

## ВЛИЯНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДА НА ФОРМУ ПОВЕРХНОСТНОГО РАЗРЯДА

ABSTRACT: The physical processes of self-maintained atmospheric discharge between non-metallic electrodes, one of each is liquid dielectric barrier, have been investigated.

Самостоятельный разряд между неметаллическими электродами, происходящий при атмосферном давлении, является весьма интересным физическим объектом. Для изучения процессов, происходящих в подобных разрядах, мы использовали в качестве электродов растворы солей некоторых металлов (NaCl, CuSO<sub>4</sub>), водопроводную воду и твёрдый диэлектрик. При прикладывании к электродам переменного напряжения в воздухе (газе) возникает электрическое поле, определяемое приложенным к электродам напряжением. В диэлектрике почти весь ток переносится током смещения, а в газовом зазоре – как током смещения, так и током проводимости. Ток проводимости обеспечивается наличием ионизированных каналов – стримеров шириной до 0.1 мм, хаотично пробивающих воздушный зазор. Стримеры образуются из электронных лавин, имеющих концентрацию электронов в головке  $\sim 10^{12}$  см<sup>-3</sup>, при этом  $\alpha(E_0)d \approx 18-20$ , где  $\alpha(E_0)$  - коэффициент ионизации,  $E_0$  – величина внешнего электрического поля,  $d$  - газовый зазор. Напряженность электрического поля у поверхности головки достигает величины  $\sim 10^7-10^8$  В/см [1]. Под воздействием электрического поля высокой напряжённости, помимо возникновения разряда, происходит распыление водяного электрода. Поляризованные микрокапли отрываются от поверхности капли и вносятся в область стримера. Характерный размер микрокапель составляет величину не большую, чем характерный размер головки стримера. Таким образом разряд протекает в смеси воздуха и паров жидкости, экстрагированной из жидкого электрода. Оценим величину электрического поля, при которой возможен отрыв микрокапли. Запишем равенство силы поверхностного натяжения, удерживающую каплю и электростатической силы:

$$2\pi r\gamma = \sigma' \pi r^2 E,$$

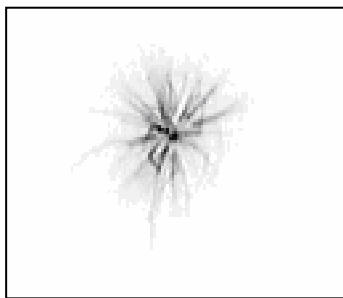
где  $\gamma$  - коэффициент поверхностного натяжения,  $\sigma'$  - поверхностная плотность зарядов,  $E$  - напряжённость электрического поля,  $r$  - радиус капли.

$$\sigma' = \rho = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 E,$$

где  $\rho$  - вектор поляризации,  $\gamma = 7.3 \cdot 10$  Н/м,

$$\sigma' E r = 2\gamma, (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 E r^2 = 2\gamma E = \sqrt{\frac{2\gamma}{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 r}} \approx 10^8, \text{ В/см.}$$

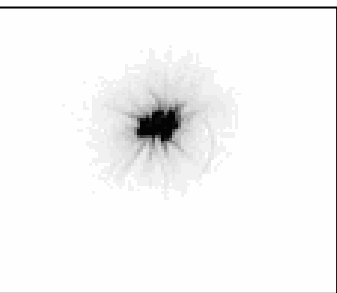
Таким образом выяснили, что отрыв капли возможен, если электрическое поле у поверхности головки стримера достигает величины  $10^8$  В/см.



При различных концентрациях примесей наблюдаются два вида разряда. Стример начинает развиваться из той точки поверхности капли, где напряженность электрического поля в данный момент времени максимальна и превышает пробойное значение. Следующая лавина будет развиваться только через время, когда плазма проводящего канала полностью или частично рекомбинирует. Это время можно оценить по формуле:

$$\tau_{рек} = 1/\gamma,$$

где  $\gamma$  - коэффициент рекомбинации,  $n$  - концентрация электронов. При атмосферном давлении  $\gamma=10^5$  см<sup>3</sup>/с [1],  $n \approx 10^{12}$  см<sup>-3</sup>,  $\tau_{рек}=100$  нсек. [2]. Прямые осциллографические измерения показали, что  $\tau_{рек}=50-100$  нсек. За время развития лавины в точке на поверхности капли, где она начала образовываться, возникает поверхностный заряд. После окончания протекания тока он начинает рассасываться.



При  $\tau_{рас} > \tau_{рек}$  каждый последующий стример развивается из другой точки поверхности капли, чем предыдущий.

Рис. 2

Стримеры образуются практически со всей

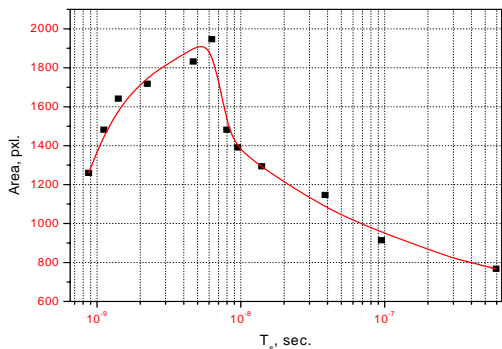
поверхности капли. Картина свечения на поверхности диэлектрика характеризуется достаточно густым распределением стримеров, рис. 1. Здесь незначительное повышение концентрации ионов в жидкости приводит к увеличению тока проводимости, то есть к увеличению общего числа стримеров, а следовательно и к увеличению площади разряда.

При  $\tau_{рас} < \tau_{рек}$  - заряд на поверхности капли рассасывается за время существования плазменного канала. Большая часть стримеров развивается с вершины капли. Происходит образование плазменного столба из слившихся

стримеров, локализованных в одном и том же месте. Наблюдается уменьшение общей площади разряда, рис. 2.

Существует зависимость площади свечения поверхностного разряда от концентрации примеси в жидкости. Поскольку  $\tau_{рас}$  зависит от концентрации примеси посредством соотношения  $\tau_{рас} = 2\epsilon\epsilon_0\rho$ , где  $\rho$  - удельное сопротивление жидкости, то имеет смысл рассматривать не зависимость  $S(n)$ , а зависимость  $\tau_{рас}(S)$ . Итак, на рис. 3 представлен график соответствующей зависимости. Отсюда следует, что возбуждение той или иной формы разряда определяется временем рассасывания поверхностного заряда.

Рис. 3



#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Н.Н.Кошкин, М.Г.Ширкевич. Справочник по экспериментальной физике.- М. Наука. 1980.
2. Митчнер М., Кругер Ч. Частично ионизованные газы.- М. Мир. 1976.
3. Филиппов Д.Н. Дипл. раб. «Экспресс-анализ концентрации примесей в воде методом ГРВ». 2006.

