

05;11;12

Исследование некоторых характеристик электронной эмиссии с поверхности сегнетоэлектрика типа PLZT

© Л.М. Рабкин, Г.П. Петин, И.А. Зарубин, В.Н. Иванов

Ростовский-на-Дону государственный университет

Поступило в Редакцию 19 января 1998 г.

В окончательной редакции 15 июня 1998 г.

Изложены результаты исследования некоторых характеристик эмиссии электронов с поверхности сегнетоэлектрика типа PLZT (российский аналог ЦТСЛ) под воздействием импульсного напряжения, приложенного к образцу. Показано, что компенсация эмитированного заряда происходит за счет движения электрических зарядов через объем сегнетоэлектрика. Для конкретного сегнетоэлектрического образца сделаны оценки энергий эмитированных электронов, показано влияние давления остаточных газов на величину эмитированного заряда. Результаты получены по новой методике прямого измерения средних значений импульсных токов в цепях электродов твердотельного сегнетоэлектрического образца и в цепи коллектора.

Сведения об электронной эмиссии с поверхности сегнетоэлектрика впервые были опубликованы в работе [1]. Переполаризация высоковольтными импульсами с длительностью порядка несколько десятков наносекунд дает весьма большие значения импульсного тока эмиссии [2,3]. Однако в механизме эмиссии до настоящего времени остается много неясного. Как восполняется эмитированный заряд? Как влияют остаточные газы в вакуумном объеме? Настоящая работа посвящена исследованию указанных выше вопросов.

Использованная измерительная ячейка существенно не отличалась от описанных в [2,3]. Образец толщиной 1 mm из плотнопрессованной неполяризованной лантансодержащей керамики на основе титаната-цирконата свинца типа PLZT (состава 9/35/65) имел диаметр 12 mm. На него были нанесены серебряные электроды: с одной стороны сплошной диаметром 10 mm, а со стороны, обращенной в сторону коллектора, — в виде решетки (сетка) с периодом 0.2 mm и зазором 0.2 mm. Коллектор

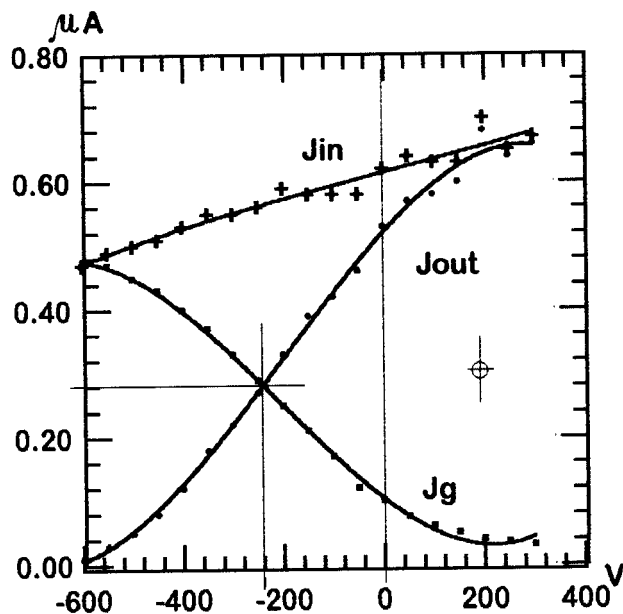


Рис. 1. Зависимость тока входного (I_{in}), выходного (I_{out}) и тока сетки (I_g) от напряжения на коллекторе. Частота запуска 10 Hz, амплитуда импульсного напряжения 1500 V.

в виде металлического стакана был надвинут на образец и полностью улавливал все эмитированные электроны. Расстояние между образцом и внутренней поверхностью коллектора составляло 5–6 мм. Высоковольтный импульс обладал следующими параметрами: амплитуда до 3000 V, длительность на половине высоты составляла 70 ns. Частота повторения импульсов 10 Hz. Измерительная схема позволяла определять средние значения токов в цепи электродов, а не импульсные значения токов или зарядов [2,3], благодаря чему удалось измерять ток в цепи сплошного электрода и ток в цепи сетки.

