

УДК: 537.226.33

НЕЛИНЕЙНЫЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ЦТС, ПОЛУЧЕННЫХ ВЧ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

О.Н. Сергеева, С.Ю. Погорелов

Тверской государственный университет,
кафедра физики сегнетоэлектриков и пьезоэлектриков

Изучены процессы переключения в пленках ЦТС. Приведены зависимости комплексной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от внешнего электрического поля на частоте 1 кГц.

Исследования диэлектрических свойств проводились на тонкопленочных структурах Pt-PZT-Pt, сформированных методом высокочастотного магнетронного распыления мишеней $PbZr_{0,54}Ti_{0,46}O_3$ как стехиометрического состава, так и с избытком оксида свинца на «холодные подложки» при температуре 130°C. В качестве подложек использовались пластины ситалла и кремния с нанесенным на них тонкопленочным электродом толщиной 0,5–0,7 мкм. Измерения комплексной диэлектрической проницаемости проводились фазометрическим методом, который имеет большие пределы измерения емкости (С) и тангенса угла диэлектрических потерь ($tg\delta$) по сравнению с мостовыми методами [1; 2], при приложении к пленке переменного электрического поля частотой 1 кГц. Метод фазометра основан на использовании фазовых соотношений в трехполюснике, одним из элементов которого является измеряемый диэлектрический конденсатор. На рис. 1 представлена схема измерительной установки.

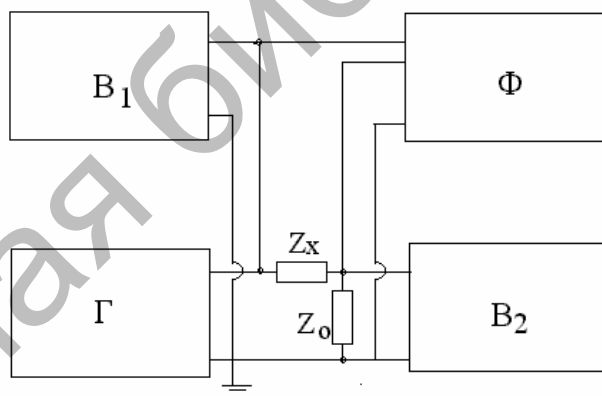


Рис. 1. Схема измерительной установки для определения комплексной диэлектрической проницаемости

Напряжение с генератора (Γ) подается в цепь, состоящую из последовательно соединенного образца (импеданс $Z_x e^{i(\delta-\pi/2)}$) и выходного сопротивления (импеданс $Z_0 e^{-i\varphi_0}$), при помощи фазометра (Φ) и двух вольтметров (V_1 и V_2) определяется фазовый сдвиг φ на Z_0 .

Полевые зависимости компонент эффективной диэлектрической проницаемости ($\epsilon'_{эфф}$, $\epsilon''_{эфф}$) и тангенса диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) при приложении к пленке ЦТС с избытком свинца переменного электрического поля напряженностью 5–160 кВ/см на частоте 1 кГц представлены на рис. 2.

