

04;05;11;12

©1994

ЛОКАЛЬНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ЗАРЯЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

*В. А. Ключев, В. А. Кузнецов, А. Г. Липсон,
Е. С. Ревина, А. М. Саков, Ю. П. Топоров*

Известно, что поверхности твердых тел гетерогенны по своим свойствам [1-4]. Эта гетерогенность проявляется и в различии электрофизических параметров материала в различных точках поверхности. В частности, величина работы выхода в разных точках поверхности полупроводника может иметь разную величину [5]. В широких пределах изменяется электрический потенциал поверхности [6].

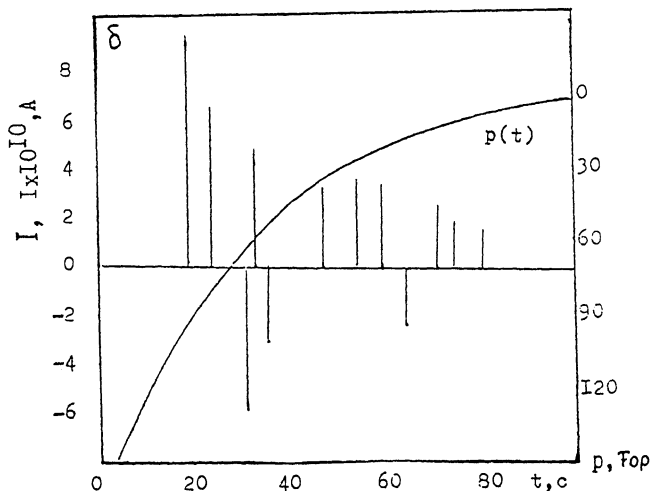
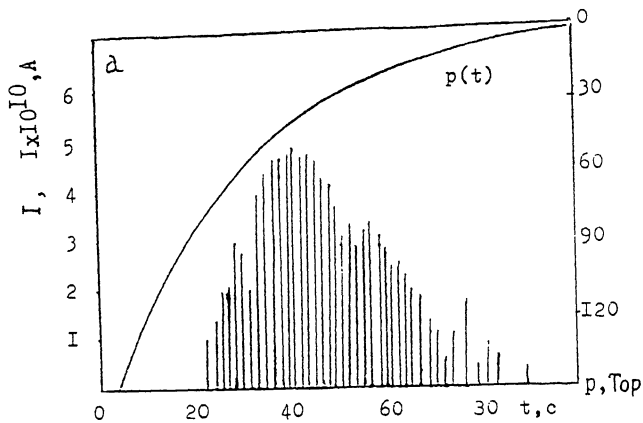
Возникает вопрос — как влияет эта электрофизическая гетерогенность поверхности диэлектрика на распределение поверхностного заряда при зарядении в процессах контактной и трибоэлектризации, при воздействии короны и т.д. Следует отметить, что при рассмотрении задач контактной или трибоэлектризации часто принимается, что инжектируемый заряд равномерно распределяется по поверхности.

Цель настоящей работы являлась оценка того, насколько однородно может заряжаться поверхность диэлектрика.

В качестве объектов исследования были взяты образцы ионокристаллов фторида лития в виде пластин размером 1×1 см. Зарядение поверхностей осуществлялось с помощью короны, а также путем скола.

Для изучения степени однородности распределения электрического заряда на поверхности был использован способ, основанный на наблюдении за процессом нейтрализации заряда (путем газового разряда) при изменении давления окружающей газовой среды.

В эксперименте образец, поверхность которого подвергалась зарядке одним из использованных способов, помещался на заземленной металлической подложке, а на расстоянии ~ 1 мм от поверхности образца закреплялся металлический электрод в виде пластины размером 1×1 см. Электрод подсоединялся к электрометру. Все устройство размещалось в герметичной камере, подсоединенной к вакуумной системе. При откачке камеры и изменении давления газовой среды наблюдались электрические разряды с поверхности образца на электрод, сопровождавшиеся импульсами тока, фиксируемые электрометром. При этом каждый импульс тока соответствовал определенному давлению в измерительной камере.



Импульсы тока разряда с образца фторида лития в процессе откачки.

a — предварительное зарядке короной, *b* — после скола. Кривая $P(t)$ — изменение давления в системе.

В качестве примера на рисунке приведены импульсы тока, зарегистрированные для образцов фторида лития, заряженного короной и (для сравнения) свежего скола кристалла LiF .

Из рисунка видно, что поверхность скола LiF дает импульсы тока как положительной, так и отрицательной полярности, что обусловлено известной мозаичностью заряда на сколе [7]. В то же время при исследовании поверхности образца LiF , заряженного короной, наблюдаемые импульсы

тока имеют униполярный характер, соответствующий отрицательному заряду поверхности. Анализ импульсов с помощью осциллографа показал, что они имеют длительность порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ с, типичную для искрового разряда [8]. Это позволяет предположить, что в рассматриваемом случае основным каналом нейтрализации поверхностного заряда является газовый разряд. Поскольку импульсы тока разряда наблюдаются в широком интервале давлений окружающей газовой среды p , то, исходя из известного закона Пашена [9], устанавливающего зависимость между напряжением пробоя и произведением pd (d — разряд промежутка), можно утверждать, что при разных давлениях происходит разряд с участков поверхности с разными значениями электрического потенциала. Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют о том, что электрофизическая гетерогенность поверхности приводит к зарядовой гетерогенности.

