

ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРА НА ФОРМУ И СТРУКТУРУ КОРОННОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Научно-образовательный центр "Электрофизика" физического факультета,
ул. Ульяновская, д.3, г. Санкт-Петербург, Петродворец, 198504, Россия,
stishkov@paloma.spbu.ru*

Введение

Барьерный разряд – высоковольтный нестационарный разряд, который горит в межэлектродном промежутке, где на пути разряда находится хотя бы один твердый (или жидкий) диэлектрический барьер. Характерные времена развития БР малы и не превышают микросекунды. Из-за того, что БР является комбинацией газового разряда и разряда вдоль поверхности диэлектрика, его изучение затруднено.

Диэлектрические барьеры используют для повышения пробивного напряжения в различных высоковольтных устройствах. Поэтому барьерный эффект требует разностороннего исследования: для постоянного, переменного, а также импульсного напряжений. Эта статья посвящена изучению влияния барьера, расположенного параллельно электроду-плоскости, на формы коронного разряда и пробивное напряжение промежутка в системе электродов игла-плоскость; исследованию зависимости процессов развития разряда для различных расстояний от иглы до барьера; а также исследованию механизмов влияния барьерной изоляции на развитие и протекание процессов в чехле разряда. Последнее включает в себя подробное исследование распределения заряда на поверхности диэлектрика.

Влияние барьера на формы коронного разряда постоянного напряжения

Рассматривается система электродов игла-плоскость, представленная на рис. 1. Форма иглы – параболоид вращения с максимальным диаметром 1,6 мм в основании и радиусом кривизны острия 0,1 мм. Барьером служит тонкий лист плексигласа, размещенный внутри разрядного промежутка.

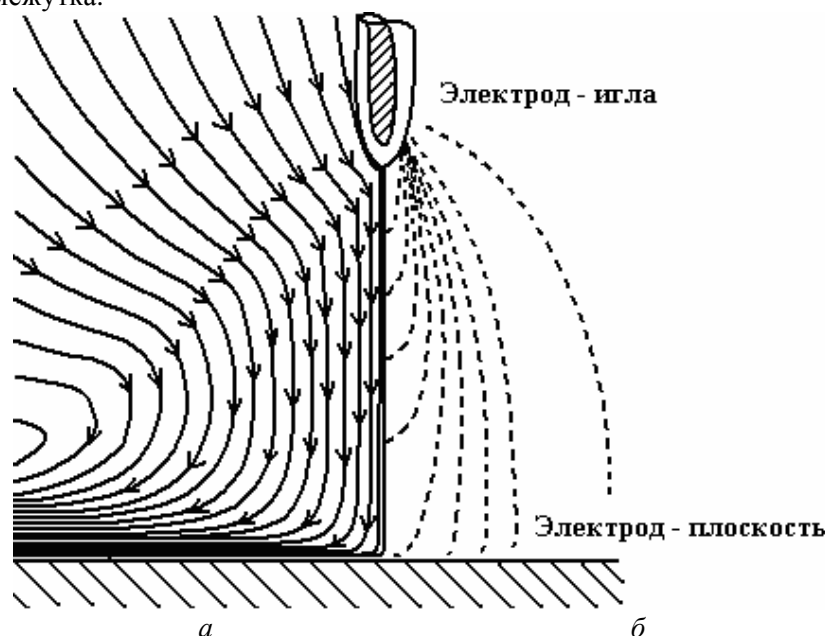


Рис. 1. Система электродов. Гидродинамические потоки (а); контурный график напряженности поля (б)

Введение барьера увеличивает электропрочность системы, не изменяя размера промежутка. Как будет видно далее, влияние барьера сильно зависит от расстояния от иглы до барьера (далее обозначенного как x). Весь межэлектродный промежуток можно разделить на 2 характерные зоны: зона чехла коронного разряда, или «ближняя зона», в которой идут процессы ионизации, и зона относительно слабой напряженности поля, «дальняя зона», в которой ионизация отсутствует, а ток осуществляется отрицательными ионами кислорода, возникающими в результате прилипания электронов к молекулам кислорода. Особенности и формы чехла короны при различных полярностях игольчатого электрода подробно описаны в [1]. Коронный разряд обычно сопровождается электрическим ветром [2], зависящим от структуры чехла короны. Схематически процессы изображены на рис. 1. Введение барьера в межэлектродный промежуток может существенно повлиять как на процессы в чехле коронного разряда, так и на процессы во внешней зоне. Это зависит от расположения барьера относительно игольчатого электрода.

При отрицательной полярности иглы: в случае, когда барьер располагается в зоне чехла коронного разряда (эта область составляет 0,5 мм от острия иглы), значительно повышается напряжение зажигания разряда с 5 кВ (при отсутствии барьера) до 27 кВ, и разрядные токи уменьшаются более чем на порядок. Форма чехла короны (рис. 2, слева, в верхнем ряду) существенно изменяется и приобретает специфический отраженный вид – приэлектродная область чехла КР отражается от диэлектрика под острым углом (рис. 2, сверху).

