

ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ КРИСТАЛЛОВ ТГС, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ ОБЛУЧЕННЫХ ЗАТРАВОК

О. В. Рогазинская, С. Д. Миловидова, А. С. Сидоркин, А. Б. Плаксицкий

Воронежский государственный университет

В настоящей работе исследовалась эмиссия электронов из сегнетоэлектрических кристаллов ТГС, выращенных из облученных рентгеновскими лучами и α -частицами затравок.

Установлено, что независимо от источников облучения затравки (рентгеновские лучи или α -частицы) значения тока эмиссии всегда больше с «отрицательной» поверхности. Величина тока эмиссии электронов тем больше, чем больше униполярность образцов. Показано, что униполярность образцов выше у кристалла ТГС, выращенного из затравки, облученной α -частицами, что вероятно связано с большей величиной внутреннего смещающего поля сформированного под действием α -частиц по сравнению с рентгеновскими лучами..

ВВЕДЕНИЕ

Равновесной доменной структуре сегнетоэлектриков в отсутствие дефектов кристаллической решетки соответствует так называемое неуниполярное состояние, когда объемы и переключаемые характеристики антипараллельных доменов одинаковы, а кристалл в целом не является полярным. Однако значительное число реальных сегнетоэлектриков обладает несимметричной петлей гистерезиса, т.е. находится в униполярном состоянии. Это связано с наличием дефектов, вводимых в кристаллы в процессе роста, а так же при их радиационном облучении.

В качестве дефектов, стабилизирующих доменную структуру сегнетоэлектрического триглицинсульфата (ТГС) обычно используются ионы хрома или молекулы L, α -аланина, специально вводимые в кристалл в процессе его роста [1, 2]. С другой стороны, тот же эффект может быть достигнут за счет облучения приготовленных для исследования образцов или при выращивании кристалла из униполярной затравки [3–5]. В указанных работах исследуется структура и свойства кристаллов ТГС, выращенных из униполярных затравок, предварительно облученных рентгеновскими лучами [3, 4] или α -частицами [5]. Общим для всех этих кристаллов является асимметрия скоростей роста граней относительно затравки, увеличение параметра «b» элементарной ячейки кристаллов, выращенных из облученных затравок при одновременном уменьшении параметров

«a» и «c» по сравнению с чистым кристаллом ТГС. Для всех исследованных кристаллов ТГС выявлена зависимость внутреннего смещающего поля как от положения (по ту или иную сторону от затравки), так и от расстояния образца от затравки [6].

Полученное распределение внутренних смещающих полей, а так же увеличение и распределение микротвердости в выращенных из облученных затравок кристаллах связывается с характером распределения дислокаций по различным направлениям и особенностями доменной структуры, с числом доменных стенок, выходящих на поверхность кристалла.

Одним из свойств, чувствительных к введению в кристалл дефектов, является эмиссия электронов из сегнетоэлектрика, стимулированная различным образом. В настоящей работе исследовалась термостимулированная эмиссия электронов из сегнетоэлектрических кристаллов ТГС, выращенных из облученных рентгеновскими лучами и α -частицами затравок. Направление потока рентгеновских лучей и α -частиц совпадало с направлением макроскопической (преимущественной) поляризации униполярных затравок.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Измерения тока термостимулированной эмиссии электронов j проводились с помощью ВЭУ-6 по стандартной методике [7] в вакууме порядка 10^{-5} мм. рт. ст. с автоматической записью и обработкой результатов с помощью компьютера. Все кристаллы были выращены в сегнетоэлектрической фазе путем понижения

температуры насыщения раствора из униполярных затравок, облученных рентгеновскими лучами и α -частицами по методикам, описанным в [3] и [4] соответственно. Температура образцов измерялась термопарой и контролировалась измерением емкости другого образца чистого ТГС. Точность измерения температуры составляла 5 %. Температура образцов в различных опытах изменялась от +20 до +70 °С. Исследования проводились на образцах полярного Y-скола с размерами 5×5×1 мм.

