

Длина стримера поверхностного барьерного разряда

С.И. Сергеев, В.Р. Соловьёв

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Интенсивное исследование поверхностного барьерного разряда (ПБР) началось около 10 лет назад в связи с перспективностью его использования для управления ламинарно-турбулентным переходом и положением зон отрыва течения в аэродинамических приложениях.

При положительной полярности высоковольтного электрода поверхностный барьерный разряд в атмосферном воздухе имеет четко выраженную стримерную структуру. Для исследования физических закономерностей развития этого типа разряда лучше всего подходят эксперименты по его возбуждению импульсом напряжения длительностью порядка характерного времени развития разряда, составляющего при атмосферном давлении несколько десятков наносекунд. Данные эксперименты [1] показывают, что при потенциале высоковольтного электрода  $V_0=6-10$  кВ длина стримера ПБР составляет всего 4-5 мм.

Проведено численное моделирование развития ПБР для условий эксперимента, когда разряд инициировался импульсом напряжения. Задача решалась в диффузионно-дрейфовом приближении уравнений переноса заряженных частиц, электронов и ионов, дополненных уравнением Пуассона для потенциала самосогласованного электрического поля. Постановка задачи двумерная. Начальный этап развития стримеров хорошо моделируется численно и результаты расчета динамики длины зоны разряда совпадают с данными эксперимента. Далее, в эксперименте разряд останавливается на длине примерно  $x \approx 5$  мм, а в расчёте продолжает двигаться далее до конца расчётной области без видимых признаков скорой остановки (рис.1).

Сделано предположение, что «смоделированный» разряд не останавливается вследствие бесконечно быстрой подпитки энергией высоковольтного электрода в случае поддержания на нем постоянного потенциала  $V_0 = const$ . В реальности, скорее всего, происходит падение напряжения на электроде, т. к. внешний источник не успевает поддерживать потенциал электрода после начала развития стримера.

Для проверки этой гипотезы сначала была проведена серия расчетов с постоянным потенциалом  $V_0$  для различных значений  $V_0$  от 1.8 до 6 кВ. Установлено, что в случае использования диэлектрика толщиной 0.1 мм с относительной диэлектрической проницаемостью 3 пороговым напряжением развития разряда в атмосферном воздухе является напряжение 1.8 кВ. При всех напряжениях выше порогового разряд движется без каких-либо признаков остановки, а при пороговом напряжении не происходит даже образования стримера.

После этого было проведено моделирование развития стримера с убывающим во времени потенциалом электрода  $V_0 = V(t)$ . Результаты показали (рис.2), что разряд останавливается, только когда потенциал электрода опускается до порогового значения. Таким образом, выполненные расчеты показывают, что причиной быстрой, на временах порядка 10 нс, остановки стримерного ПБР может быть падение потенциала электрода в ходе развития стримера, если только потенциал электрода опустится ниже порогового значения. Если потенциал остается выше порогового, то стример продолжает движение, хотя и со скоростью много меньшей начальной.

Следующим шагом исследования будет установление обратной связи между развитием стримера и снижением потенциала электрода и проведение моделирования развития стримера при наличии такой обратной связи для условий существующих экспериментов.