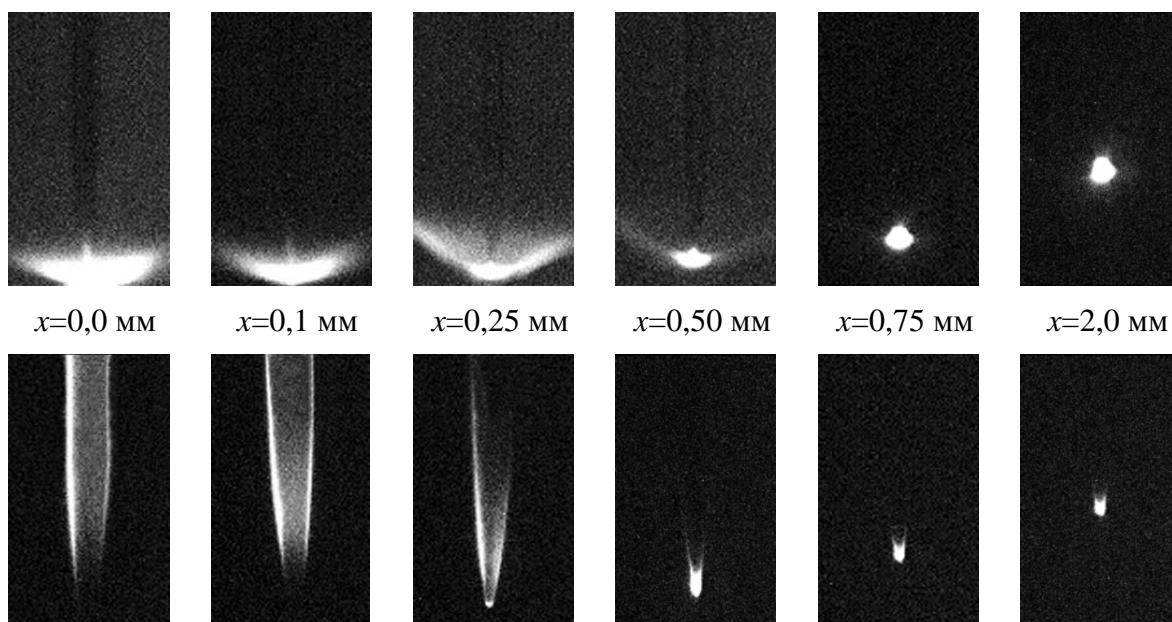


Рис. 2. Фотографии коронного разряда постоянного тока при различных расстояниях игла-барьер x ; виден электрод – игла, нижний край фотографии соответствует плоскости барьера, верхний ряд – отрицательная полярность иглы, нижний – положительная полярность иглы

Изменение формы становится понятным, если учесть влияние поверхностного заряда на барьере. На рис. 3 приведены результаты компьютерного моделирования электростатического поля с поверхностным зарядом на барьере, по результатам которого были вычислены траектории электронов, мигрирующие в воздухе по силовым линиям электрического поля [2].

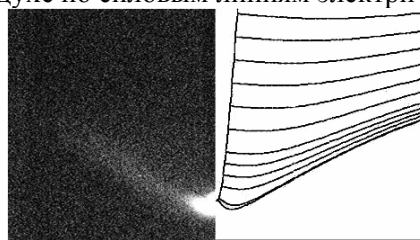


Рис. 3. Фотография коронного разряда постоянного тока при наличии барьера (слева) и расчетные силовые линии электрического поля при наличии поверхностного заряда на барьере (справа); расстояние от барьера до иглы 0,4 мм

Ввиду того, что свечение коронного разряда образуется как результат реакции возбуждения нейтральных молекул электронами, изменение формы чехла может быть объяснено

искажением траекторий движения электронов под действием поверхностного заряда, оседающего на барьере. Результаты моделирования показали, что при нанесении поверхностного заряда на барьер траектории электронов отражаются от поверхности барьера под острым углом, то есть повторяют форму свечения КР.

На рис. 2 видно, что форма чехла при положении барьера вне чехла в поле низкой напряженности практически совпадает со случаем коронного разряда в отсутствие барьера. Это говорит о том, что наличие барьера в области низкой напряженности слабо влияет на процессы в чехле коронного разряда. Барьер влияет на процессы в темной области, например на электрический ветер. Поверхность барьера по-прежнему накапливает заряд, но величина этого заряда недостаточна для того, чтобы существенно снизить поле вблизи коронирующего электрода. Однако заметно (в 2–3 раза) повышаются напряжение зажигания КР и напряжение пробоя.

Для положительного коронного разряда введение барьера приводит к уменьшению разрядного тока на порядок по сравнению с исходным случаем. На рис. 2 можно наблюдать изменение формы свечения барьерного разряда. Видно, что при расстоянии до барьера меньше 0,5 мм корона горит выше острия иглы и носит мелкоочаговую облегающую форму. При расстоянии x более чем 0,5 мм чехол короны смещается на кончик иглы и несколько вытянут в направлении барьера. Это объясняется тем, что с иглы на поверхности диэлектрика оседает заряд того же знака, что и поданное напряжение. Поверхностный заряд выравнивает электрическое поле вблизи кончика иглы (снижает напряженность), тем самым тормозит лавинные процессы. По этой же причине область высокой напряженности поля перемещается вверх по игле. При перемещении барьера из середины межэлектродного промежутка в область чехла напряжение зажигания короны увеличивается почти в 2,5 раза.

