УДК 539.2.211

А.А.Вабищевич, С.А.Василевский,
А.С.Василевский, Ю.Л.Чепелев, В.И.Януть

Белорусский государственный педагогический университет

Уральский лесотехнический институт

Белорусский государственный университет

ЭМИССИОННЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ ПЕРЕПОЛЯРИЗАЦИИ КРИСТАЛЛОВ TGSW

В моноДоменном сегнетоэлектрике любое скалярное или векторное воздействие приводит к нарушению исходной зарядовой компенсации и появлению деполяризующего поля. В случае свободной поверхности такое электростатическое поле вызывает туннельную электронную эмиссию с полярных срезов кристалла. Явление эмиссии электронов наблюдалось в условиях пиро- и пьезоэффектов, а также при переключении спонтанной поляризации [1–3]. Обнаруженный эмиссионный эффект дает возможность исследования динамики образования и релаксации деполяризующего поля.

В работе изучен экзоэмиссионный эффект, возникающий при переполяризации монокристаллов TGSW. Кристаллы TGSW с частично замещенной сульфатной группой $[SO_4]^{2-}$ в триглицинсульфате изоморфной ей $[WO_4]^{2-}$ выращивались из водных растворов при постоянных параметрах кристаллизации [4]. Степень замещенности $[SO_4]^{2-}$ на $[WO_4]^{2-}$ в растворе составляла 10 и 30 моль.%.

Изучение экзоэлектронной эмиссии при переполяризации кристаллов в синусоидальном электрическом поле частотой 50 Гц проводилось одновременно с контролем процесса переключения по петлям диэлектрического гистерезиса на установке описанной в [3], что позволило изучать явление переполяризации на свободной от электрода поверхности. Эмиссионный ток регистрировался с полярных *Y*-срезов образцов размерами 5x5x0,5 мм. Результаты для образцов одного и того же состава устойчиво воспроизводились.

Типичные зависимости плотности эмиссионного тока от напряженности электрического поля представлены на рис. 1. Установлено, что при достижении некоторой величины порогового поля $E_п$ с поверхности образцов кристаллов TGSW возникает эмиссия электронов. Величина $E_п$ у кристаллов TGSW больше, чем у TGS, и возрастает с увеличением степени замещенности группы SO_4 на WO_4. При дальнейшем увеличении поля наблюдается увеличение плотности эмиссионного тока *j*, который при некотором значении поля $E_н$ достигает насыщения, причем значение $E_н$ увеличивается с увеличением степени замещения. Плотность тока насыщения монокристаллов TGSW увеличивается с уменьшением степени замещения SO_4 на WO_4.

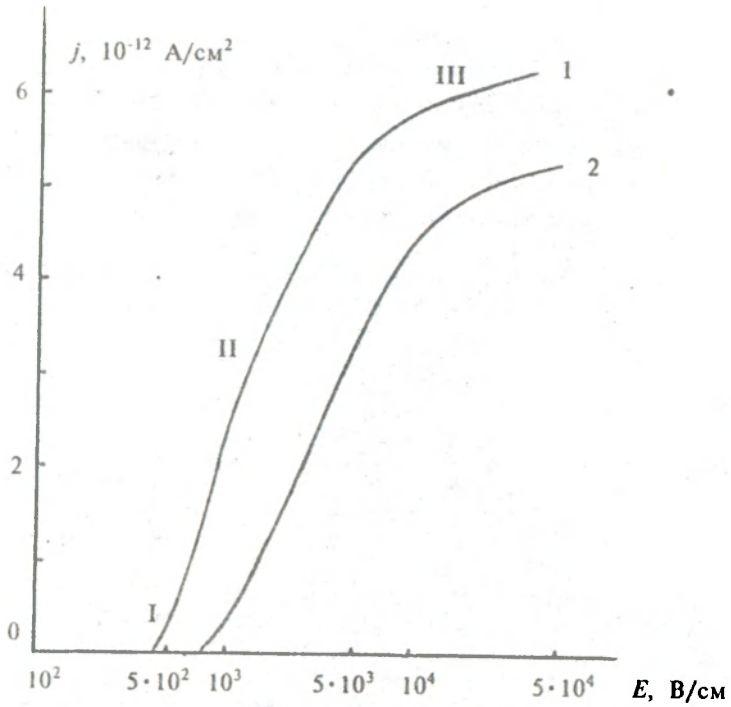

Рис. 1. Зависимости *j(E)* монокристаллов TGSW, выращенных при *T* – 35°С из растворов с 10 – 1 и 30 мол.% H_2WO_4 – 2. Температура измерения 25 °С

