

04;12

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ С КАПИЛЛЯРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОДОМ

© Г.И.Санкин, В.С.Тесленко

Представлено исследование электрического разряда в воздухе с электролитическим электродом в диэлектрическом капилляре. Отмечена особенность коронного разряда на жидком электроде отрицательной полярности, заключающаяся в более низком пороге зажигания и возникновении светового излучения, соответствующего спектральному составу растворенного вещества преимущественно в этом случае. Показана возможность моделирования коронных разрядов на жидких электродах для исследований количественных закономерностей, относящихся к методике Кирлиана.

К настоящему моменту накоплен некоторый эмпирический материал по диагностике заболеваний человека, основанный на фотографировании высокочастотного коронного разряда в воздухе между испытуемым и металлическим электродом. Основой методики является электрофотографическая регистрация коронного разряда, выполненная впервые в 1891 г. Я.О. Наркевичем-Иодко [1] и развитая в 50-х гг. С.Д. Кирлианом как "высокочастотная" электрофотография [2]. Этим методом была обнаружена зависимость качественных характеристик разряда от состояния человека. Диагностика основана на зависимости размера пор и состава находящегося в них вещества для конкретного заболевания. Свечение на кончиках пальцев возникает и в сильном постоянном электрическом поле [3]. Оно получило название огней Эльма.

Из предположения, что наблюдаемое свечение по контуру пальцев человека есть коронный разряд на открытых порах потовых желез, возникла мысль о моделировании разряда на искусственных порах. Поры моделировались капиллярами из диэлектрических материалов, наполненными водным раствором NaCl.

В предварительных экспериментах осуществлялось моделирование коронных разрядов по методике Кирлиана на искусственных множественных капиллярах. На рис. 1, а представлена фотография свечения на кончиках пальцев; на рис. 1, б — фотография, полученная в модельных экспериментах для 10 капилляров из полиметилметакрилата с внутренним диаметром 50 мкм, наполненных водным раствором NaCl с весовой концентрацией 0.3%. Обе фотографии выполнены по методике Кирлиана. В этих экспериментах не было



Рис. 1. Фотография свечения: а — на кончиках пальцев, б — на искусственных капиллярах.

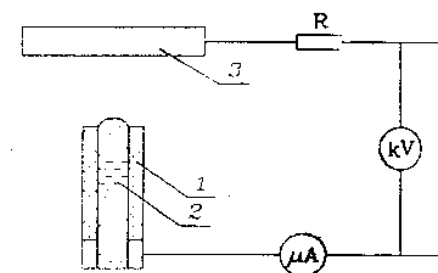


Рис. 2. Схема экспериментов: 1 — капилляр из фторопласта, 2 — электролит или медный электрод, 3 — плоский электрод, R — ограничительное сопротивление.

обнаружено аналогичного свечения при заполнении капилляров дистиллированной водой. Эти качественные результаты обусловили постановку количественных исследований коронного разряда для одиночного жидкого электролитического электрода.

На рис. 2 представлена схема постановки экспериментов для одиночного электролитического и металлического электродов.

Жидкий электролитический электрод выполнен как капилляр с внутренним диаметром 0.3 мм и внешним 0.6 мм из гидрофобного материала фторопласта (1). Жидкость (2) поступала в капилляр так, чтобы мениск был выпуклым в сторону плоского электрода с радиусом кривизны, меньшим, чем радиус капилляра. Противоположный электрод из медной пластины (3) располагался горизонтально и мог перемещаться в вертикальном направлении с помощью микрометрического винта. Эксперименты проводились для постоянного напряжения в интервале до 10 кВ при разной