Визуализация и исследование поверхностного заряда

Для визуализации поверхностного заряда на поверхности твердого диэлектрического барьера был использован электрографический метод. Суть метода состоит в том, что визуализация происходит при помощи проявителя, в виде порошкового облачка, вдвухаемого в камеру, в которой помещен диэлектрический барьер, проработавший в эксперименте. Порошок притягивается к поверхности в местах, сохранивших поверхностный заряд, и таким образом появляется его изображение. Концентрация порошка оказывается пропорциональной плотности поверхностного заряда.

Исследования распределений поверхностного заряда проводились после нахождения диэлектрического барьера в межэлектродном промежутке, образованном системой электродов игла-плоскость. Барьером служила прямоугольная пластина из плексигласа размером 60 x 50 мм². Расстояние между активным электродом и барьером варьировалось, в то время как длина всего межэлектродного промежутка составляла 10 мм. Давление в экспериментальном сосуде атмосферное. Напряжение на иглу подавалось в виде полупилы со скоростью нарастания 5 кВ/с в течение 5 с.

Рассмотрим общую структуру поверхностного заряда при отрицательной полярности. В ходе начальных экспериментов на игольчатый электрод подавалось такое напряжение, чтобы напряженности поля хватило для начала микрозарядных процессов, но они не смогли бы привести к зажиганию стационарной формы разряда. Импульсы, предшествующие зажиганию стационарной формы разряда, обеспечивали достаточный поверхностный заряд, чтобы обеспечить прилипание проявителя. Каждый микрозаряд оставлял на поверхности барьера заряженный след радиусом порядка 0,1 мм. На рис. 6 можно легко различить отдельные ветви таких каналов. Далее эксперименты проводились со стационарно горящей короной. Как оказалось, поверхностный заряд накапливается на обеих сторонах диэлектрической пластины, далее поверхность, обращенную к чехлу короны, обозначим S1, а поверхность, обращенную к плоскому противоэлектроду, – S2. Это установлено экспериментом с барьером, изготовленным из двух пластинок плексигласа (см. рис. 4).

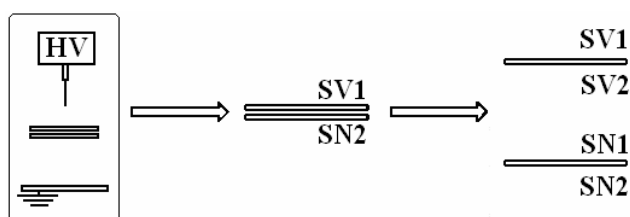


Рис. 4. Разделение барьера на две части после эксперимента

После обработки коронным разрядом барьер извлекается из установки и измеряется электрическое поле, наведенное поверхностным зарядом. Измерение поля проходит в два этапа: сначала, пока обе пластинки соединены друг с другом, измеряется поле на обеих сторонах барьера: SV1 и SN2; затем разделяем барьер на две составляющие и измеряем поле по обеим сторонам для каждой пластинки в отдельности: SV1, SV2 и SN1, SN2 (рис. 4).

В первом случае мы измеряем поле, наведенное зарядами с обеих сторон барьера. То есть вместо интересующего нас локального поля поверхностного заряда с одной стороны барьера мы измеряем интегральное поле, образованное зарядами, находящимися с обеих сторон. Во втором случае пластинки разносятся на расстояние, достаточное, чтобы исключить взаимное влияние полей обеих пластинок. Таким образом, мы имеем возможность измерить поле, создаваемое поверхностным зарядом каждой из сторон барьера в отдельности.

-		
+		

Рис. 5. Результаты эксперимента по измерению потенциала на барьерах после их разделения при разных полярностях электрода-иглы. Пластины соединены друг с другом (а); пластины разделены (б)

Результаты эксперимента сведены в таблицу, представленную на рис. 5. Эксперимент показал, что для обеих полярностей коронного разряда справедливо утверждение, что поверхностный заряд осаждается на обеих сторонах твердого диэлектрического барьера. Оба заряда (с обеих сторон барьера) имеют один порядок величины. На стороне, располагающейся ближе к высоковольтному электроду, осаждается заряд того же знака, что и полярность коронирующего электрода. Обратная сторона барьера покрыта зарядом противоположного знака. Это можно объяснить на примере отрицательного КР: электроны во время распространения лавины прилипают к молекулам кислорода, в результате чего образуются отрицательные ионы. При движении ионы встречают на своем пути механическую преграду в виде диэлектрического барьера. Таким образом, на стороне, ближней к активному электроду, напыляется одноименный с полярностью иглы заряд. Этот заряд инициирует лавинные процессы с противоположной стороны барьера. Головка внешней лавины продолжает продвигаться к аноду, порождая на своем пути электроны и положительные ионы. Последние под действием внешнего поля двигаются в сторону катода. Встречая на своем пути преграду в виде диэлектрика, ионы оседают на ней. Так на стороне, обращенной к плоскому электроду, появляется положительный поверхностный заряд. Таким образом, за нанесение поверхностного заряда на диэлектрик ответственны лавинные процессы. Каждой лавине соответствует единичный импульс тока, создающий поток отрицательных ионов, который неизбежно приходит на диэлектрик, где создает узоры на поверхности. Отдельные ветви древообразной структуры, по-видимому, соответствуют отдельным лавинам. На рис.6 приведены визуализированные структуры поверхностного заряда на диэлектрическом барьере, выдержанном в коронном разряде.