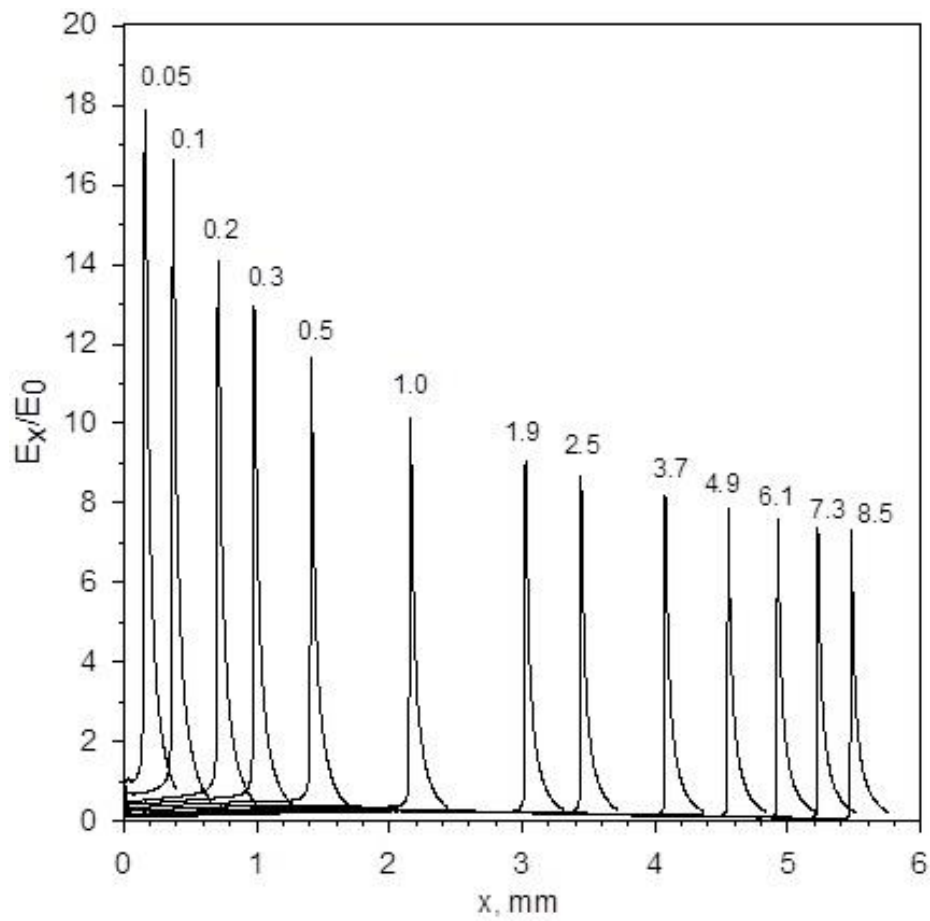


Рис. 1 Распределение обезразмеренного электрического поля при  $y = const$  вблизи оси стримера в различные моменты времени для  $V_0 = 6$  кВ.

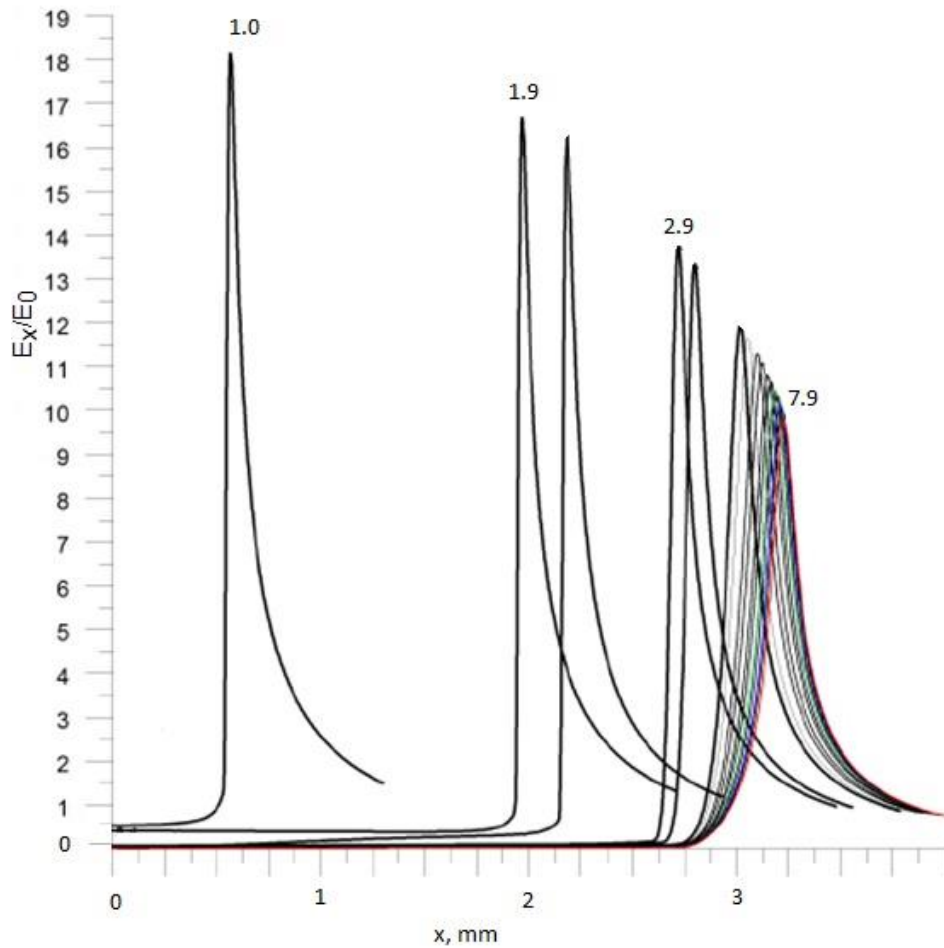


Рис. 2 Распределение обезразмеренного электрического поля при  $y = const$  вблизи оси стримера в различные моменты времени для  $V_0 = V(t)$ ,  $V(0)=6$  кВ.

#### Литература

1. А.Ю. Starikovskii, А.А. Nikipelov, М.М. Nudnova, D.V. Roupasov, Plasma Sources Sci. Technol. **18**, 034015 (2009).