

А. А. Брандт, В. Я. Шевченко

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭРЦИТИВНОГО ПОЛЯ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

Явление аномального изменения диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков в процессе переполяризации, исследованное впервые на BaTiO_3 [1], впоследствии было обнаружено на ряде других сегнетоэлектриков [2, 3].

В работе [4] было показано, что это явление тесно связано с механизмом зарождения и роста доменов и является важной характеристикой переполяризации, а полученные ранее экспериментальные данные [1—4] удовлетворительно объясняются предложенной физической моделью. В то же время для технических применений сегнетоэлектриков, связанных с их нелинейными свойствами, необходимо знать и другие их характеристики, такие, как величина коэрцитивного поля, время установления поляризации и их зависимость от величины и частоты приложенного поля.

В работах [5, 6, 7] такие зависимости исследовались (на триглицинсульфате) в диапазоне частот переполяризующего напряжения от 100 кГц до 10^{-2} гц. При этом коэрцитивное поле измерялось либо по петле гистерезиса (при $P=0$), либо как поле, при котором ток переполяризации достигает своего максимального значения.

При исследовании очень медленных процессов переполяризации при малых значениях тока переполяризации известные трудности (утечки радиодеталей, образцов) существенно усложняют измерения и влияют на их точность. Однако эти трудности могут быть устранены, если использовать следующий метод измерения коэрцитивного поля.

На рис. 1 приведена блок-схема установки, с помощью которой могут быть измерены коэрцитивные поля сегнетоэлектриков для широкого диапазона частот переполяризующего напряжения. Такая установка применяется для исследования аномального изменения диэлектрической проницаемости при переполяризации [1, 4], однако, как будет показано далее, на такой установке возможно измерять коэрцитивное поле сегнетоэлектрика. Как видно из схемы, на образец C_c подается одновременно два напряжения: переполяризующее напряжение низкой частоты Ω от генератора Γ_1 и напряжение малой амплитуды частоты ω («пробное») от генератора звуковой частоты Γ_2 , включенного последовательно в цепь образца.

При переполяризации образца происходит изменение его диэлектрической проницаемости, что приводит к изменению емкости сегнетоэлектрического конденсатора C_c . На рис. 2 показано изменение коэффициента передачи цепочки, состоящей из емкости образца C_c и сопротивления R , для двух различных R , на частоте ω , в зависимости от C_c .

Очевидно, что при выполнении условия $\omega R C_c \ll 1$, изменение емкости сегнетоэлектрика, приводит к пропорциональному изменению амплитуды выходного напря-

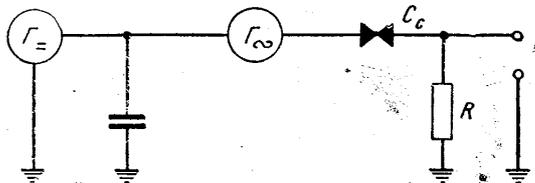


Рис. 1

жения частоты ω . На рис. 3 показаны экспериментально наблюдаемые изменения амплитуды напряжения частоты ω , изменения диэлектрической проницаемости образца и тока переполаризации.

В работе [4] устанавливается зависимость между изменением диэлектрической проницаемости и током переполаризации

$$\Delta \varepsilon_i = \Delta \varepsilon \left(\frac{i_p}{i_{p\max}} \right), \quad (1)$$

где $\Delta \varepsilon_i$ — изменение диэлектрической проницаемости в процессе переполаризации, $\Delta \varepsilon$ — максимальное изменение диэлектрической проницаемости, т. е. при $i_p = i_{p\max}$. Имеются, однако, экспериментальные данные [8], которые указывают, что соотношение (1) не всегда справедливо. Тем не менее ниже будет показано, что при некоторых условиях, соотношение (1) может быть строго доказано, на основании расчета аномального изменения диэлектрической проницаемости сделанного в работе [9].