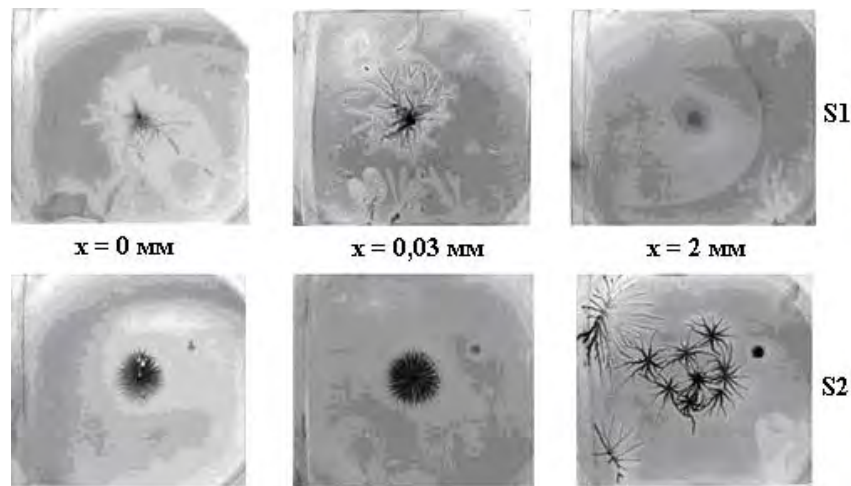


Рис. 6. Фотографии барьера при разных расстояниях игла-барьер x после визуализации, отрицательная полярность. S1 – поверхность, обращенная к игле; S2 – обратная сторона

Различные случаи соответствуют различным расстояниям от иглы до барьера. Из рис. 6 видно, что для расстояний 0 и 0,03 мм распределение поверхностного заряда по поверхности S1 имеет схожую древовидную структуру неправильной формы с центром под иглой. На поверхности, обращенной к плоскому электроду, также возникает похожая древовидная структура более правильной формы. Протяженность ветвей на поверхности S1 больше, чем на S2. Так как на фотографиях четко прослеживаются каналы распространения поверхностных лавин, то можно утверждать, что заряд на пластине появляется в результате распространения микрозарядов по поверхности диэлектрического барьера. Область более сильного почернения соответствует большей плотности объемного заряда.

Когда барьер находился в темной зоне на расстоянии 2 мм от иглы, то структура поверхностного заряда была иная. Структура поверхностного заряда на S1 однородна, а на поверхности S2 вместо одного центра ветвления появляется сразу несколько локальных центров, отстоящих от центральной оси системы.

Микрозарядная активность как причина появления поверхностного заряда

Отрицательная полярность, расстояние между электродами 10 мм, без барьера. При напряжении -1,7 кВ загорается коронный разряд, на острие иглы появляется свечение, на осциллограмме тока – импульсы. Их форма приведена на рис. 7: резкий передний фронт и медленный спад.

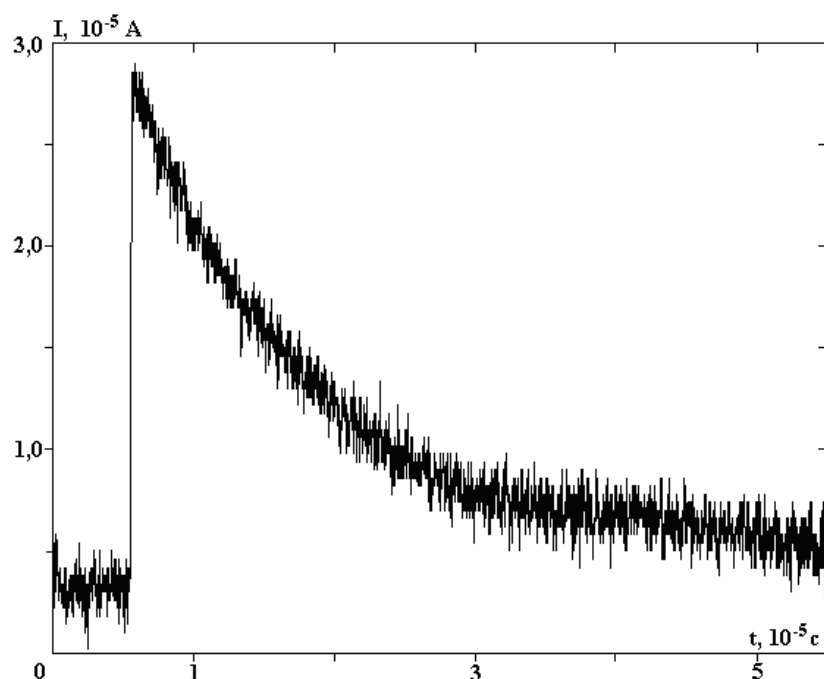


Рис. 7. Осциллограмма импульса тока

Характеристики импульса при напряжении -1,7 кВ: амплитуда импульса $I_{\max} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ А; время формирования переднего фронта $t_f = 1,2 \cdot 10^{-7}$ с; длительность импульса $t_i = 2,7 \cdot 10^{-7}$ с; заряд, который переносит импульс $Q = -3,6 \cdot 10^{-12}$ С. С ростом напряжения увеличивается частота следования импульсов. Их амплитуда тем временем практически не изменяется. Изменение амплитуды при увеличении напряжения не превышает разброса значений при постоянном напряжении.