Как известно, эмиссия электронов из чистых кристаллов ТГС, выращенных из необлученных затравок, характеризуется наличием двух максимумов в температурной зависимости эмиссионного тока: один — в области перестройки доменной структуры (в дальнейшем первый максимум), второй — в области фазового перехода (второй максимум) [8]. Проведенные нами исследования влияния рентгеновского облучения затравки на характер температурной зависимости эмиссионного тока позволили получить следующие результаты. Для образцов кристалла ТГС, непосредственно примыкающих к затравке, также можно выделить указанные выше два максимума (рис. 1) в температурной зависимости тока эмиссии. При этом интенсивность термостимулированной электронной эмиссии в первом максимуме превышает интенсивность эмиссии в области фазового перехода.

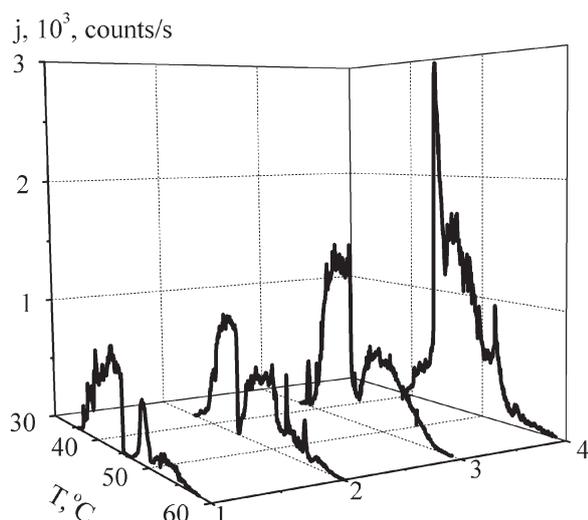


Рис. 1. Температурные зависимости эмиссионного тока для чистого кристалла ТГС, выращенного из униполярной затравки, облученной рентгеновскими лучами для образцов, расположенных на разных расстояниях от затравки: 1 — 5 мм, 2 — 8 мм, 3 — 14 мм, 4 — 16 мм

По мере удаления образцов от затравки наблюдается почти плавное увеличение значений тока в первом максимуме и уменьшение области, разделяющей указанные выше два максимума с последующим их слиянием.

Это можно связать с тем, что при облучении затравки данным образом в ней создается большая величина внутреннего смещающего поля $E_{см}$ (~75 В/см) [9], увеличивается ее монодоменность, а следовательно, те образцы, которые находятся у затравки, более монодоменны. При удалении от затравки влияние поля $E_{см}$ самой затравки ослабевает. В результате монодоменность образцов кристалла ТГС уменьшается, что и приводит к увеличению эмиссионного тока в области перестройки доменной структуры.

Иной характер изменения кривых $j(T)$ по мере удаления образцов от затравки получен для кристалла ТГС, выращенного из затравки, облученной альфа частицами. Для образцов, непосредственно примыкающих к затравке (кривая 1 рис. 2), в температурной зависимости тока эмиссии можно также отметить наличие двух максимумов: один — в области перестройки доменной структуры (до +40 °С), а второй — в области фазового перехода (+49 °С). Однако второй максимум по величине тока значительно больше первого. На более удаленных от затравки образцах (кривые 2—4, рис. 2) характер зависимости $j(T)$ остается таким же. Значения

