

**СМЕНА МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ КОРОННОГО РАЗРЯДА
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ОСТРИЕ***

А.В. Козырев, А.О. Коковин, В.Ю. Кожевников, В.Ф. Тарасенко

*Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия***Ключевые слова:** *коронный разряд, механизм формирования разряда, отрицательное острие, лавина, стример.*

Коронный разряд является спутником высокого напряжения, подаваемого на электроды или уединенные острия, которые имеют малый радиус кривизны [1, 2]. При достижении критической величины приведенного электрического поля $E_{кр}/N$ ($E/N \approx U/Nd$, где U – напряжение на локальной области у острия, N – концентрация молекул газа, d – длина области с усиленным электрическим полем) в локальной области вблизи вершины острия начинается лавинное размножение заряженных частиц, сопровождающееся возбуждением молекул и свечением газа, а в цепи разряда начинает протекать ток как в импульсном, так и стационарном режиме [1–12]. Режим инициирования и поддержания коронного разряда, а также его возможный последующий переход в тлеющий или искровой разряды, зависят от нескольких факторов: полярности электрода с малым радиусом кривизны (острия), уровня и скорости роста подаваемого напряжения, давления и сорта газа. Механизм развития коронного разряда в работах [1–4] связывается с образованием стримеров.

При отрицательной полярности острия формируются хорошо известные импульсы Тричела [10], появление которых объясняется как развитием большого числа лавин [11], так и формированием стримера [1–7]. Причем в работах [3, 4] предполагалось, что импульсы Тричела связаны с развитием катодонаправленного стримера около острия. В нашей работе [11] показано, что при медленной скорости нарастания напряжения на промежутке острие – плоскость (≈ 0.16 В/нс) механизм их генерации в воздухе обусловлен быстрым ростом концентрации электронов на малых расстояниях от вершины острия (десятки микрометров) за счет развития большого числа лавин. Спад тока короны в импульсах Тричела обусловлен уходом электронов в область пониженного электрического поля, их прилипанием к молекулам кислорода и экранировкой сильного поля зарядом отрицательных ионов [1–11]. При высоких скоростях роста напряжения на промежутке формируются стримеры шаровой формы, которые не успевают переключиться весь промежуток, и в цепи регистрируется лишь единичный импульс тока, который уже нельзя называть импульсом Тричела. Малая пространственная область и короткие длительности газоразрядных процессов создают очень большие сложности для экспериментальной диагностики быстропротекающих процессов, поэтому использование математического моделирования является обязательным для выявления тонких особенностей развития коронного разряда.

Соответственно, целью данной работы является математическое моделирование условий перехода от режима коронного разряда с импульсами Тричела к стримерному (одноимпульсному) режиму пробоя промежутка острие – плоскость в воздухе атмосферного давления при отрицательной полярности острия.

Моделирование процессов при инициировании коронного разряда осуществлялось с помощью теоретической модели [12], описывающей коронный разряд в искусственном воздухе ($N_2:O_2 = 4:1$). Теоретическая модель включала уравнения Пуассона для расчета электрического поля и Кирхгофа для электрической цепи разряда, а также систему уравнений для диффузионно-дрейфовой кинетики плазменных частиц. Были учтены 19 основных плазмохимических реакций (реакции ионизации, электрон- и ион-ионной рекомбинации, диссоциации молекул, электронного прилипания и отлипания, ион-ионной конверсии и перезарядки), в которых участвуют 9 сортов нейтральных и заряженных частиц (e , O, N, N_2 , O_2 , N_2^+ , O_2^+ , O_4^+ , O_2^-). Для представленных ниже расчетов модель [12] была нами существенно улучшена в плане оптимизации вычислительных алгоритмов, что позволило корректно считать электродинамические и плазмохимические процессы с субпикосекундным временным разрешением.

Результаты расчетов для промежутка острие – плоскость с межэлектродным зазором 8.5 мм и радиусом кривизны острия 75 мкм приведены на рис. 1 и 2. Напряжение источника 30 кВ включалось в цепь последовательно соединенного балластного сопротивления R и разрядного промежутка, параллельно которому была включена емкость 100 пФ. Балластное сопротивление контролировало уровень тока разряда и режим его формирования. В работе [11] описан слаботочный режим с $R = 18$ МОм, а здесь за счет уменьшения R до 1 МОм и 100 кОм скорость роста напряжения на промежутке была 0.3 и 3.0 В/нс соответственно.

Рис. 1, а демонстрирует режим разряда, при котором амплитуда первого импульса Тричела в несколько раз больше, чем второго. Запаздывание его появления по сравнению с данными слаботочного режима из работы [11] уменьшилось с ~ 70 до ~ 4 мкс, а амплитуда импульса тока выросла в ≈ 4 раза. Протекание тока

* Данное исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00137.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>