

Процессы переполяризации монокристаллов триглицинсульфата и дейтерированного триглицинсульфата, облученных сильноточным импульсным пучком электронов

© В.В. Иванов, Т.И. Иванова, В.В. Макаров, Т.А. Маркова, О.В. Самсонова

Тверской государственный университет,
170002 Тверь, Россия

E-mail: Vladimir.Ivanov@tversu.ru

Методом эффекта Баркгаузена проведено исследование влияния сильноточных импульсных электронных потоков на процессы переключения монокристаллов триглицинсульфата и дейтерированного триглицинсульфата.

Работа выполнена при поддержке программы Минобразования РНП 2.1.1.3674.

PACS: 61.80.Fe, 77.84.-s

Свойства сегнетоэлектриков, в частности триглицинсульфата (ТГС) и дейтерированного триглицинсульфата (ДТГС), в значительной степени определяются их дефектной структурой [1]. Воздействие на кристаллы различными видами ионизирующего облучения существенно влияет на их переключение. Авторами [2,3] проведены спектроскопические исследования кристаллов ТГС, облученных импульсным пучком электронов. В [4] приведены результаты влияния электронного облучения на диэлектрические свойства монокристаллов ТГС и ДТГС. Следует отметить, что работы, проводимые по модификации материала сильноточным импульсным пучком электронов, представляют большой интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения.

1. Объекты исследования, методика проведения эксперимента

Объектами исследования выбраны модельный одноосный сегнетоэлектрик ТГС и его дейтерированный аналог ДТГС. Образцы площадью 250 mm^2 и толщиной 0.8 mm в виде плоскопараллельных пластин Y -среза подвергались облучению вдоль полярной оси. Electroды наносились на образцы методом напыления серебра в вакууме. Облучение образцов проводилось с обеих сторон на импульсном сильноточном источнике электронов и ионов в Лаборатории физики частиц Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Флюенс электронов определялся числом импульсов, пересчитанным на количество электронов. Кинетическая энергия электрона в импульсе составляла 250 keV , флюенс электронов N_e при облучении кристалла одним импульсом соответствовал значению 10^{15} el/cm^2 . Исследования проведены наиболее чувствительным к перестройке доменной структуры методом эффекта Баркгаузена [5].

2. Экспериментальные результаты

Выполнены исследования процессов переключения кристаллов ТГС и ДТГС при изменении электрического состояния образцов методом ступенчатого изменения поля. На рис. 1 представлены интегральные кривые распределения числа скачков Баркгаузена от величины приложенного к образцам ДТГС поля. Видно, что с увеличением флюенса электронов (от 0 до $400 \cdot 10^{15} \text{ el/cm}^2$) для кристаллов ДТГС интегральное число скачков Баркгаузена сначала растет до $D \sim 70 \cdot 10^{15} \text{ el/cm}^2$, а при дальнейшем увеличении флюенса уменьшается. Увеличение интегрального числа скачков переполяризации, по-видимому, обусловлено образованием в кристаллах точечных заряженных дефектов под воздействием облучения, которые служат центрами зародышеобразования. Уменьшение числа скачков переключения свидетельствует о закреплении доменной структуры на этих дефектах.

Исследованы процессы переполяризации кристаллов ТГС, вызванные коммутацией внешнего электрического поля. На рис. 2 представлены релаксационные кривые распределения числа скачков Баркгаузена во вре-

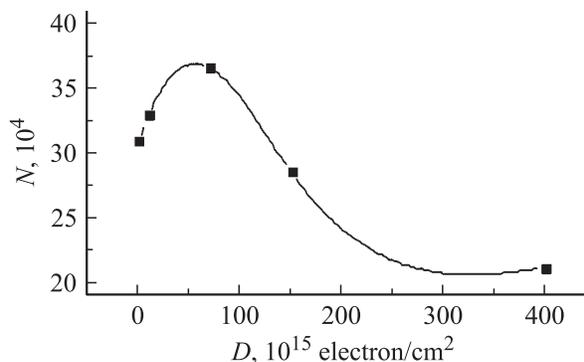


Рис. 1. Зависимость интегрального числа скачков Баркгаузена от величины флюенса электронов для монокристаллов ДТГС, полученная при изменении электрического поля методом ступеней. $T = 21^\circ\text{C}$.

