

УДК 533.9

Ю. В. Маношкин

Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)  
141700, Россия, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9 E-mail: manosh@falt.ru

## СКОЛЬЗЯЩИЙ КОРОННЫЙ РАЗРЯД ПРИ МАЛЫХ РАЗРЯДНЫХ ПРОМЕЖУТКАХ

*Представлены результаты исследования стабилизированного скользящего коронного разряда (SCD) в воздухе при небольших (менее 2-х мм) разрядных промежутках. Стабилизация SCD обеспечивается за счет некоронирующего составного электрода из плохопроводящего материала и металла. В качестве коронирующего электрода использована игла из нержавеющей стали с диаметром кончика  $d = 80$  мкм. Разрядные промежутки в интервале 0,5 – 2 мм. Исследовались вольтамперные характеристики (VAC), электрический ветер (EW), оптические пространственные и временные параметры SCD. Микрофотографии SCD показали, что положительный SCD имеет вид тонкого шнура, создающего максимальный EW не более 6 м/с. Отрицательный SCD имеет диффузный характер и создает EW примерно на порядок меньше.*

СКОЛЬЗЯЩИЙ КОРОННЫЙ РАЗРЯД, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВЕТЕР, ЦИФРОВАЯ МИКРОФОТОГРАФИЯ

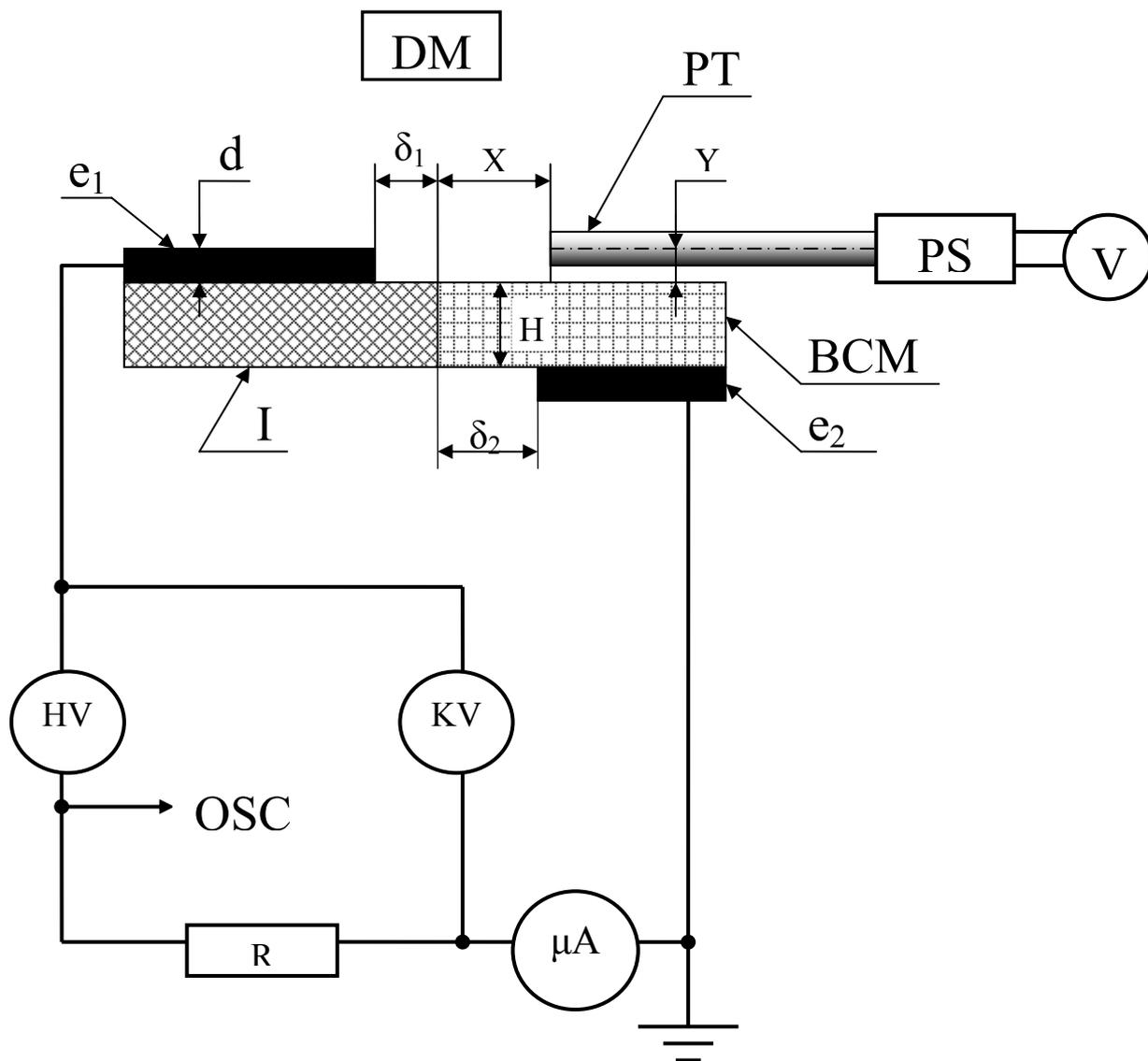
### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время интенсивно исследуются электроразрядные устройства (актюаторы), влияющие на параметры течения, с использованием диэлектрического барьерного разряда (DBD) и SCD [1]. DBD управляется переменным напряжением с амплитудой до 10кВ и частотой в интервале 1-20 кГц. В SCD использовались напряжения до 30 кВ. В обоих типах разрядов присутствуют гидродинамические и электрические неустойчивости токовых шнуров, природа которых исследована недостаточно. Это обстоятельство не позволяет оптимизировать электромеханические параметры актюатора.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И РЕЗУЛЬТАТЫ