При положительной полярности, как и при отрицательной, до появления свечения на осциллограмме тока импульсы не зафиксированы. Предначальный стример появляется при напряжении +3,0 кВ и сопровождается импульсами тока. При этом параметры импульса следующие: $I_{\max} = 7,7 \cdot 10^{-6}$ А; $t_f = 1,0 \cdot 10^{-7}$ с; $t_i = 3,6 \cdot 10^{-7}$ с; $Q = +2,1 \cdot 10^{-12}$ С. Импульсы пропадают в момент перехода коронного разряда в стационарную облегающую фазу. В сравнении с отрицательной полярностью амплитуда положительных импульсов больше. Больше и заряд, переносимый положительными импульсами. С ростом напряжения положительные импульсы не учащаются, как отрицательные. Их частота следования порядка 2 Гц, в то время как у отрицательных импульсов она достигает 10 Гц.

Наличие диэлектрической пластины в межэлектродном промежутке увеличивает напряжение, при котором появляется микроразрядная активность. Однако это происходит раньше, чем загорается разряд. В случае, когда барьер находится в зоне низкой напряженности поля, при положительной полярности не зарегистрировано свечение предначального стримера, импульсы тока при этом регистрируются вплоть до момента перехода разряда в стационарную облегающую форму горения. В случае, когда барьер располагается в области чехла короны, импульсы тока при отрицательной полярности появляются при значительно больших напряжениях (19,4 кВ), при этом значительно возрастает заряд отдельного импульса: $t_f = 2,6 \cdot 10^{-7}$ с; $t_i = 1 \cdot 10^{-5}$ с; $Q = 8 \cdot 10^{-12}$ С. При положительной полярности импульсы наблюдаются уже при 7,2 кВ, при этом параметры импульса составляют: $t_f = 2,4 \cdot 10^{-7}$ с; $t_i = 0,9 \cdot 10^{-5}$ с; $Q = -3 \cdot 10^{-11}$ С. С увеличением напряжения амплитуда импульса увеличивается по экспоненциальному закону, при этом длительность импульса не изменяется, а переносимый импульсом заряд также растет по экспоненте.

Экспериментальное исследование влияния барьера на импульсную корону в воздухе

В [3] приведены результаты изучения стримерной короны при воздействии грозвым импульсом. Показано, что импульсный пробой становится возможным, когда стримерные каналы замыкают межэлектродный промежуток. Барьеры различной формы влияют на развитие импульсной стримерной короны. Поскольку твердый диэлектрический барьер является препятствием для распространения стримера, то стримерному каналу для того чтобы достигнуть противоэлектрода, необходимо обогнуть барьер [4]. Однако, как показали исследования, в некоторых случаях стример способен проникнуть сквозь диэлектрический барьер, не разрушая его (рис. 8). Это происходит в случае, когда электрическое поле головки стримера, достигшей барьера, инициирует с противоположной его стороны вторичный стример, распространяющийся до противоэлектрода. При этом затравочные электроны возникают непосредственно с поверхности диэлектрика. При каких условиях стримерный канал проникает сквозь диэлектрик, а когда огибает его? Ответы на эти вопросы позволят осознанно конструировать барьерную изоляцию.

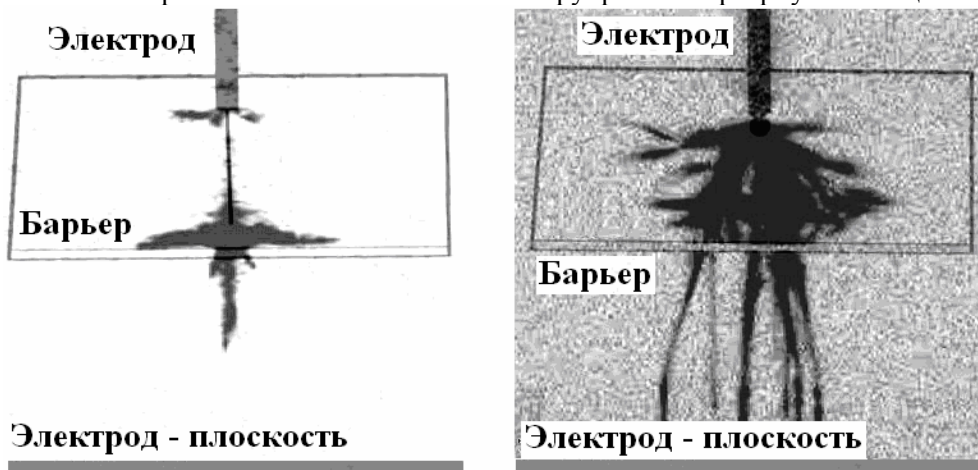


Рис. 8. Стримеры огибают диэлектрический лист (слева), стримеры проходят сквозь диэлектрик (справа)

Если стример проникает сквозь диэлектрик, то стримерный канал оказывается разорван диэлектрической прокладкой, что затрудняет возникновение лидера, даже если вторичный стример достигнет противоэлектрода. Если стример огибает диэлектрический барьер, то путь стримера до противоэлектрода возрастает и, следовательно, возрастает вероятность его затухания до достижения противоэлектрода.

