

## О ПРИРОДЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

*Г. А. Воробьев, В. Д. Кучин*

(Представлено профессором, доктором А. А. Воробьевым)

В некоторых работах [1, 2] указывается, что при пробое на постоянном напряжении получены более высокие значения электрической прочности кристаллов щелочногалогидных солей по сравнению с прочностью на импульсах. В наших опытах [3, 4] также получено повышение электрической прочности NaCl, KCl, KBr и KI при экспозиции  $10^{-5}$  сек и больше по сравнению с электрической прочностью этих же монокристаллов при экспозиции  $10^{-6}$  сек. Повышение электрической прочности ионных кристаллов при увеличении длительности воздействия напряжения объясняется влиянием образующегося объемного заряда. Имеются различные объяснения действия объемного заряда на электрическую прочность ионных кристаллов.

Иоффе и др. [5] считают, что объемный заряд в диэлектрике создает поле, направленное противоположно приложенному. При этом средняя напряженность поля в диэлектрике уменьшается, что должно привести к повышению электрической прочности.

Хиппель и Алжер [6] полагают, что в ионных кристаллах имеют место два вида объемных зарядов: электронный при временах больше  $10^{-7}$  сек и ионный при временах свыше  $10^{-4}$  сек. Каждый из этих объемных зарядов в отдельности вызывает снижение электрической прочности. Если в диэлектрике образовались оба вида объемных зарядов (при экспозиции более  $10^{-4}$  сек), то их влияния компенсируются, и полученная в таких условиях электрическая прочность соответствует истинной.

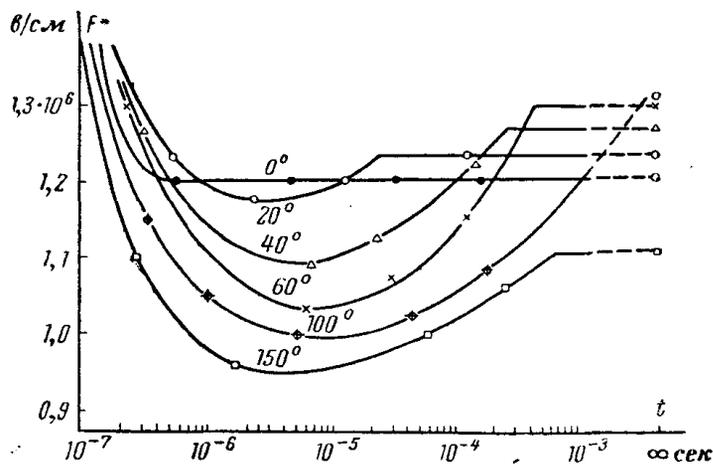
Инуиши и Суита [2] предлагают следующее объяснение действия объемного заряда. В области диэлектрика, прилегающей к катоду, имеются микротрещины, на границах которых должны быть высокие напряженности электрического поля, что вызывает интенсивный выход электронов из электродов в диэлектрик. Эти электроны захватываются в узлах кристаллической решетки и образуют отрицательный объемный заряд, который будет препятствовать выходу электронов из катода и, таким образом, должен повышать электрическую прочность.

Фаулер [7] считает, что положительный объемный заряд, располагаясь у катода, облегчает вырывание электронов из электрода, что должно привести к снижению электрической прочности. Однако такое снижение электрической прочности наблюдалось только для кальцита [8, 9], где объемный заряд сосредоточен в приэлектродных слоях.

На влияние объемных зарядов на электрическую прочность ионных кристаллов указывает тот экспериментальный факт, что электрическая прочность при одновременном воздействии постоянного и импульсного напряжений одноименной полярности больше, чем при измерении только на импульсном напряжении [1, 2]. Мы считаем, что в ионных кристаллах объемный заряд образуется за счет продвижения ионов к одному из электродов.

В работе [3] приводится небольшой расчет. Известно, что подвижность электронов в воздухе в 1 000 раз больше подвижности ионов. Если принять такое же соотношение для каменной соли и учесть, что время формирования разряда (электронный процесс) в исследуемых образцах каменной соли порядка  $10^{-8}$  сек [3], то время формирования ионного объемного заряда при условии прохождения ионов через толщу образца должно составить  $10^{-5}$  сек. При этом времени, по нашим данным, начинается влияние объемного заряда.

Предположение об ионной природе образования объемного заряда также находит некоторое подтверждение в дополнительных экспериментальных данных (рисунок). На рисунке представлены зависимости



Временные зависимости электрической прочности каменной соли, пробитой в однородном поле при различных температурах.

электрической прочности каменной соли от экспозиции при различных температурах. С повышением температуры ионы легче срываются со своих мест, что должно увеличивать концентрацию объемного заряда и, следовательно, электрическую прочность. С другой стороны, с повышением температуры более легко должно происходить рассасывание объемного заряда, что должно вести к снижению электрической прочности. Данные рисунка показывают, что с повышением температуры растет влияние объемного заряда на электрическую прочность, а затем уменьшается ( $150^{\circ}\text{C}$ ). Видимо, при температурах до  $100^{\circ}\text{C}$  преобладал первый фактор (увеличение числа сорванных ионов), при температуре  $150^{\circ}\text{C}$  — второй фактор (рассасывание объемного заряда).

Авторы выражают свою искреннюю благодарность профессору, доктору А. А. Воробьеву за научное руководство.

#### Литература

1. Завадовская Е. К., Изв. ТПИ, **63**, 127, 1944.
2. Inuishi Y. and Suita T., J. Inst. El. Eng. Japan, **74**, 150, 1954.
3. Воробьев Г. А., ЖЭТФ, **30**, 257, 1956.
4. Кучин В. Д., Доклад на Всесоюзной конференции по физическим свойствам твердых и жидких диэлектриков, Днепропетровск, 1956.
5. Иоффе А. Ф., Физика кристаллов, Госиздат, 1929.
6. Hippel A. and Alger R. S., Phys. Rev., **76**, 127, 1949.
7. Fauler K., Proc. Roy. Soc., **A141**, 56, 1933.
8. Вендерович А. М. и Воробьев А. А., Влияние сосредоточенного объемного заряда на электрическую прочность, Труды Сиб. ФТИ, **4**, 15, 1936.
9. Завадовская Е. К., Электрический пробой поляризованных твердых диэлектриков, Изв. ТПИ, **63**, 136, 1944.