

05;12

Деполяризация сегнетокерамики под действием электрических импульсов наносекундной длительности

© В.Г. Гавриляченко, Н.В. Решетняк, А.Ф. Семенчев, А.Н. Клевцов

Научно-исследовательский институт физики
при Ростовском-на-Дону государственном университете

Поступило в Редакцию 22 июля 1996 г.

В работе показано, что общепринятое импульсное воздействие на сегнетоэлектрический холодный катод, возбуждающее электронную эмиссию, приводит к деполяризации сегнетокерамики, что необходимо учитывать при разработке и эксплуатации холодных катодов.

В последнее время появилось много работ, в которых исследуется электронная эмиссия с поверхности сегнетоэлектриков [1–4]. Эмиссия происходит с поверхности, несущей отрицательный заряд, под действием коротких электрических импульсов большой амплитуды, полярность которых противоположна исходной поляризации образца.

Наша работа посвящена исследованию устойчивости к такому воздействию поляризованного состояния сегнетокерамики, перспективной для применения в качестве материала для холодных катодов в электровакуумных приборах. Наиболее эффективными для этих целей являются материалы системы цирконата-титаната свинца, модифицированные лантаном [1]. Для исследований была выбрана сегнетокерамика с отношением $Zr/Ti=65/35$ и 8% La.

Образцы диаметром 12 мм и толщиной 1 мм предварительно поляризовались полем 10 кВ/см при охлаждении от 150°C через точку Кюри до комнатной температуры. После этого они подвергались воздействию деполяризующих импульсов напряжения от тиратронного генератора, частота следования, длительность и амплитуда которых варьировались в пределах $f = 20–2000$ Гц, $\tau_u = 100–300$ нс, $U_u = 200–1000$ В соответственно.

Исследовалось относительное изменение остаточной поляризации образца от количества импульсов различной амплитуды и длительности. Изменение поляризации определялось неразрушающим методом, суть которого заключается в следующем. Было установлено [5], что для поляризованной сегнетокерамики соотношения между пьезомодулями и остаточной поляризацией подобны тем, которые хорошо известны в теории пьезоэффекта сегнетоэлектрических монокристаллов. Для пьезомодуля d_{31} , который можно рассчитать, используя измеренные методом резонанса–антирезонанса характеристические частоты вибратора в виде диска [6], это соотношение записывается так:

$$d_{31} = Q_{12}^* P_r \varepsilon_{33}^\sigma / 2\pi, \quad (1)$$

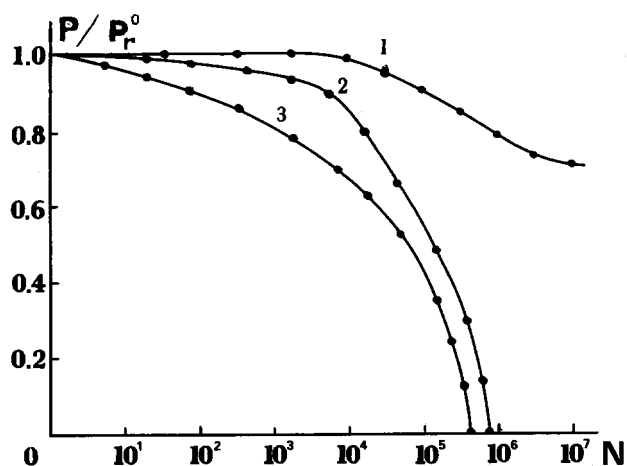
где Q_{12}^* — коэффициент электрострикции сегнетокерамики, P_r — остаточная поляризация, ε_{33}^σ — диэлектрическая проницаемость свободного образца вдоль оси поляризации.

Относительное изменение остаточной поляризации P_r/P_r^0 в зависимости от числа импульсов N можно определить, используя соотношение (1) в предположении, что Q_{12}^* остается неизменным:

$$P_r/P_r^0 = d_{31} C^0 / d_{31}^0 C, \quad (2)$$

где P_r^0 , d_{31}^0 и C^0 — начальные остаточная поляризация, пьезомодуль и емкость образца, P_r , d_{31} , C — те же характеристики, но после воздействия серии импульсов N , B (2) отношение диэлектрических проницаемостей заменено отношением емкостей, которые измерялись на частоте 1 кГц с помощью моста У8-2. Коэффициенты, входящие в (2), измерялись при комнатной температуре. Коэрцитивное поле исследуемых образцов, определенное по петле диэлектрического гистерезиса при комнатной температуре, составляет $E_k = 2500$ В/см. Для проверки соотношения (2) в серии контрольных испытаний остаточная поляризация образцов измерялась как до, так и после воздействия ряда деполяризующих импульсов по пиротокку, измерявшемуся в режиме короткого замыкания при нагревании образцов выше точки Кюри.

Результаты наших исследований отображены на рисунке, где приведены типичные зависимости $(P_r/P_r^0) \sim f(N)$. Видно, что деполяризация происходит тем быстрее, чем больше U_u и τ_u . Отметим, что при малой амплитуде импульса ($U_u < 500$ В) величина



Относительное изменение остаточной поляризации сегнетокерамики PLZT P_r/P_r^0 при воздействии N импульсов обратной полярности: 1 — амплитуда импульсов 500 В, длительность 100 нс; 2 — амплитуда импульсов 1000 В, длительность 100 нс; 3 — амплитуда импульсов 1000 В, длительность 250 нс.

τ_u в интервале 100–300 нс практически не отражается на характере зависимости (P_r/P_r^0) от N .

Экспериментальные данные указывают на то, что за время действия импульсов длительностью 100 нс и более в сегнетокерамическом образце происходит частичное переключение поляризации в отдельных кристаллитах. Число переключившихся кристаллитов накапливается с ростом N , и скорость этого процесса возрастает с увеличением амплитуды и длительности импульсов. При повторной поляризации постоянным полем при охлаждении через точку Кюри деполяризованного короткими импульсами образца (исследовано до 10 циклов поляризация–деполяризация) остаточная поляризация восстанавливается, что указывает на то, что сегнетокерамика не испытывает необратимых усталостных нарушений. Установлено также, что деполяризованную сегнетокерамику можно наполяризовать при комнатной температуре воздействием 10^7 импульсов амплитудой 1000 В и длительностью 100 нс до значений $P_r = 0.2P_r^0$.

Из полученных нами данных следует, что общепринятое импульсное воздействие на сегнетокерамический холодный катод при возбуждении электронной эмиссии [1–4] приводит к деполяризации сегнетокерамики, что необходимо учитывать при разработке и эксплуатации сегнетокерамических катодов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант N 96–02–18513а.

Список литературы

- [1] *Gundel H., Handerek J., Riege H.* // *Ferroelectrics*. 1990. V. 110. P. 183–192.
- [2] *Айрапетов А.Ш., Красных А.К., Левшин И.В.* // *Письма в ЖТФ*. 1990. Т. 16. В. 5. С. 46–49.
- [3] *Biedrzycki K., Le Bihan R.* // *Ferroelectrics*. 1992. V. 126. P. 253–261.
- [4] *Schachter L., Ivers J.D., Naiton J.A.* // *J. Appl. Phys.* 1993. V. 73. N 12. P. 8097–8100.
- [5] *Смажневская Е.Г., Фельдман Н.В.* // *Пьезоэлектрическая керамика*. Сов. радио, 1971. 200 с.
- [6] *Турик А.В., Комаров В.Д.* // *Изв. АН СССР. Сер. физич.* Т. 34. № 12. С. 2623–2627.