Зависимость среднего значения тока в цепи сплошного электрода (входной ток I_{in}), тока сетки I_g и тока коллектора (выходного тока I_{out}) от напряжения на коллекторе при постоянном импульсном напряжении показана на рис. 1. Прежде всего обращает на себя внимание наличие

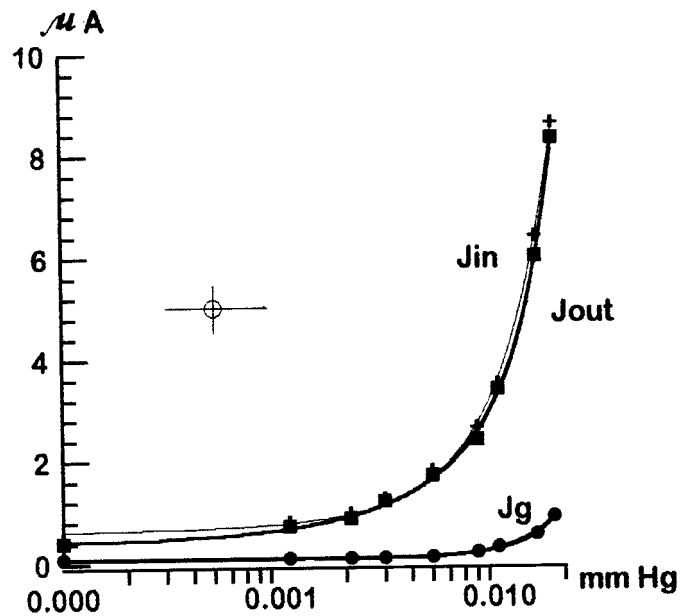


Рис. 2. Зависимость тока входного (I_{in}), выходного (I_{out}) и тока сетки (I_g) от давления в измерительной камере. Частота запуска 10 Hz, напряжение на коллекторе 0 V, амплитуда импульсного напряжения 1500 V.

входного тока I_{in} , т.е. тока, связанного с прохождением зарядов между сплошным и решетчатым электродом. Существование такого тока ранее не было известно. Скорее всего, этот ток имеет дырочный характер. Выполняется баланс токов $I_{in} = I_{out} + I_g$. Выходной ток и ток сетки сильно зависят от потенциала коллектора, а входной ток мало от него зависит. Складывается следующая картина происходящих явлений. Покидающие сегнетоэлектрик электроны имеют значительный разброс энергий. И они не малы. В данном случае вплоть до 600 eV. При отрицательном потенциале коллектора часть электронов не может преодолеть задерживающий потенциал коллектора и возвращается на сетку. Ток сетки возрастает, а ток коллектора уменьшается: вплоть до практически нулевых значений. При положительном потенциале коллектора с ростом

его все большая часть вылетевших электронов достигает коллектора и ток сетки уменьшается и может стать очень малым.

Далее при подаче на образец импульсного напряжения были измерены зависимости от давления остаточных газов всех измеряемых средних токов. Измерения проводились при нулевом потенциале коллектора. Их результаты приведены на рис. 2. Средние значения токов входного и выходного близки друг к другу, в то время как сеточный ток остается много меньше. Увеличение давления остаточных газов сопровождается ростом всех токов. Резкое возрастание тока коллектора при увеличении давления не связано с возрастанием ионной составляющей тока. При ионизации газа возникает одинаковое число положительных и отрицательных зарядов. Положительные ионы должны значительно увеличить ток сетки. Этого не наблюдается. По-видимому, ионная составляющая выходного тока относительно невелика. Объяснить рост наблюдаемых токов с увеличением давления можно аномально большой эмиссией за счет эффекта Мальтера [5,6], вызванного адсорбцией на поверхности сегнетоэлектрика положительных ионов остаточных газов.

Наиболее интересным выводом из проведенного эксперимента является установление факта наличия восполнения эмитированного с поверхности сегнетоэлектрика заряда за счет тока, протекающего через объем сегнетоэлектрика. Механизм этого токопрохождения пока неясен. Возможно, здесь работает дырочная проводимость.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Интеграция", проект № 5–82.

Список литературы

- [1] Розенман Г.И., Охалкин В.А., Чепелев Ю.Л., Шур В.Я. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т. 39. В. 9. С. 397–399.
- [2] Gundel H., Riege H., Handerek J., Zioutas K. CERN/PS/88–66(AR). Geneva, 1988.
- [3] Gundel H., Handerek J., Riege H. et al. CERN/PS/89–35 (AR). Geneva, 1989.
- [4] Ivers I.D., Schachter L., Nation I.A., Kerslick G.S., Advani R. // J. Appl. Phys. 15 March 1993. V. 73. (60).
- [5] Гапонов В.И. Электроника. М.: Физматгиз, 1960. Т. 1. С. 320.
- [6] Зырянов Д.В., Елинсон М.И. // Радиотехника и электроника. 1957. Т. 1. № 1.