В данной работе приведены результаты исследования актюатора, основанного на SCD с малым (менее 2 мм) разрядным промежутком. Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Разряд формируется вблизи поверхности, образованной пластинами из изолятора (I) и плохопроводящего материала (BCM), на которых установлены коронирующий (e1) и некоронирующий (e2) электроды. Благодаря использованию объемного сопротивления BCM возможно реализовать SCD при малых разрядных промежутках  $\delta_1$  [2]. В таком разряде образуется струя воздуха (электрический или ионный ветер - EW), направленная вдоль поверхности, скорость которой измеряется с помощью трубки Пито (PT) и датчика давления (PS). Пространственные характеристики разряда исследуются с помощью цифрового микроскопа (DM), временные характеристики – с

помощью осциллографа (OSC). Основными параметрами актюатора являются: вольтамперные характеристики (VAC) разряда, временные характеристики, измеряемые с помощью измерительного сопротивления (R) и осциллографа (OSC), EW (его величина и распределение в пространстве). Эти характеристики исследовались при различных конфигурациях коронирующего и некоронирующего электродов ( на рис. 1 показаны условно), различных длинах разрядного промежутка ( $\delta_1$ ) в спокойной атмосфере (без потока), при стандартных лабораторных условиях: давление 1 атм, температура 18-22°C, влажность 35-40%.



PT – трубка Пито; PS – датчик давления; DM – цифровой микроскоп;  $e_1$ ;  $e_2$  – металлические электроды; BCM – плохопроводящая пластина; I – изолятор; HV – высоковольтный источник, KV – киловольтметр,  $\mu A$  – микроамперметр; OSC – к осциллографу; R – измерительное сопротивление.

$d$  - толщина коронирующего электрода;  $Y$  – высота оси трубки Пито над плоскостью;  $H$  – толщина пластины BCM;  $\delta_1$ ;  $\delta_2$ ;  $X$  – расстояния от границы разделов между BCM и I до электродов  $e_1$ ,  $e_2$  и трубкой Пито, соответственно

Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки:

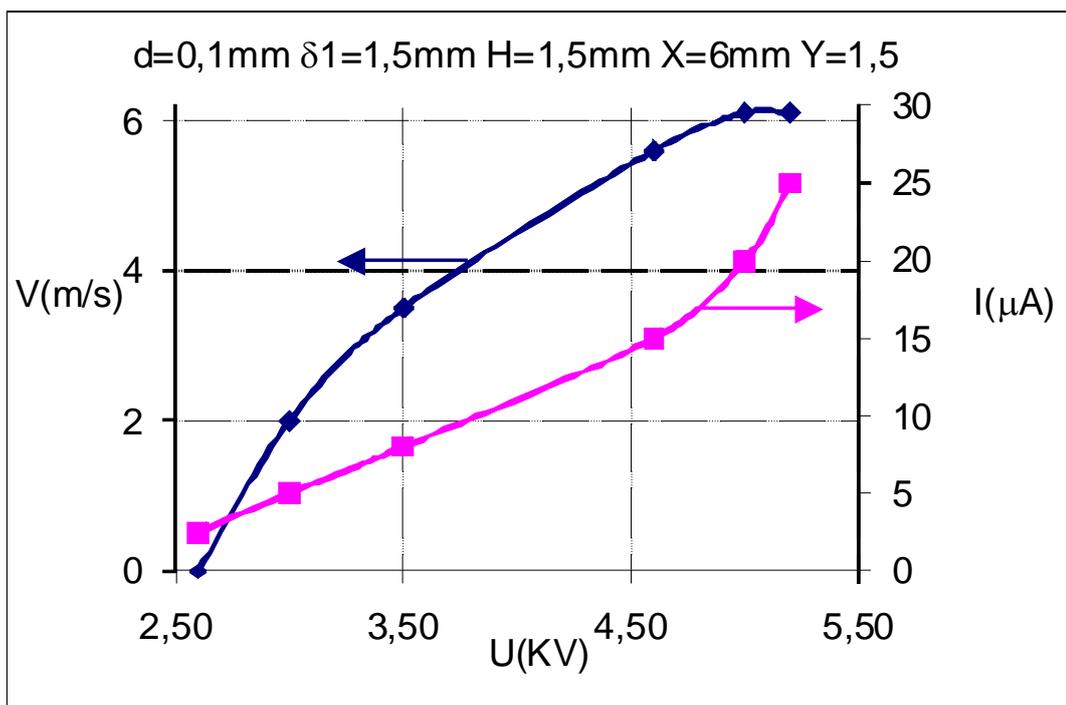


Рис. 2. Типичные экспериментальные зависимости VAC и EW для положительного SCD

Типичные микрофотографии SCD приведены на рис. 3.1-3.3. На рис 4 показан переход SCD в искровой режим. Параметры указаны в подписях к рисункам.