Наблюдение петель диэлектрического гистерезиса позволило установить взаимосвязь интегрального эмиссионного тока с процессом переполяризации:

– эмиссия электронов возникает с началом процесса переполяризации (определяется пороговым полем $E_п$), что доказывается наблюдением ненасыщенной петли гистерезиса, участок I;
– на участке II с нарастанием поля постепенно увеличивается плотность эмиссионного тока, что сопровождается увеличением петли гистерезиса. Так как эксперимент проводился в изотермических условиях, поверхностная плотность переключенного заряда является константой. Тогда наблюдаемое увеличение эмиссии при постоянной плотности потока электронов может быть обусловлено ростом площади, с которой эмиттируются электроны. Действительно, согласно [5] увеличение переключающего поля приводит к росту переключаемого объема и, соответственно, площади переключаемой части образца, как за счет количества переключаемых доменов, так и за счет их роста в течение полупериода цикла переключения:

– на участке III величина P_s возрастает незначительно, что обуславливает аналогичное поведение эмиссионного тока.

Наблюдаемое в процессе переключения кристаллов TGSW экзоэлектронная эмиссия возникает с поверхности, имеющей практически постоянную во времени плотность поверхностного заряда, так как экранированием заряда за счет объемной проводимости и эмиссии электронов с поверхности кристалла можно пренебречь [6]. Представляет интерес исследование зависимости параметров экзоэмиссии при изменении плотности поверхностного заряда Δρ. Плотность заряда на свободной поверхности переключающейся части кристалла численно равна удвоенной величине спонтанной поляризации

$$\Delta\rho = 2P_s. \qquad (1)$$

Так как P_s изменяет свое значение в зависимости от температуры, нами были проведены эксперименты по изучению экзоэлектронной эмиссии кристаллов при переполяризации в зависимости от температуры (рис. 2). При повышении температуры интенсивность экзоэмиссии постепенно снижается и исчезает в области фазового перехода, что хорошо коррелирует с зависимостями $P_s(T)$ (рис. 3).

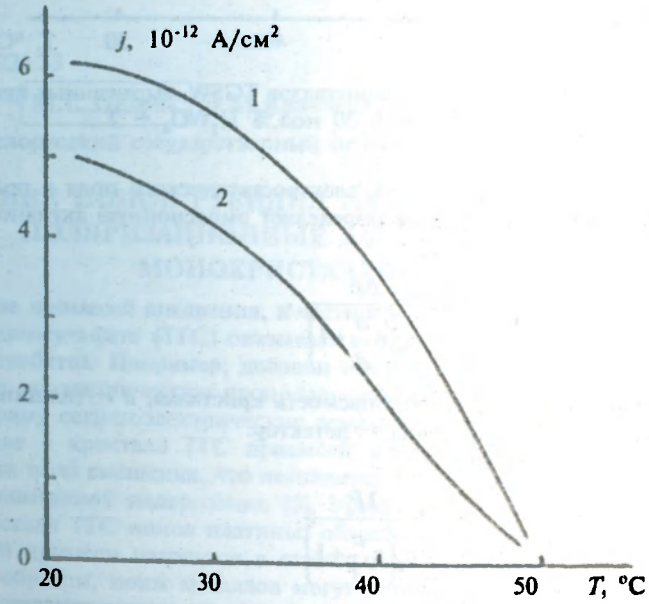

Рис. 2. Зависимости *j(T)* монокристаллов TGSW, выращенных при *T* =35 °С из растворов с 10 – 1 и 30 мол.% H_2WO_4 – 2