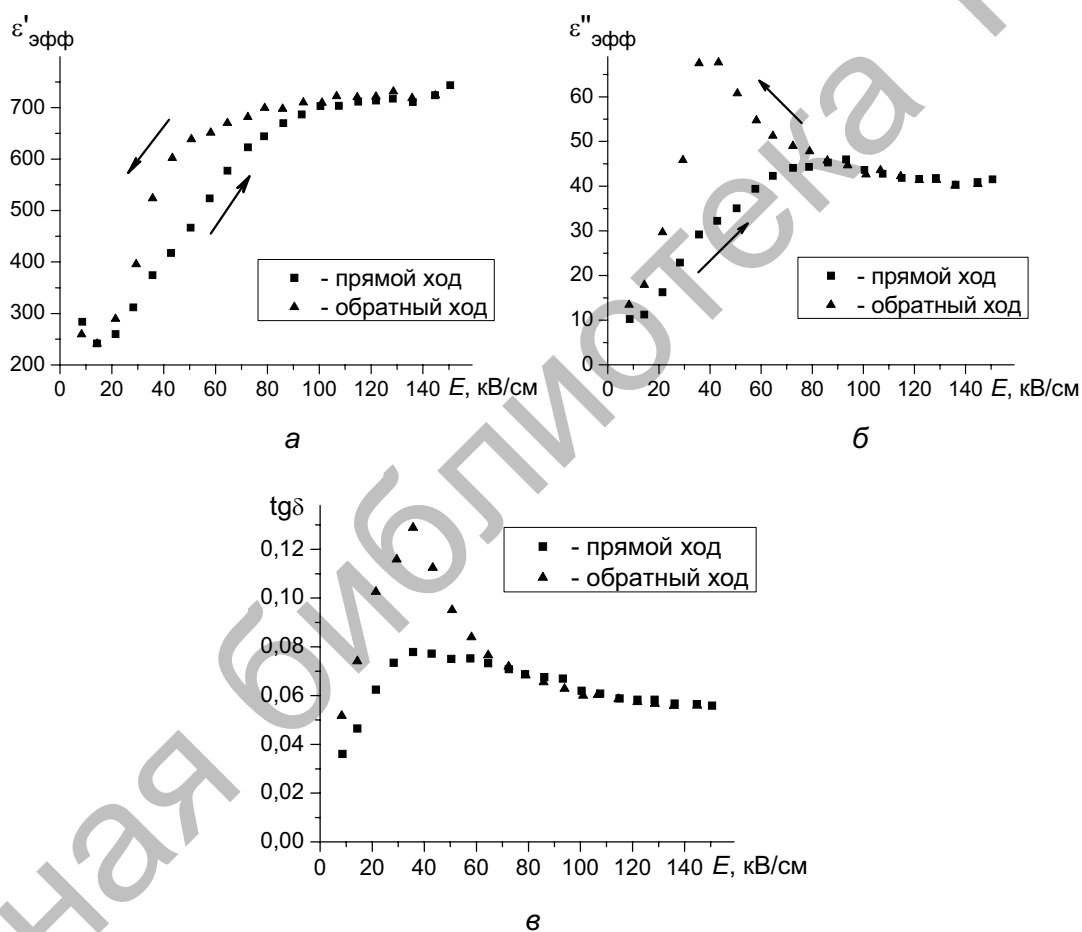


Рис. 2. Полевые зависимости ϵ' (а), ϵ'' (б) и $\text{tg}\delta$ (в) пленки ЦТС с избытком свинца на частоте 1 кГц

Полученные результаты показывают, что диэлектрическая проницаемость ϵ' (рис. 2, а, прямой ход) в малых полях растет пропорционально полю. На кривой зависимости $\epsilon'(E)$ можно выделить нелинейный участок в полях 5 кВ/см. Дальнейшее увеличение поля приводит к

появлению участка насыщения величины диэлектрической проницаемости ϵ' , что свидетельствует о существовании только индуцированной поляризации, для которой имеет место соотношение $P_{\text{инд}}/E = \text{const}$. Численное значение действительной части диэлектрической проницаемости увеличивается в 3–3,5 раза при полях порядка 160 кВ/см. При обратном ходе имеет место гистерезис $\epsilon'(E)$ (рис. 2, а, обратный ход). В данном случае это указывает на значительный вклад доменного механизма в процессы переключения, так как в более высоких полях часть доменных стенок была «сорвана» со стопоров и при обратном ходе уже в более низких полях дает больший вклад в ϵ' . Спад ϵ' происходит быстрее, чем при прямом ходе. В работе [3] получен аналогичный результат на пленках ЦТС, полученных золь-гельным методом. По мнению автора, в процессах переключения существенную роль играет гистерезисный механизм реполяризации [4; 5].

Мнимая часть диэлектрической проницаемости ϵ'' также растет с увеличением напряженности поля, достигая максимума, а затем идет вниз, таким образом, мы видим максимум на зависимости ϵ'' (рис. 2, б, прямой ход). При обратном ходе на этой зависимости (рис. 2, б, обратный ход) наблюдается уже ярко выраженный максимум. Гистерезисная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь представлена на рис. 2, в и обусловлена механизмом реполяризации. Когда переключившаяся поляризация достигает своего насыщения, $\text{tg}\delta$ падает за счет надбарьерного движения доменных стенок в больших полях. Максимум тангенса угла диэлектрических потерь при обратном ходе в 1,5 раза превышает значение максимума тангенса при прямом ходе и достигает 0,13.

Список литературы

1. Зайцева М.П., Красиков В.С., Жеребцова Л.И. Низкочастотная диэлектрическая дисперсия в сегнетоэлектрике натрия-аммоний селенате дигидрате (асд) // Фазовые переходы в кристаллах. Красноярск: КГУ, 1972. С. 235–244.
2. Лучанинов А.Г. Пьезоэлектрический эффект в неполярных гетерогенных сегнетоэлектрических материалах. Волгоград: ВолгГАСА, 2002.
3. Лалетин Р.А. Низко- и инфранизкочастотные диэлектрические свойства тонких сегнетоэлектрических пленок цирконата-титаната свинца: Дис. ... канд. физ.-мат наук. Волгоград, 2002.
4. Шильников А.В., Оцарев И.В., Бурханов А.И., Нестеров В.Н., Сигов А.С., Воротилов К.А. Влияние электрических полей на диэлектрические свойства тонких сегнетоэлектрических пленок $\text{Ni}\backslash\text{PZT}\backslash\text{Pt}$ в области низких и инфранизких частот // Изв. РАН. Сер. Физ. 2000. Т. 64, № 8. С. 1239–1244.
5. Taylor D.V., Damjanovic D. Domain wall pinning contribution to the nonlinear dielectric permittivity in $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ thin films // Appl. Phys. Lett. 1998. V. 73, № 14. P. 2045–2050.