Для искусственного увеличения длины стримерного канала целесообразно выполнять барьерную изоляцию не в виде листа, а в виде стакана, окружающего электрод, с которого развиваются стримеры (см. рис. 9).

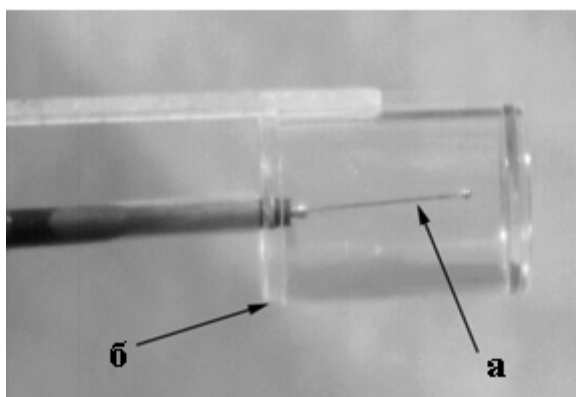


Рис. 9. Электрод (а), окруженный диэлектрическим стаканом (б)

В этом случае, как показывают эксперименты, ситуация существенно зависит как от расположения дна стакана относительно активного электрода, так и от полярности шарообразного электрода. На рис. 10 приведены негативы видеок кадров стримеров в системе шар-плоскость для случая, когда стримеры проникают сквозь дно и стенки стакана (слева) и когда лидер огибает поверхность стакана (справа). Напряжение лидерного пробоя при наличии стакана, как и предполагалось, существенно возрастает.

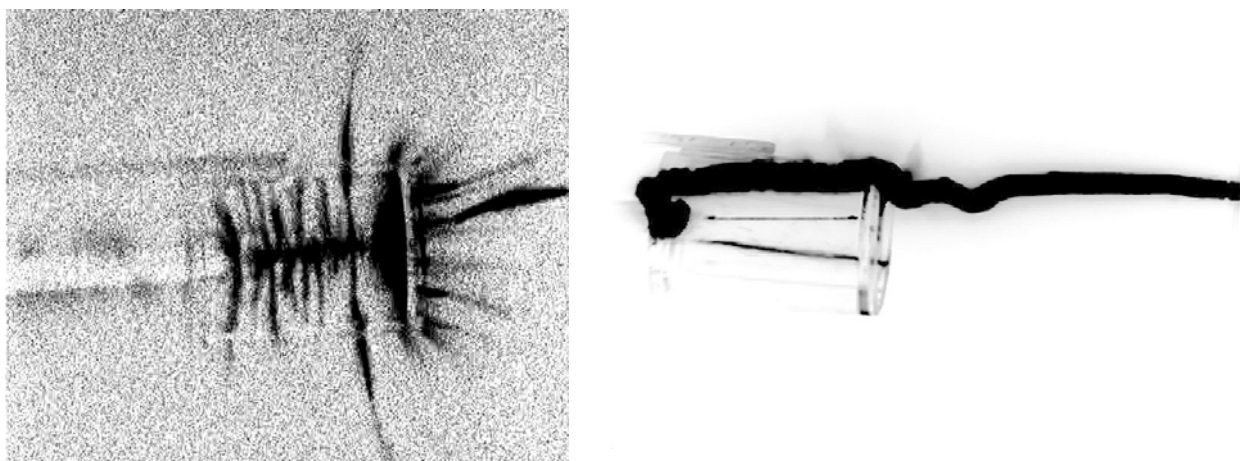


Рис. 10. Отрицательные стримеры проникают сквозь дно и стенки стакана (слева), отрицательный лидер огибает поверхность стакана (справа)

При отрицательной полярности шарового электрода на внутренней стороне барьера регистрируется отрицательный поверхностный заряд, на противоположной – положительный. При положительной полярности шарового электрода стримеры появляются при существенно более высоких напряжениях, непосредственно предшествующих искровому пробую.

Теоретический анализ

Если поперек силовых линий поля в межэлектродном промежутке установлен твердый диэлектрический барьер, то, как показано выше, возможны два пути развития стримера. Он может обогнуть диэлектрик или пройти сквозь барьер, при этом видны два участка стримерного канала с

обеих сторон твердой изоляции, но соединяющего канала вокруг изоляции нет. Следов пробоя изоляции и повреждения твердого диэлектрика при этом не наблюдается.

Разряд в твердом диэлектрике невозможен без значительного повышения температуры либо образования газовых полостей. Поэтому разумно предположить, что в случае прохождения стримера сквозь барьер происходит рождение нового, вторичного, стримерного канала по другую сторону барьера от первичного канала. Возникает вопрос: почему иногда стример «предпочитает» идти в обход барьера, а иногда пронизывает его?

Рассмотрим влияние электрического поля, подошедшего к барьеру стримера, на предразрядные процессы с другой стороны диэлектрика. Возьмем идеализированную ситуацию, при которой внешним полем можно пренебречь и не рассматривать влияние электродов на поле вблизи стримера и барьера. Пусть стример представляет собой идеальный проводящий цилиндрический канал с полусферическим окончанием. Он обладает некоторым потенциалом U по отношению к удаленной сферической заземленной оболочке. Радиус заземленной оболочки не менее чем в 10 раз превышает радиус стримера.

