

К устойчивости коронного разряда с много острым катодом в потоке аргона

Б. Б. Балданов

Отдел физических проблем при Президиуме Бурятского научного центра СО РАН
670047 Улан-Удэ, Россия
e-mail: baibat@mail.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований вольт-амперных характеристик коронного разряда с многоострым катодом в потоке аргона. Установлено, что регулируемые балластные сопротивления на коронирующих остриях многоострой отрицательной короны позволяют обеспечить устойчивый режим работы и однородность заполнения разрядного промежутка плазмой.

Переход импульсно-периодического режима отрицательной короны в режим тлеющего разряда атмосферного давления является объектом интенсивных исследований [1-3]. Повышенный интерес к изучению этого явления в настоящее время обусловлен возможностью использования тлеющего разряда атмосферного давления как нового перспективного источника неравновесной плазмы атмосферного давления [2,3].

Для создания тлеющего разряда атмосферного давления наибольшее распространение получила электродная система с коронирующими остриями и плоским анодом [1,6], которая характеризуется большой надежностью и виброустойчивостью по сравнению с протяженными проволочными системами. Реализация тлеющего разряда атмосферного давления требует использования специальных мер стабилизации отрицательной короны, что позволяет существенно отодвинуть токовую границу появления искры в электроотрицательном [1,2] и в электроположительном газе [4,5]. При этом в токовой области между известными формами разряда – короной и искрой – возникает новый вид разряда: диффузный тлеющий разряд при атмосферном давлении, создающий стационарную и однородную неравновесную плазму по всему объему межэлектродного промежутка. Данный способ генерации тлеющего разряда атмосферного давления позволяет реализовать в межэлектродном

промежутке высокие по сравнению с классической отрицательной короной в геометрии острие-плоскость, плотности тока $J \sim 10 \text{ mA/cm}^2$ и электрического поля $E/N \sim 75-100 \text{ Тд}$ (N – плотность газа) [1]. Уникальные свойства реализованного разряда стимулируют исследования на повышение эффективности работы газоразрядных устройств на основе тлеющего разряда атмосферного давления [7].

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния величины регулируемого индивидуального балластного сопротивления на коронирующих остриях на устойчивость многоострой отрицательной короны в потоке аргона.

Для исследования многоострой отрицательной короны в потоке аргона использована специальная электродная конструкция с однорядным многоострым катодом и плоским анодом (Рис. 1). В качестве острий использовались стальные иглы диаметром 2 mm, длиной конической части 4 mm и радиусом вершины острия 30 μm . Отдельно измерялся ток с каждого острия и суммарный ток с коронирующих острий. Исследования проводились в коротких сантиметровых межэлектродных промежутках d ($< 30 \text{ mm}$). Анод представляет собой стальную пластину площадью $12 \times 12 \text{ cm}^2$.