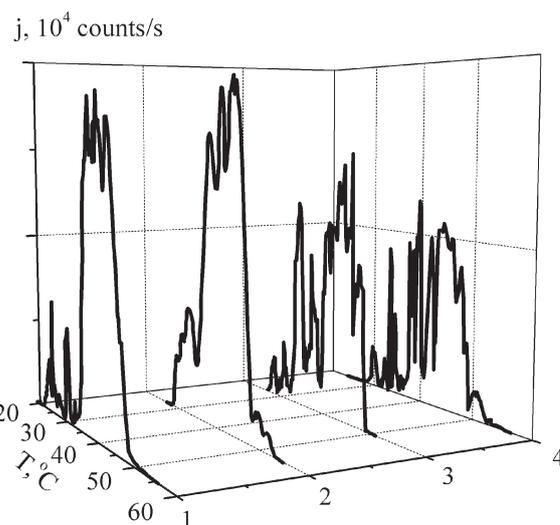


Рис. 2. Температурные зависимости эмиссионного тока для чистого кристалла ТГС, выращенного из затравки, облученной α -частицами для образцов, расположенных на разных расстояниях от затравки: 1 — 6 мм, 2 — 8 мм, 3 — 10 мм, 4 — 14 мм

тока эмиссии при этом постепенно уменьшаются и наблюдаются более сильные колебания тока во всем температурном интервале исследований. Все это можно связать с уменьшением влияния внутреннего смещающего поля самой затравки на формирование высокой степени униполярности более удаленных от нее образцов. Однако, значения тока в области фазового перехода остаются равными или большими по сравнению с областью перестройки доменной структуры.

Следует подчеркнуть, что для всех исследованных образцов кристалла ТГС, выращенных из затравки, облученной α -частицами, значения тока эмиссии на порядок больше, чем у образцов кристалла ТГС, выращенных из затравки, облученной рентгеновскими лучами.

Для всех исследованных образцов кристаллов ТГС, расположенных по другую сторону от поверхности затравки, облученной α -частицами, значения тока малы и эмиссия заканчивается задолго до точки фазового перехода (кривая 2 рис. 3).

Полученные результаты исследования эмиссии электронов с поверхности кристаллов ТГС, выращенных из облученной α -частицами затравки можно связать с формированием униполярности в процессе роста кристаллов. На

рисунке 4 показано изменение общего числа вылетевших электронов по мере удаления образцов от затравки. Поверхность образцов, на которую выходят в основном отрицательные торцы доменов имеет большую униполярность (до ~90 %) — правая ветвь кривой 3 рис. 4. Для них характерно большое число вылетевших электронов N_e и эмиссия заканчивается в области фазового перехода.

Для образцов с малой степенью униполярности (~50 %) — число вылетевших электронов уменьшается на порядок. (левые ветви кривых 3 и 1 рис. 4). Эмиссия в них заканчивается задолго до точки фазового перехода, при температурах 32—40 °С (кривая 2 рис. 4).

Обобщая полученные результаты исследования термостимулированной эмиссии электронов с поверхности кристаллов ТГС, выращенных из облученной затравки можно отметить следующее:

- независимо от источников облучения затравки (рентгеновские лучи или α -частицы) значения тока эмиссии всегда больше с «отрицательной» поверхности.
- величина тока эмиссии электронов тем больше, чем больше униполярность образцов.
- униполярность образцов выше у кристалла ТГС, выращенного из затравки, облученной

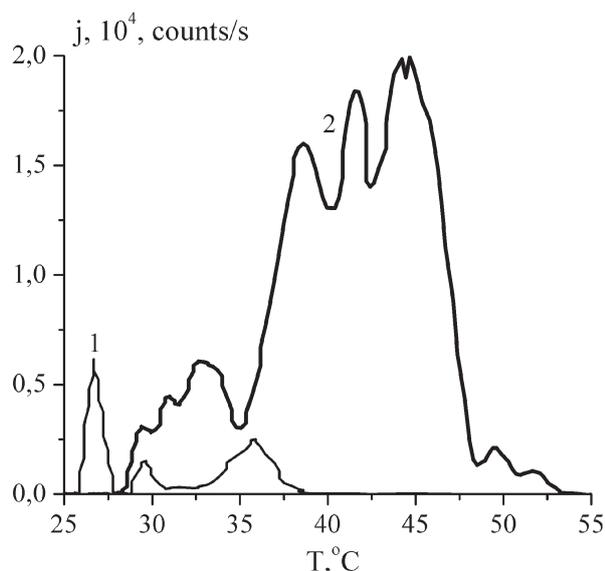


Рис. 3. Температурные зависимости эмиссионного тока образцов кристалла ТГС, выращенного из затравки, облученной α -частицами, расположенных по разные стороны от нее: со стороны облученной (1) и необлученной (2) поверхности затравки