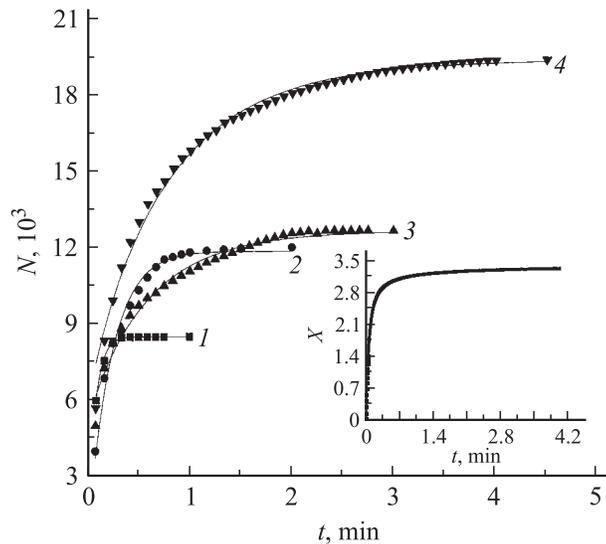


Рис. 2. Временные зависимости числа скачков Баркгаузена для кристаллов ТГС, облученных импульсным пучком электронов при различных значениях флюенса электронов: 1 — $0k$, 2 — $10k$, 3 — $30k$, 4 — $60k$ ($k = 10^{15}$ el/cm^2), полученные при коммутации внешнего электрического поля напряженностью $E = 85$ V/cm . $T = 21^\circ\text{C}$. На вставке — смоделированное изменение во времени величины смещения доменной границы сегнетоэлектрика при коммутации внешнего электрического поля.

мени. Видно, что увеличение внешнего электрического поля оказывает ускоряющее действие на процессы переполаризации как необлученных, так и облученных кристаллов ТГС. Общее число скачков Баркгаузена увеличивается с ростом напряженности поля и величины флюенса электронов. Математическая обработка экспериментальных результатов показала, что кривые $N(t)$ хорошо аппроксимируются эмпирическим законом $N \sim 1 - \exp(-(t/\tau)^\alpha)$, где τ и $0 < \alpha \leq 1$ — константы.

Используя уравнение движения доменной границы, зависимость $N(t)$ можно получить с помощью теоретической модели, описывающей кинетику переполаризации сегнетоэлектрических кристаллов,

$$\eta(\dot{x}) + kx + F \operatorname{sgn}(\dot{x}) = 2P_s E. \quad (1)$$

Объединив учет сил сухого $F \operatorname{sgn}(\dot{x})$ и вязкого трения $\eta(\dot{x})$ в одно слагаемое $\eta(\dot{x})^\beta \operatorname{sgn}(\dot{x})$ ($0 \leq \beta \leq 1$) и решив данное дифференциальное уравнение, получим набор точек $x_n(t_n)$, который хорошо аппроксимируется кривой

$$X(t) \sim 1 - \exp(-(t/\tau)^\alpha). \quad (2)$$

Временной ход величины смещения $X(t)$ представлен на вставке к рис. 2.

Компьютерное моделирование процессов переполаризации в совокупности с результатами, полученными с помощью метода эффекта Баркгаузена, позволяет выявить степень воздействия облучения сильноточным

импульсным пучком электронов на основные сегнетоэлектрические свойства монокристаллов ТГС и ДТГС, оценить вклад процессов, происходящих в сегнетоэлектриках при воздействии на них внешнего электрического поля.

Список литературы

- [1] Б.А. Струков, А.П. Леванюк. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах. Наука, М. (1995). 304 с.
- [2] В.В. Иванов, Е.А. Клевцова, С.И. Тютиунников, В.В. Ефимов. Сообщ. ОИЯИ. Дубна (2002). 17 с.
- [3] V.V. Efimov, V.V. Ivanov, E.A. Klevtsova, N.N. Novikova, V.V. Sikolenko, S.I. Tiutiunnikov, E.A. Vinogradova, V.A. Yakovlev. Particl. Nucl. Lett. 6[115], 65 (2002).
- [4] А.А. Сорг, И.Б. Копылова. Изв. РАН Сер. физ. **60**, 10, 150 (1996).
- [5] В.М. Рудяк. Процессы переключения в нелинейных кристаллах. Наука, М. (1986). 248 с.