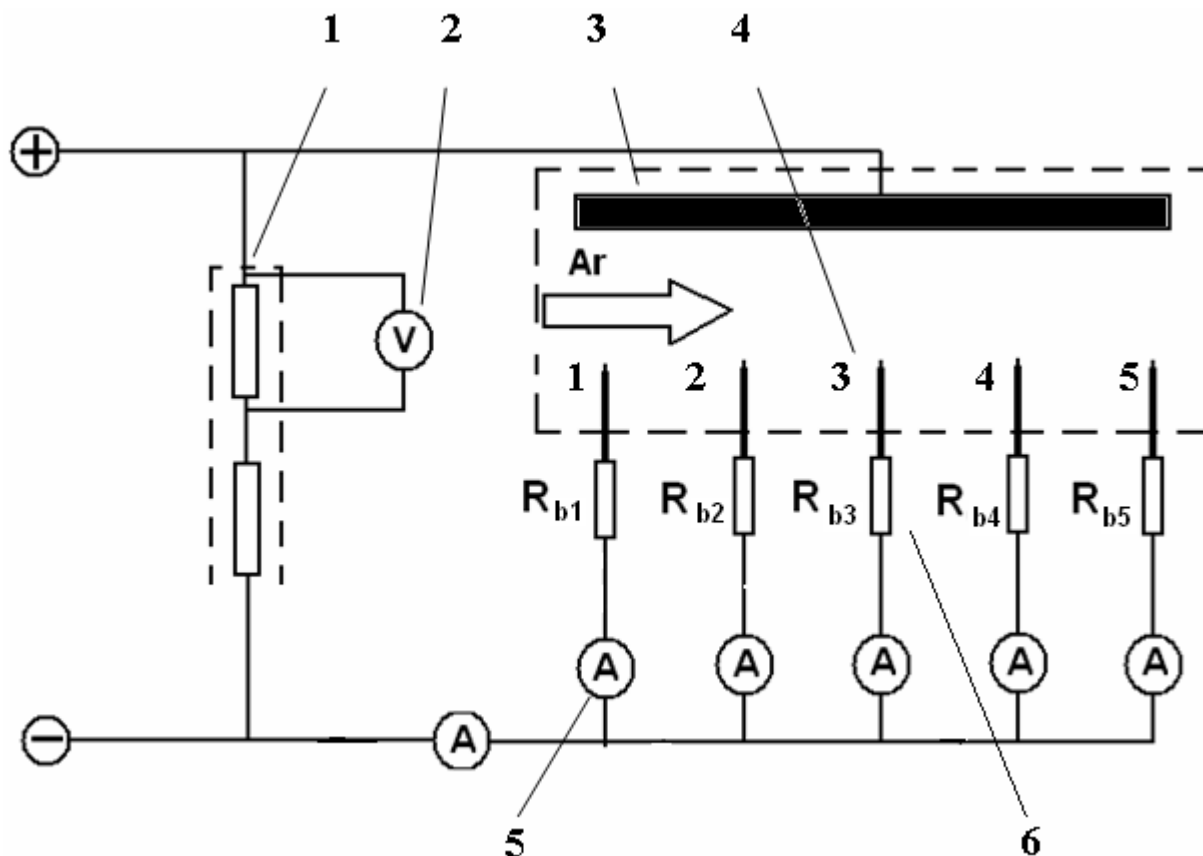


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.
 1 – высоковольтный делитель; 2 – вольтметр; 3 – анод; 4 – катодный узел; 5 – микроамперметр; 6 – балластные сопротивления.

Максимальное напряжение регулируемого высоковольтного источника ВС - 20 - 10 составляло 20 kV. Для стабилизации разряда использовалась методика, предложенная в работах [8], согласно которой каждое острие нагружалось регулируемым большим сопротивлением R_b ($>1 \text{ M}\Omega\text{m}$). Устойчивость разряда относительно перехода отрицательной короны в искровой пробой разрядного промежутка достигается также слабой прокачкой газа через разрядный промежуток. Расход аргона G измеряется с помощью ротаметра РМ - А - 0,16 ГУЗ до $5 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$.

Многоостристая отрицательная корона в атмосфере аргона зажигается в импульсно-периодическом режиме и характеризуется регулярными импульсами тока с длительностью лежащей в миллисекундном диапазоне [4,5], аналогичные импульсам Тричела в воздухе.

Типичные вольт-амперные характеристики отрицательной короны с одним и с тремя коронирующими остриями представлены на рис. 2. Как видно из представленных результатов, наличие коронирующих острий (2 и 4 на рис. 1.) с каждой стороны от центрального острия 3, приводит к увеличению токовой области существования коронного разряда, по сравнению с отрицательной короной в конфигурации электродов острие-плоскость. Предельные токи соответствуют искровой пробой разрядного промежутка. Варьирование балластных сопротивлений R_b на коронирующих остриях оказывает существенное влияние на параметры разряда (рис. 3). Для наглядности представления результатов на рис. 3 представлены токи со 2 и 3 острий, так как проведенные исследования показывают, что острия 2 и 4 работают в одинаковом режиме. При равных балластных сопротивлениях R_b на коронирующих остриях центральное острие 3 зажигается позже крайних острий 2 и 4, при