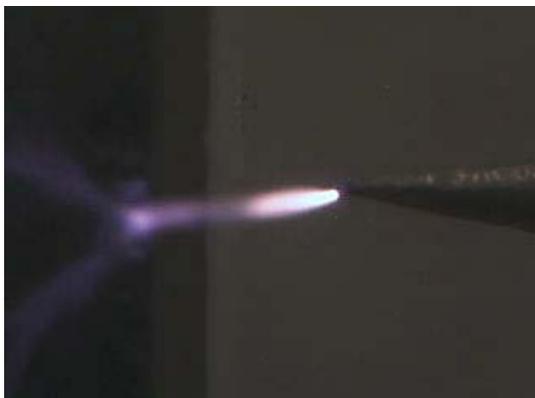


Рис. 3.1. 4.4 кВ, 50μA;  $\delta_1=1\text{mm}$  (+SCD)



Рис. 3.2. 3.4 кВ, 50μA;  $\delta_1=1\text{mm}$  (-SCD)



Рис. 3.3. 4.4 кВ, 50μA;  $\delta_1=1\text{mm}$  (+SCD)

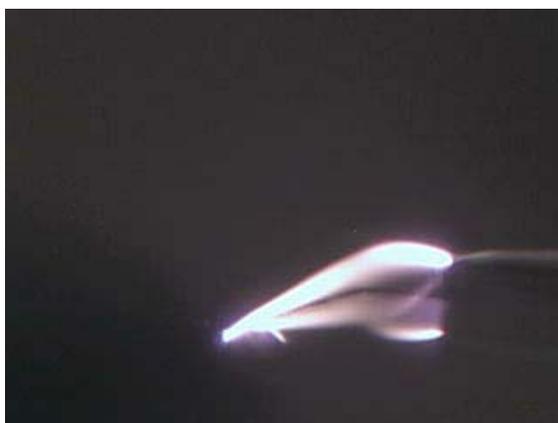


Рис. 4. 5.5 кВ, 200μA;  $\delta_1=1\text{mm}$  (+SCD)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований установлено:

1. Положительный SCD, также как и положительная фаза DBD, имеет нитевидную структуру с характерным диаметром нити около 100 мкм. В случае отрицательного SCD наблюдается диффузная структура разряда, расходящаяся от иглы в сторону некоронирующего электрода, на котором она имеет характерный размер порядка межэлектродного расстояния. Соответствующая плотность тока в отрицательном SCD меньше и поэтому отрицательный SCD переходит в искровую стадию при большем токе. В обоих случаях пространственная структура SCD изменяется при изменении рабочего напряжения, т.к. изменяется плотность поверхностного заряда на изоляторе, приводящая к отталкиванию тока разрядов от поверхности.
2. Положительный скользящий SCD, также как и в случае объемного КР, исследованного ранее [3], создает на порядок большую скорость EW по сравнению отрицательным SCD при примерно одинаковых электрических параметрах.
3. Максимальная скорость EW, полученная для положительного SCD при коронирующем электроде в виде иглы с диаметром скругления 80 мкм и разрядном промежутке  $\delta_1 = 1.5$  мм, составила 6-7 м/с при напряжении около 5 кВ и токе около 30 мкА.
4. Электромеханические параметры SCD превосходят соответствующие параметры DBD, что позволяет улучшить характеристики плазменных аэродинамических актюаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. E. Moreau Airflow control by non-thermal plasma actuators, Journal of Physics (D), 40, 2007, pp 605-636.
2. Ю.В. Маношкин Устройство для получения униполярного коронного разряда при малых межэлектродных расстояниях без прокачки газа. Патент РФ на полезную модель (11)99904, приоритет от 03.12.2009
3. Ю. В. Маношкин, И. Д. Симонов Электрический ветер коронного разряда в системе электродов игла-кольцо. Доклад на ОМИП 2009.

Yu. V. Manoshkin

*Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudniy, Moscow Region, 141700, Russia. E-mail: manosh@falt.ru*

### SLIDING CORONA DISCHARGE WITH SMALL DISCHARGE GAPS

*The results of investigations of stabilized corona discharge (SCD) in air with small (less than 2 mm) discharge gaps are presented. The stabilizations of SCD is made by using compound bad-conducting and metallic electrode. The other electrode from stainless steel needle with round tip's diameter  $d = 80 \mu\text{m}$  was used. The discharge gaps were between 0,5-2 mm. Volt-ampere characteristics (VAC), electric wind (EW), optical space and time parameters of SCD were investigated. Microphotos of discharge had shown that positive SCD had filament form which produced maximum EW no more than 6 m/s. Negative SCD had diffused form and produced EW approximately an order less than positive one.*

SLIDING CORONA DISCHARGE, ELECTRIC WIND, DIGITAL MICROPHOTO