Стример наводит определенное поле во всем объеме, в том числе и с другой стороны барьера. Наилучшие условия для зарождения вторичного стримера за барьером возникнут на оси симметрии модели, на линии ab (рис. 11). При прохождении лавины по этой линии зарождение стримера возможно, если [6]:

$$\exp \left[\int_a^b (\alpha(E) - a(E)) dx \right] > 10^8. \quad (1)$$

При этом E есть поле, наведенное первичным стримером. Сейчас мы не будем рассматривать вопрос о вероятности появления вблизи этой линии затравочного электрона, что, конечно, является необходимым условием возникновения стримера.

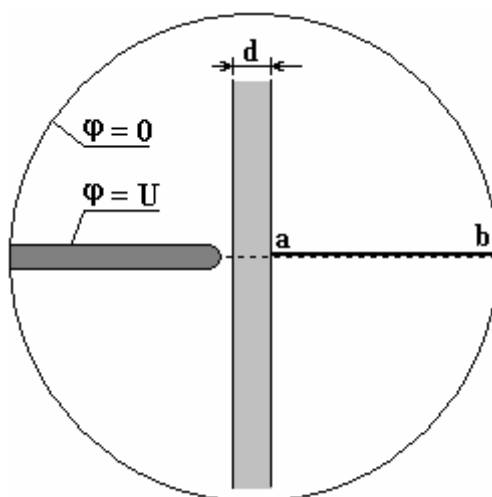


Рис. 11. Расчет влияния поля стримера на предразрядные процессы за барьером

Поставим задачу таким образом. Пусть даны радиус стримера r_s , толщина диэлектрика d и диэлектрическая проницаемость барьера $\epsilon=2$. Найдём пороговое напряжение $U_{th}(r_s, d)$, при котором начнет выполняться условие возникновения вторичного стримера (1). Результат таких расчетов приведен на рис. 12. Видно, что утолщение диэлектрика приводит к росту порогового напряжения, а вот варьирование радиуса дает немонотонное изменение порогового напряжения.

Теперь учтем, что в стационарном режиме распространения потенциал головки стримера и радиус головки связаны приблизительно соотношением [8]:

$$\frac{U_{th}}{r_s} = \text{const} = \frac{E_{max}}{0,84}.$$

Здесь $E_{max}=150$ кВ/см. Если отметить на графике только те значения порогового напряжения, которые связаны с радиусом стримера соотношением, получится линия, отмеченная на рис. 12:

$$\frac{U_{th}(r_s, d)}{r_s} = \text{const} = \frac{E_{max}}{0,84}.$$

Рассматривая только эту линию, мы можем получить зависимость порога U_{th} от одной величины – толщины диэлектрика. Соответствующий график приведен на рис. 13. Также мы можем вместо потенциала головки характеризовать стример радиусом головки r_s и построить график зависимости порогового радиуса головки от толщины барьера (рис. 12). При размере барьера более 1 мм первичный стример должен иметь радиус порядка толщины барьера, чтобы вызвать появление вторичного стримера. Последнее свойство объясняет, почему уклон линии на рис. 13 составляет 150 кВ/см, то есть близок к константе E_{max} .

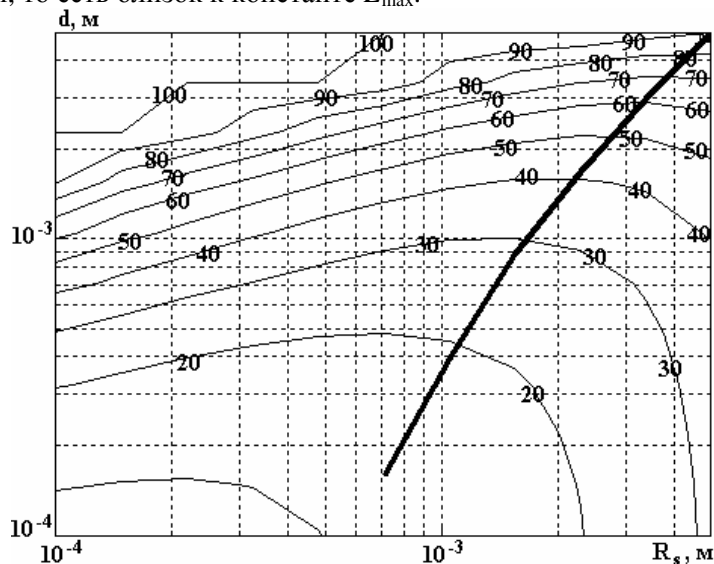


Рис. 12. Зависимость порога возникновения вторичного стримера U_{th} (в кВ) от толщины диэлектрика d и радиуса стримера r_s . Жирная линия соответствует условию стационарного распространения стримера $U_{th}/r_s = const$

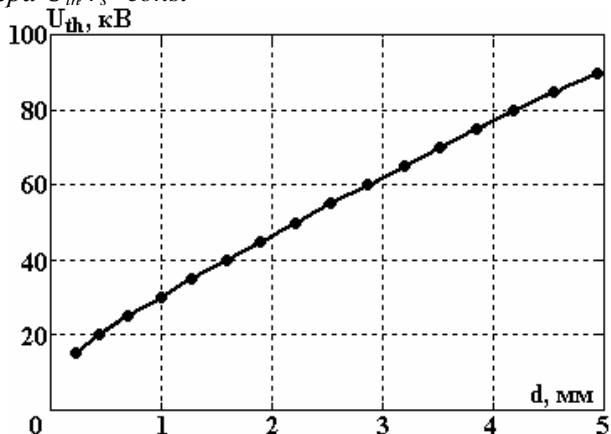


Рис. 13. Напряжение возникновения вторичного стримера U_{th} в зависимости от толщины барьера d

Нужно учитывать, что критический потенциал на рис. 13 – потенциал головки первичного стримера, а не напряжение на электродах. Однако ясно, что, во-первых, скачок потенциала головки не превышает напряжения на электродах. Во-вторых, на начальном этапе стримерного процесса, пока не образовался ионный канал, первичный стример можно считать идеальным проводником, продолжением анода, в этом случае потенциал головки стримера почти равен потенциалу анода.