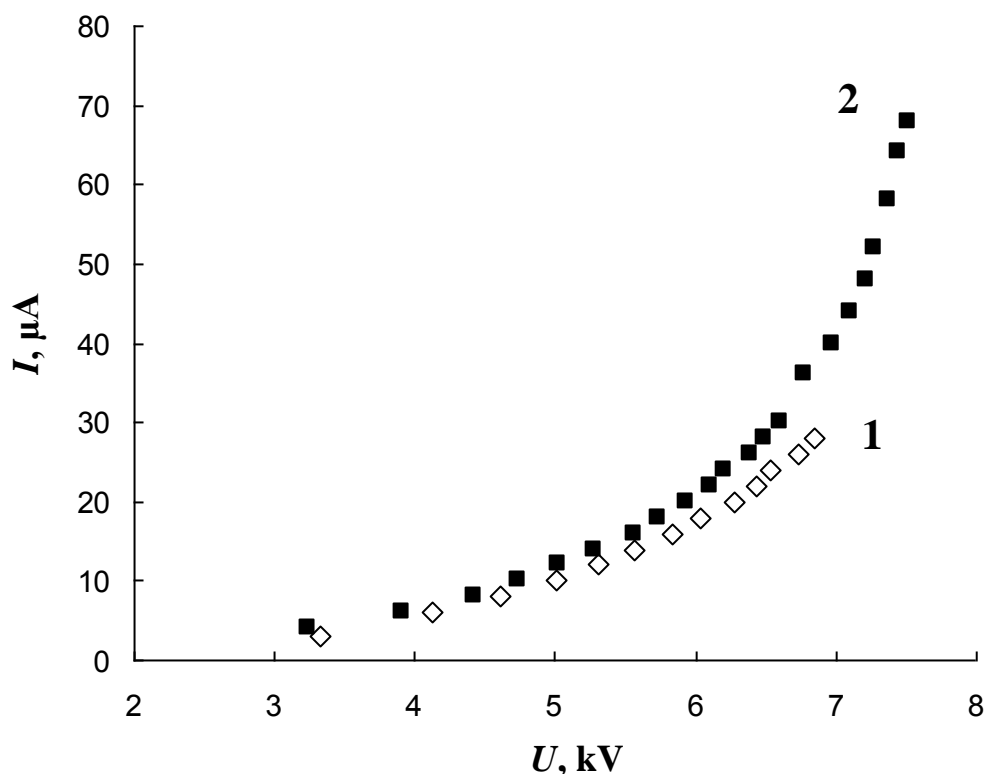


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика отрицательной короны. 1 – одно острие; 2 – три острия. Межэлектродное расстояние $d = 2$ см, расход аргона $G = 3 \times 10^{-5}$ kg/s, шаг расположения острий 6 мм; балластные сопротивления $R_b = 31$ МΩм.

дальнейшем увеличении напряжения U ток с центрального острия нарастает быстрее, чем на крайних остриях. Однако после выравнивания токов с острий разряд переходит в неустойчивый режим, при небольшом превышении тока с центрального острия над крайними остриями происходит искровой пробой разрядного промежутка. Увеличение балластных сопротивлений в 2,7 раза на крайних остриях (рис. 3) снижает величину тока, при котором выравниваются токи с коронирующих острий. Если при равных балластных сопротивлениях R_b суммарный ток, при котором выравниваются токи с острий равен $I \approx 42$ μA, а ток приходящийся на каждое острие $I_i \approx 12,5$ μA, то при увеличении R_b на крайних остриях: $I \approx 8$ μA, $I_i \approx 2,8$ μA. Как видно из рис. 3, при превышении тока с центрального острия над крайними остриями существенно снижается ток с крайних острий 2 и 4,

визуальная картина свечения показывает, что в свечении разряда начинает преобладать более яркое свечение центрального острия.

Однако характер протекания тока с коронирующих острий в многоостриевой отрицательной короне практически не влияет на форму вольт-амперной характеристики многоостриевой отрицательной короны, что согласуется с результатами [1]. Но как показывают результаты экспериментальных исследований, величина регулируемого индивидуального балластного сопротивления на коронирующих остриях существенно сказывается на устойчивости разряда и однородности заполнения разрядного промежутка плазмой.

