

ВНУТРЕННЯЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ В НЕПОЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ

© А.Е.Сергеева, С.Н.Федосов, А.М.Миракьян, И.Таариг, М.В.Страхов

Одесский технологический институт пищевой промышленности,
 270088 Одесса, Украина
 (Поступила в Редакцию 30 марта 1996 г.)

Заряженные пленки политетрафторэтилена (ПТФЭ) обладают способностью длительное время сохранять избыточный заряд, что объясняется низкой собственной проводимостью пленок и малой подвижностью инжектированных зарядов [1,2]. При этом пренебрегают возможным влиянием внутренней поляризации, хотя имеются косвенные данные о ее наличии в неполярных полимерных пленках, таких как полиэтилен [3] и ПТФЭ [4].

Исследование кинетики зарядки пленок в коронном разряде с регистрацией тока и электростатического потенциала позволяет разделить составляющие тока и сделать заключение о наличии или отсутствии внутренней поляризации.

В общем случае при электризации тонкого плоского диэлектрика без учета собственной проводимости плотность полного тока $I(t)$ состоит из трех слагаемых [1] (емкостного, поляризационного и дрейфового токов)

$$I(t) = \varepsilon_0 \varepsilon \partial E(x, t) / \partial t + \partial P(x, t) / \partial t + \mu \rho(x, t) E(x, t), \quad (1)$$

где ε_0 — электрическая постоянная, ε — диэлектрическая проницаемость, E — напряженность поля, P — поляризация, $\rho(x, t)$ и μ — объемная плотность инжектированных зарядов и их подвижность. Приближенное решение уравнения (1) возможно при усреднении параметров по толщине пленки x_0 . Интегрируя (1) вначале по толщине пленки, а затем по времени, получаем

$$\int_0^t I(t') dt' = C [U(t) - U(0)] + S [P(t) - P(0)] + \int_0^t I_c(t') dt', \quad (2)$$

где C — емкость образца, S — площадь образца, I_c — дрейфовый ток. В работе исследованы односторонне металлизированные пленки ПТФЭ толщиной 20 мкм. Свободную поверхность пленки подвергали действию коронного разряда. Для этого применена трехэлектродная

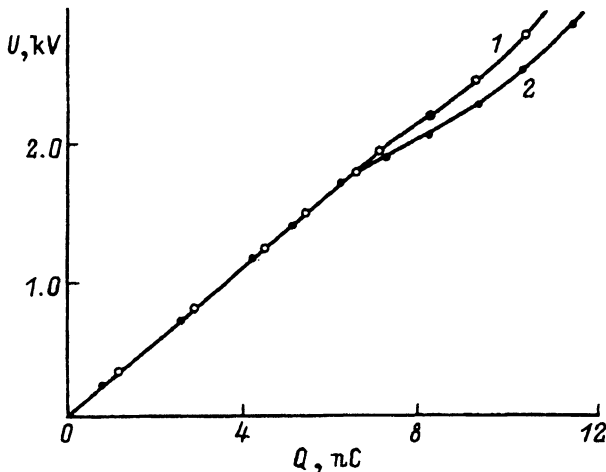


Рис. 1. Зависимость эффективного электростатического потенциала от полного заряда, сообщенного пленке ПТФЭ ($x = 20 \mu\text{m}$) при зарядке коронным разрядом. 1 — положительным, 2 — отрицательным.

схема разряда с управляющей сеткой. Устройство было аналогично описанному в [5]. При помощи цепи обратной связи стабилизировали зарядный ток. Электростатический потенциал и зарядный ток непрерывно измерялись в процессе зарядки.