Следует отметить, что знание величин давления в точках, соответствующих импульсам разрядов, а также соответствующих величин тока разряда, позволяет оценить не только величины потенциала (и соответственно плотности электризации) эквипотенциальных участков поверхности, но и площади этих участков. Действительно, между каждым i -м заряженным участком поверхности и электродом обрзуетя плоский конденсатор емкости C_i , равный

$$C_i = \epsilon_0 \epsilon S_i / U_i, \quad (1)$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная, ϵ — электрическая проницаемость среды, S_i — площадь участка.

С другой стороны, емкость C_i равна

$$C_i = Q_i / U_i = \epsilon_i S_i / U_i, \quad (2)$$

где Q_i — заряд участка поверхности S_i , U_i — разность потенциалов между электродом и участком, ϵ_i — плотность заряда на участке S_i . В момент разряда ток разряда равен

$$J_i = Q_i / \tau_n, \quad (3)$$

где $\tau_n = RC$ — постоянная времени регистрирующего прибора, имеющего сопротивление R и емкость C .

Из выражений (1, 2, 3) следует, что

$$S_i = J_i \tau_n d / \epsilon_0 \epsilon U_i, \quad (4)$$

а

$$\epsilon_i = \epsilon_0 \epsilon U_i / d. \quad (5)$$

i	p_i , Тор	U_i , В	J_i , А	S_i , мкм ²	Q_i , Кл
1	118	1143	$9.4 \cdot 10^{-10}$	$1.4 \cdot 10^5$	$1.9 \cdot 10^{-11}$
2	71	900	$10 \cdot 10^{-10}$	$7.9 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-12}$
3	46.5	700	10^{-10}	$1.3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-12}$
4	13.5	400	$2.2 \cdot 10^{-11}$	$7.45 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^{-13}$
5	8.5	352	$2.8 \cdot 10^{-11}$	$1.6 \cdot 10^5$	$5.6 \cdot 10^{-13}$
6	7	348	$2 \cdot 10^{-11}$	$3.2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{-13}$
7	5	345	$1.2 \cdot 10^{-11}$	$2.52 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^{-13}$
				$\Sigma S_i = 1.18 \cdot 10^6$	$\Sigma Q_i = 2.47 \cdot 10^{-11}$

Поскольку величина U_i — разность потенциалов между обкладками в случае разряда равна пробойному напряжению для данного d и данного p_i , то она легко находится по кривой зависимости напряжения пробоя от величины pd (кривой Пашена).

Таким образом, фиксируя расстояние d между поверхностью и электродом, измеряя давление p_i , при котором происходит разряд i -го заряженного участка, а также ток, возникающий в процессе разряда. По формулам (4–5) можно определить величины зарядов и площади всех заряженных участков поверхности. Просуммировав все S_i можно определить, какая часть поверхности образца заряжена и до какой плотности. В качестве примера в таблице приведены результаты оценки электрической гетерогенности поверхности кристалла LiF, заряженного отрицательной коронной в воздухе.

Из приведенных в таблице результатов следует, что даже при специальном заряджении поверхность диэлектрика оказывается заряженной неоднородно.

Список литературы

- [1] Мецки М.С. Физика расщепления слюды. Иркутск, 1967. 260 с.
- [2] Мецки М.С., Перевертаев В.Ф., Голубь Л.М., Запков В.Т. В сб.: Механоэмиссия и механохимия твердых тел. Фрунзе, 1974. С. 149–154.
- [3] Дистлер Г.И., Власов В.П., Герасимов Ю.М. и др. Декорирование поверхности твердых тел. М., 1976. 112 с.
- [4] Арсланбеков В.А., Горбунова К.М., Каротеева В.И., Смуценко В.Я. // Изв. АН СССР. Сер. Неорганич. материалы. 1973. Т. 9. В. 12. С. 2120–2123.
- [5] Стриха В.И., Кильчицкая С.С. // ПТЭ. 1978. В. 3; Изв. вузов. Физика. 1968. В. 11.
- [6] Сакалаусас С.Ю., Добровольскис А.Т. // ПТЭ. 1978. В. 3. С. 165.

- [7] *Heinicke G.* Tribochemistry. Berlin. 1984. 496 p.
- [8] *Мик Дж., Крэгс Дж.* Электрический пробой в газах. М., 1960. 606 с.
- [9] *Капцов Н.А.* Электрические явления в газах и вакууме. М.; Л., 1947. 807 с.

Институт физической
химии
Москва

Поступило в Редакцию
13 марта 1994 г.