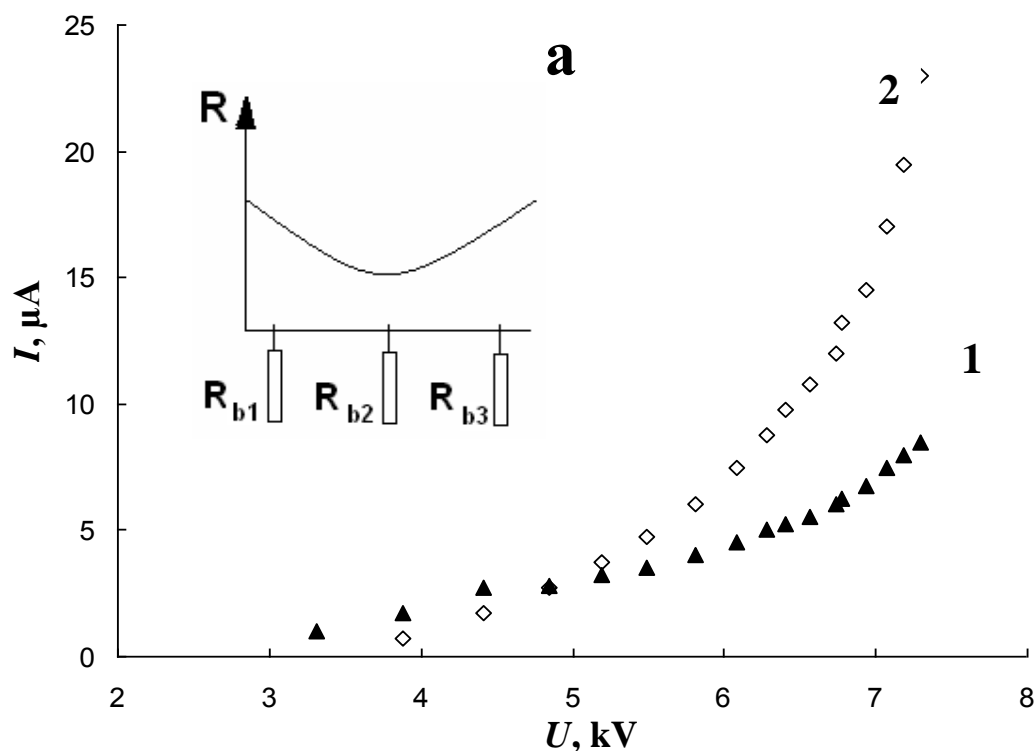


Рис. 3. Зависимость тока коронирующих острий в электродной системе с тремя остриями в зависимости от величины балластного сопротивления R_b . Межэлектродное расстояние $d = 2 \text{ cm}$; расход аргона $G = 3 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$.

Список литературы

- [1]. Акишев Ю.С., Грушин М.Е., Кочетов И.В., и др. // Физика плазмы. 2000. Т. 26. №2. С. 172-178.
- [2]. Акишев Ю.С., Апонин Г.И., Каральник В.Б., и др. // Физика плазмы. 2004. Т. 30. №9. С. 835-844.
- [3]. Афанасьев С.Б., Лавренко Д.С., Петрушенко И.Н., и др. // ЖТФ. 2008. Т. 78. Вып. 7. С. 30-34.
- [4]. Акишев Ю.С., Грушин М.Е., Каральник В.Б., Трушкин Н.И. // Физика плазмы. 2001. Т. 27. № 6. С. 550-562.
- [5]. Дандарон Г.-Н.Б., Балданов Б.Б. // Физика плазмы, 2007. Т. 33. № 3. С. 273-279.
- [6]. Козлов Б.А., Соловьев В.И. // ЖТФ. 2007. Т. 77. Вып. 7. С. 70-76.
- [7]. Смирнов С.А., Баранов Г.А. // ЖТФ. 2001. Т. 71. Вып. 7. С. 30-38.
- [8]. Акишев Ю.С., Дерюгин А.А., Каральник В.Б., и др. // Физика плазмы. 1994. Т. 20. № 6. С. 571-584.