\text{NH}_3^+\dot{\text{C}}\text{HCO}_2^-$ , формирующиеся на глицинах II и III. Оба указанных радикала стабилизируют направление полярности в домене [5]. При этом происходит, вероятно, закрепление части до-

менных стенок, что и приводит к возрастанию потерь в кристалле в моменты времени, когда концентрация каждого радикала становится наибольшей.

Спадающие участки временных зависимостей, представленных на рис. 2, носят релаксационный характер и аппроксимировались функцией, пропорциональной  $\exp(-t/\tau)$ , где  $\tau$  — время релаксации, значения которого, как показали расчеты, лежат в пределах: 5–7 h для первого максимума ( $\tau_1$ ) и 25–30 h — для второго ( $\tau/2$ ), что свидетельствует в пользу диффузионного поведения образующихся радиационных дефектов [3,6].

Оба времени релаксации сильно меняются с температурой (рис. 3). Экстремумы в зависимостях  $\tau_1(T)$  и  $\tau_2(T)$  приходятся на низкотемпературную область спонтанной неустойчивости доменной структуры кристалла ТГС [7,8]. Возрастание значений  $\tau$  в этом интервале температур связано, по-видимому, с увеличением числа доменных стенок, характерным для данной температурной области. Взаимодействие доменных стенок с радиационными дефектами в этом случае приводит к тому, что время установления нового равновесного состояния в системе дефектов увеличится.

Немонотонное температурное изменение времен релаксации проводимости, отражающей соответствующую эволюцию системы радиационных дефектов, созданных в ТГС малыми дозами рентгеновского облучения, наблюдалось, по-видимому, впервые.

Поскольку обсуждаемые релаксационные процессы, протекающие в системе дефектов, взаимодействующих с доменными стенками, являются термоактивными, можно оценить значения энергий активации этих процессов  $W$  из формулы Аррениуса:  $\tau = \tau_0 \exp(-W/kT)$ . Значения  $W$  для указанных выше первого и второго типа дефектов оказались соответственно равными:  $W_1 \cong 1.0 \text{ eV}$ ,  $W_2 \cong 2.0 \text{ eV}$ , что коррелирует с оценками  $W$ , проведенными в [6,9,10] на основе других экспериментальных методик, и подтверждает высказанное в [6] предположение о протонном механизме проводимости в облученных кристаллах ТГС.

## Список литературы

- [1] Е.В. Пешиков. Действие радиации на сегнетоэлектрики. Фан, Ташкент (1972). 136 с.
- [2] М. Лайнс, А. Гласс. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. Мир, М. (1981). 736 с.
- [3] Л.Н. Камышева, С.Н. Дрождин, О.М. Сердюк. ЖТФ **58**, 8, 1607 (1988).
- [4] Л.Н. Камышева, О.М. Голицына, С.Н. Дрождин, А.Д. Маликов, А.Б. Барбашина. ФТТ **37**, 2, 388 (1995).
- [5] А.П. Демьянчук. Автореф. канд. дис. Киев (1976). 28 с.
- [6] Л.И. Донцова, Н.А. Тихомирова, Л.А. Шувалов. Кристаллография **39**, 1, 158 (1994).
- [7] О.М. Сердюк, Л.Н. Камышева, С.Н. Дрождин, А.Б. Барбашина. ФТТ **30**, 2, 540 (1988).
- [8] С.Д. Миловидова, А.С. Сидоркин, А.М. Саввинов, А.И. Мясников. ФТТ **28**, 8, 2541 (1986).
- [9] Л.И. Донцова. Автореф. докт. дис. Воронеж (1991). 36 с.
- [10] В. Hilcher, M. Michalczyk. Ferroelectrics **22**, 721 (1978).