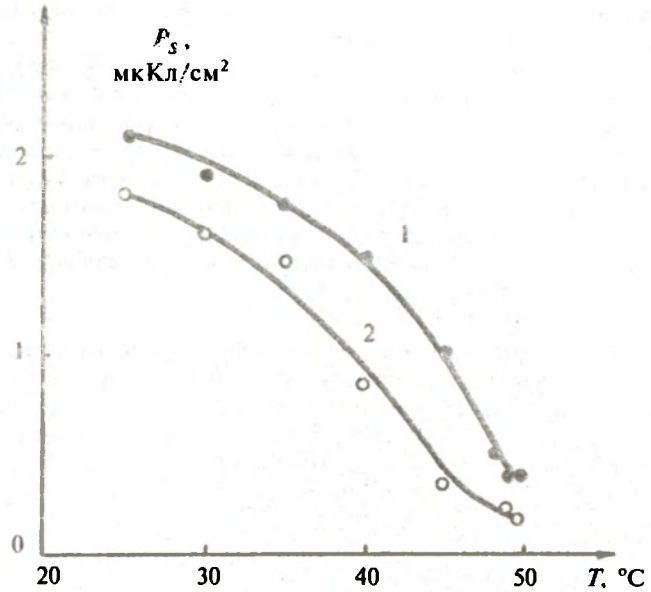

Рис. 3. Зависимости P_s (T) монокристаллов TGSW, выращенных при T =35 °C из растворов с 10 – 1 и 30 мол.% H_2WO_4 – 2

Согласно [7] напряженность электростатического поля в пространстве кристалл – детектор, которое определяет эмиссионную активность сегнетоэлектрика:

$$E_э = \frac{\Delta\rho}{\varepsilon_0\left(\varepsilon\frac{a}{d}+1\right)}, \qquad (2)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость кристалла, d – толщина образца, a – толщина зазора кристалл – детектор.

Учитывая (1) получим:

$$E_э = \frac{2P_s}{\varepsilon_0\left(\varepsilon\frac{a}{d}+1\right)}.$$

Согласно [1] плотность эмиссионного тока j определяется величиной поля E_a:

$$j \approx f(E_a). \qquad (4)$$

Тогда окончательно

$$j \approx f(P_s), \qquad (5)$$

т.е. плотность эмиссионного тока при переполяризации кристаллов TGSW определяется величиной и поведением P_s, что хорошо согласуется с экспериментальными результатами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенман Г.И., Печорский В.И. // ФТТ. 1983. Т.25. С.888.
2. Розенман Г.И., ФТТ. 1983. Т.30. № 8. С.2323.
3. Розенман Г.И., Охапкин В.А., Чепелев Ю.Л., Шур В.Я. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т.39. №9. С.397.
4. Цедрик М.С., Вабищевич И.А., Василевский С.А., Макаревич А.Н.,Марголин Л.Н., Януть В.И. Тезисы докладов XIII Всесоюзной конференции по физике сегнетоэлектриков. Тверь. 1993. С.42.
5. Донцова Л.Н., Тихомирова Н.А., Пикин С.А., Шувалов Л.А. // ДАН СССР. 1979. Т.245. С.1376.
6. Охапкин В.А. Автореферат канд. диссертации. Свердловск. 1984.
7. Цедрик М.С., Рез И.С., Василевский С.А., Розенман Г.И. // Свойства сегнетоэлектриков: Сб. научн. трудов. Минск. 1988. С.3.

УДК 537.226.33

М.С.Цедрик, Э.М.Кравченя, А.П.Абрагимович

Белорусский государственный педагогический университет

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ РУБИДИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОКРИСТАЛЛОВ ТГС

Введение примесей внедрения, в частности, ионов металлов, в кристаллы триглицинсульфата (ТГС) оказывает существенное влияние на их физические свойства. Например, добавки ионов Cu, Cr, Fe, Ti значительно уменьшают диэлектрическую проницаемость, спонтанную поляризацию, а также ширину сегнетоэлектрических доменов [1–4].

Введение в кристалл ТГС примесей железа ведет к возникновению внутреннего поля смещения, что незначительно расширяет область существования спонтанной поляризации [5]. Установлено также, что при введении в кристалл ТГС ионов платины, области с достаточно большой концентрацией примеси находятся в стабильном униполярном состоянии.

Таким образом, ионы металлов могут использоваться при росте кристалла для модификации его свойств. В данной работе проанализировано влияние примеси ионов рубидия на диэлектрические и поляризационные характеристики кристаллов чистого и легированного L-α-аланином триг-