Анализ экспериментальных данных показал, что в пределах погрешности измерений и расчетов основной составляющей зарядного тока является емкостная (первое слагаемое в уравнении (2)), в то время как поляризационный и дрейфовый токи малы или вообще отсутствуют. В сильных полях это утверждение оказывается несправедливым (рис. 1). Как видно из рис. 1, кинетика зарядки одинакова в положительной и отрицательной короне до напряжения 2 кВ, соответствующего среднему полю 100 МВ/м. Однако в более сильных полях

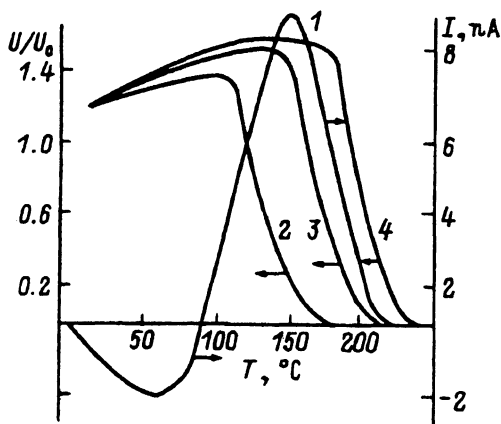


Рис. 2. Ток ТСД (1) и термостимулированное изменение поверхностного потенциала (2-4) пленок ПТФЭ, заряженных в течение 30 с при 20 (2), 160°C (3) и 200°C (4).

Скорость нагрева 3 К/мин.

зависимость $U(Q)$ становится сублинейной, причем скорость роста напряжения в отрицательно заряженных пленках меньше, чем в положительных. Это может быть связано либо с более глубоким проникновением отрицательного заряда в объем образца, либо появлением гетерозаряда (внутренней поляризации). В то же время известно [1], что в пленках ПТФЭ подвижность и глубина проникновения отрицательного заряда меньше, чем положительного. Таким образом, данные рис. 1 свидетельствуют о наличии гетерозаряда в короноэлектретах на основе ПТФЭ.

О появлении внутренней поляризации в неполярных пленках ПТФЭ также свидетельствует сравнение данных термостимулированной деполяризации (ТСД) и термостимулированного разряда (ТСР). Из рис. 2 видно, что кривая тока ТСД имеет участок обращения направления тока деполяризации в диапазоне температур 90–160°C, наличие которого невозможно объяснить только миграцией гомозаряда. Для объяснения инверсии тока ТСД в пленках ПТФЭ в работе [6] сделано предположение о десорбции заряда в виде ионов с поверхности пленки. В этом случае электретный потенциал при нагревании должен понижаться. В действительности, как видно из кривой ТСР (рис. 2), потенциал вначале повышается в области температур, соответствующей низкотемпературной ТСД. Таким образом, сравнение данных ТСД и ТСР подтверждает появление в короноэлектретах из ПТФЭ наряду с гомозарядом и гетерозарядом, релаксация которого приводит к обращению направления тока ТСД и росту электретного потенциала. Гетерозаряд, вероятно, является менее термостабильным и разрушается раньше гомозаряда. Термообработка, как видно из рис. 2, увеличивает стабильность потенциала, что согласуется с данными [1].

Наличие в пленках ПТФЭ гетерозаряда позволяет объяснить высокую стабильность электретного потенциала пленок не только чрезвычайно низкой собственной проводимостью ПТФЭ, но и медленной релаксацией гетерозаряда; поскольку эффективные поверхности реальных и поляризационных зарядов имеют разные знаки.

Список литературы

- [1] Электреты / Под ред. Г. Сесслера. Мир. М. (1983). 486 с.
- [2] Г.А. Лушейкин. Полимерные электреты. Химия. М. (1984). 183 с.
- [3] D.K. das Gupta. J. Phys. 8, 1333 (1975).
- [4] А.В. Ванников, В.К. Матвеев, В.П. Сичкарь, А.П. Тютнев. Радиационные эффекты в полимерах. Наука. М. (1982). 284 с.
- [5] J.A. Giacometti. Rev. Sci. Instr. 61, 113 (1990).
- [6] В.Г. Бойцов, В.П. Дружинин, Б.А. Тазенков. Электреты и их применение. ЛГПИ. Л. (1978). 116 с.