Влияние полярности на проникновение стримера сквозь барьер

Следует отметить, что эффект проникновения стримеров сквозь барьер при положительной полярности до сих пор не наблюдался. Видимо, полярность определяет механизм возникновения затравочных электронов. При отрицательной полярности стримера затравочный электрон может с высокой вероятностью вытянуться полем с оксидной пленки на поверхности барьера [7]. При положительной же полярности стримера поле препятствует выходу отрицательного заряда с диэлектрика, и затравочный электрон должен появиться из объема, где концентрация электронов, обеспечиваемая космическим излучением, мала [6].

Заключение

Наличие барьера в межэлектродном промежутке значительно влияет на процессы, происходящие в чехле коронного разряда постоянного тока. Механизмы влияния барьера зависят от его местоположения относительно высоковольтного электрода. При равномерной подаче напряжения еще до появления свечения на осциллограмме тока регистрируются импульсы, характерные для лавин, которые напыляют заряд на поверхность диэлектрика [9]. Заряд локализуется вблизи электрода-иглы и имеет древовидную структуру. Для отрицательной полярности иглы на стороне, обращенной к высоковольтному электроду, накапливается одноименный с ним заряд. На обратной стороне барьера накапливается заряд противоположного знака. Благодаря нанесенному поверхностному заряду, напряжение зажигания самостоятельного коронного разряда значительно повышается, при этом свечение чехла коронного разряда приобретает характерные отраженные формы. Форма чехла существенно зависит от полярности иглочатого электрода [10].

Влияние барьерной изоляции на структуру импульсной короны также существенно зависит от полярности электрода с малым радиусом кривизны. Импульсная корона в стримерной форме может как огибать твердый диэлектрический барьер, так и проникать сквозь него. Механизм огибания связан с поверхностным зарядом на барьере, наносимым первичным стримером. Дано объяснение механизма образования вторичного стримера за барьером.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев С. Б., Лавренюк Д. С., Петрушенко И. Н., Стишков Ю. К. Некоторые особенности коронного разряда в воздухе // Журнал Технической Физики. 2008. Т. 78. Вып.7. С. 30.
2. Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии М.: Энергоатомиздат, 1989. 160 С.
3. Стишков Ю.К., Субботский А.С., Ковалев А.Н. Регистрация и компьютерная обработка предпробойных стримеров при воздействии грозovým импульсом // Сборник докладов IX международной научной конференции «Современные проблемы электрофизики и электрогидродинамики жидкостей». СПб. Соло. 2009. С. 210–213.
4. Stishkov Yu., Morozov M., Samusenko A. Different forms of Dielectric-Barrier Discharge in a Point-Plane Air Gap // Proceedings of International Symposium on Electrohydrodynamics. 2009. University of Sarawak, Malaysia. 2009.
5. Gibalov V.I., Pietsch G.J. The development of dielectric barrier discharges in gas gaps and on surfaces // J. Phys. D: Appl. Phys. 2000. Vol. 33. P. 2618–2636.
6. Базелян Э.М., Райзер Ю. П. Физика молнии и молниезащиты. М.: Физматлит, 2001. 320 С.
7. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. М.: Наука, 1991. 224 С.
8. Афанасьев С.Б., Зарядов Ю.А., Воинов А.С., Морозов М.А., Стишков Ю.К. Влияние барьерной изоляции на характер коронного разряда в воздухе при атмосферном давлении // Сборник докладов VIII Международной научной конференции «Современные проблемы электрофизики и электрогидродинамики жидкостей». СПб, 2006. С. 135–138.
9. Козлов В.Б., Морозов М.А., Стишков Ю. К. Влияние поверхностного заряда на структуру барьерного разряда // Сборник трудов IX Международной научной конференции "Современные проблемы электрофизики и электрогидродинамики жидкостей", Санкт-Петербург, 2009. С. 228–232.
10. Шорин В.П., Журавлев О.А., Ивченко А.В. Результаты зондовых измерений на поверхности диэлектрика при униполярном коронном разряде // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2003. Т. 5. № 1. С. 32–36.

Поступила 10.03.10

Summary

A barrier discharge is a high voltage non-stationary discharge which appears in an interelectrode space where at least one solid dielectric barrier is on a path of discharge. Dielectric barriers are used to rise the breakdown voltage in different high voltage devices. That's why a barrier effect demands a versatile research: for direct, alternating and impulse voltage. This article is devoted to research of influence of a barrier which is placed parallel to the plane electrode on corona discharge form and breakdown voltage. Dependence of discharge processes on electrode-plane distance and detailed research of charge distribution on dielectric surface are also in focus of this work.