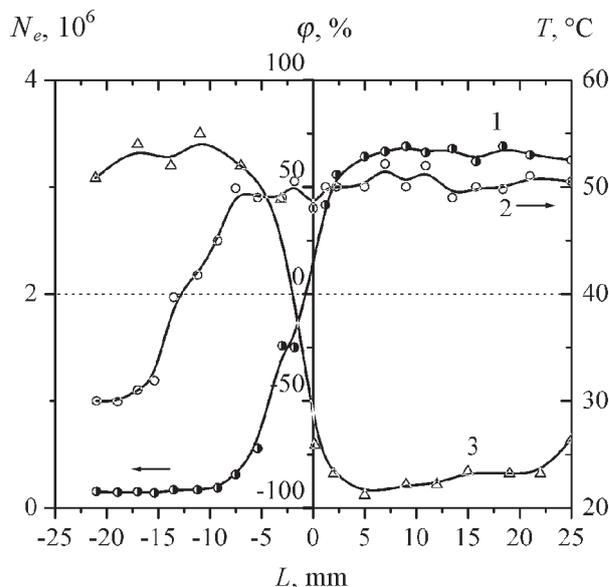


Рис. 4. Зависимость числа вылетевших электронов (1), температуры окончания эмиссии (2) и униполярности (3) от расстояния образцов до облученной α -частицами затравки кристалла ТГС

α -частицами. Это вероятно связано с большей величиной внутреннего смещающего поля, сформированного под действием α -частиц по сравнению с рентгеновскими лучами. Рентгеновские лучи изменяют только электронную подсистему кристалла, в то время как α -частицы, кроме этого, выбивают атомы и ионы из узлов кристаллической решетки в междоузелье, что приводит к большему закреплению доменной структуры, росту внутреннего смещающего поля и, как следствие, увеличению эмиссионного тока.

Работа выполнена при поддержке совместного гранта VZ-010 Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) по программе «Фундаментальные исследования и высшее образование».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лайнс М., Гласс А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М. Мир. 1981. 736 с.

2. Леванюк А.П., Осипов В.В., Сигов А.С. и др. // Журн. эксперим. и теор. физ. 1979. Т. 76, вып. 1. С. 345.

3. Миловидова С.Д., Евсеев И.И., Вавресюк И.В., Алешин С.А. // Кристаллография. 1997. Т. 42. № 6. С. 1137—1139.

4. Миловидова С.Д., Евсеев И.И., Вавресюк И.В. // Кристаллография. 1992. Т. 37. № 2. С. 497—499.

5. Rogazinskaya O.V., Milovidova S.D., Kolomentsev A.A., Rumyantseva N.A., Maksimova E.I., Plaksitskii A.B. // *Ferroelectrics*. 2002. Vol. 269. P. 291—296.

6. Darinskii V.M., Sidorkin A.S., Milovidova S.D. // *Ferroelectrics*. 1993. V. 142. P. 45—51.

7. Рогазинская О.В., Плаксицкий А.Б., Миловидова С.Д., Сидоркин А.С., Божков А.Ю., Юрьев А.Н., Логинов П.В. // Вестник ВГУ. Сер. физ. 2004. № 2. С. 82—85.

8. Косцов А.М., Сидоркин А.С., Зальцберг В.С. и др. // Физика твердого тела, 1982, Т. 24, С. 3436.

9. Sidorkin A.S., Milovidova S.D., Rogazinskaya O.V. // *Ferroelectrics*, 2001, vol. 265, P. 189.