Действительную и мнимую части $\Delta \varepsilon$ можно разделить, записав $\Delta \varepsilon$ в виде

$$\Delta \varepsilon = \Delta \varepsilon' - j\Delta \varepsilon'', \quad (2)$$

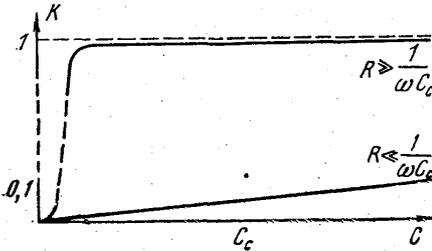


Рис. 2

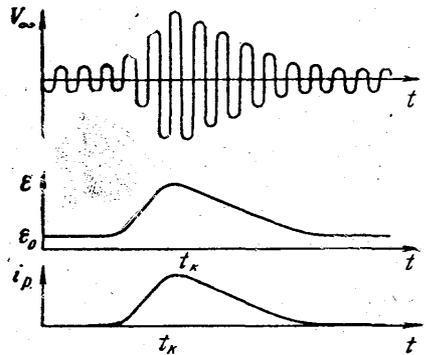


Рис. 3

где $\Delta \varepsilon'$ — «параллельная» проницаемость, а $\Delta \varepsilon'' = \frac{\Delta \sigma}{\omega}$ ($\Delta \sigma$ — «параллельная» проводимость). Если для частоты ω «пробного» напряжения, на которой измеряется диэлектрическая проницаемость, выполняется соотношение [4]

$$\omega \ll \gamma, \quad (3)$$

где γ — некоторый характеристический коэффициент, то, как показано в [4]

$$|\Delta \varepsilon| \cong \Delta \varepsilon''. \quad (4)$$

В то же время в [9]

$$\Delta \sigma \propto i_p, \quad (5)$$

а из (4) и (5) следует

$$|\Delta \varepsilon| \propto i_p. \quad (6)$$

Если выполнены условия $\omega RC_c \ll 1$, условие (3) и период колебаний частоты ω гораздо меньше времени установления поляризации, то максимальное значение диэлектрической проницаемости (а следовательно, и амплитуды «пробного» напряжения) и максимальное значение тока переполаризации будут по времени совпадать (см. рис. 3).

При переполаризации сегнетоэлектрика в линейно меняющемся поле вида $E(t) = kt$, значение поля при котором амплитуда «пробного» напряжения достигает своего максимального значения будет соответствовать значению коэрцитивного поля сегнетоэлектрика и $E_k = E(t_k) = kt_k$.

Таким методом проведены измерения коэрцитивного поля триглицинсульфата для разных частот Ω переполаризующего линейно меняющегося напряжения в диапазоне 10^{-5} — 10^2 гц [10]. Характер зависимости коэрцитивного поля от производной поля по времени показывает, что коэрцитивное поле сегнетоэлектриков не является

однозначно определенной величиной и существенно зависит от поля и времени его приложения во всем диапазоне исследованных частот. Кроме того, измерения, проведенные на одних и тех же образцах ТГС, Y-срез, но с двумя различными типами электродов (из травленного дисперсного серебра и напыленные в вакууме), показали, что при одинаковой частоте и величине переполяризующего поля коэрцитивное поле может заметно меняться в зависимости от типа электродов, при этом общий характер зависимости коэрцитивного поля от частоты и величины приложенного поля сохраняется. Это говорит о том, что приэлектродная область и дефекты, вносимые в нее электродами, могут существенно влиять на электрические характеристики сегнетозлектрика.

Измеренные с помощью такой методики значения коэрцитивного поля хорошо совпадают со значением коэрцитивного поля, измеренными по петле гистерезиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Drougard M. E., Funk H. L., Joung D. R. J. Appl. Phys., 25, 1166, 1954.
2. Prutton M. Proc. Phys. Soc. (London), 70, 702, 1957.
3. Misařova A., Janoušek V. Czech. J. Phys., В 11, 465, 1961.
4. Fatuzzo E. J. Appl. Phys., 32, 1571, 1961.
5. Pulvari C. F., Kuebler W. J. Appl. Phys., 29, 1742, 1958.
6. Гуревич В. М., Желудев И. С. «Изв. АН СССР», 24, № 11, 1342, 1960.
7. Малек З. и др. «Физика твердого тела», 5, вып. 3, 961, 1963.
8. Fousek I., Malek Z., Ali A. L. N. S., Salim A. J. Proc. Phys. Soc., 80, 5—6, 1199, 1962.
9. Misařova A. Czech. J. Phys., В 11, 668, 1961.
10. Брандт А. А., Шевченко В. Я. «Кристаллография», 9, вып. 2, 1964.

Поступила в редакцию
20. 2 1964 г.

Кафедра
физики колебаний