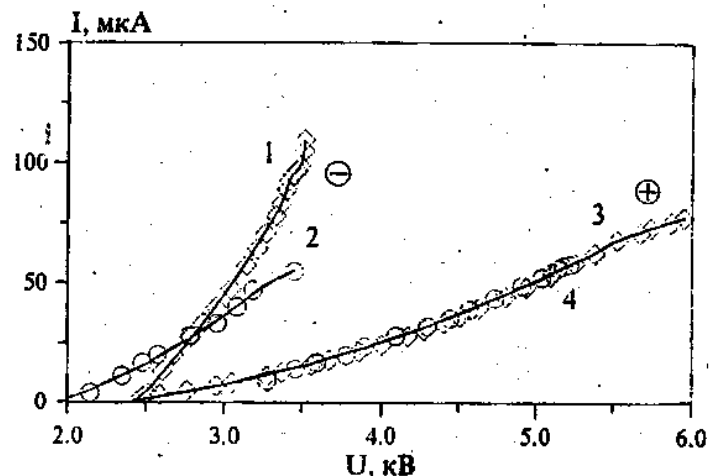


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики коронного разряда для межэлектродного расстояния 2 мм: 1 — отрицательная корона на медном электроде (\ominus), 2 — отрицательная корона на жидком электроде (\circ), 3 — положительная корона на медном электроде (\oplus), 4 — положительная корона на жидком электроде (\circ), сплошные линии — результат аппроксимации.

полярности электродов. В качестве электролита использовался 10%-й раствор NaCl.

Для сравнения разрядов с жидким электродом в этой же постановке проводились исследования и с медным электродом диаметром 0.3 мм во фторопластовой оболочке с внешним диаметром 0.6 мм. Конец медного электрода закруглялся так, чтобы радиус кривизны был равен радиусу медной проволоочки. Во всех экспериментах расстояние между электродами составляло 2 мм. Измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) разряда и велись наблюдения за разрядным промежутком.

На рис. 3 представлены зависимости тока разряда от напряжения на разрядном промежутке. Результаты измерений ВАХ представлены для одновременных серий экспериментов (между однотипными сериями существует разброс, определяемый установочными параметрами электродов).

Крайние точки справа на каждом графике соответствуют переходу разряда в дуговой режим. Для положительной короны на электролитическом электроде этот переход происходит немного раньше по сравнению с медным электродом.

Общей чертой всех вольт-амперных характеристик является наличие точки перегиба в правой части кривой.

ВАХ до точки перегиба описываются формулой [4]: $I = K \cdot U \cdot (U - U_0)$, где K — коэффициент, пропорциональный подвижности носителей тока, U_0 — напряжение зажигания короны. Параметр K для кривых 1, 2, 3 равен 26.4, 11.8, 3.85 мкА/кВ², и параметр U_0 равен 2.43, 1.95, 2.39 кВ соответственно.

Свечение при отрицательной короне на электролитическом электроде возникает преимущественно по периметру сечения капилляра в областях наибольшей кривизны. Вблизи капилляра свечение имеет характерный для натрия желтый цвет. Это указывает на поступление вещества электролитического электрода в разрядный промежуток. В случае положительной короны желтого свечения не наблюдалось, в этом случае свечение имеет характерный для азота голубовато-синий цвет.

Потенциал зажигания отрицательной короны на электролитическом электроде заметно ниже потенциала зажигания на медном электроде. Одним из объяснений этого факта может быть более интенсивная эмиссия отрицательных частиц из электролитического электрода. Кроме этого, ВАХ имеет более пологий наклон из-за поступления примесей из электролитического электрода в разрядный промежуток. Однако аналогичных эффектов в случае положительной короны не наблюдалось.

Проведенные эксперименты показали возможность получения стационарных коронных разрядов на жидких электролитических электродах при положительной и отрицательной короне.

Такие разряды могут сопровождаться следующими процессами: 1) испарением растворителя с образованием твердых образований из растворенного вещества, 2) пробоем в капилляре при наличии случайных газовых пузырьков в электролите, 3) деформированием электролитического электрода в электрическом поле [5]. Однако явления 1 и 2 наблюдались преимущественно при дуговом режиме разряда.

При подаче на электролитический электрод положительного заряда получен стабильный (> 20 с) коронный разряд, который качественно и количественно совпадает с коронным разрядом на металлическом электроде, так как процесс зажигания положительной короны — стримерный, зависит от вторичных фотопроцессов в газе в зоне сильного электрического поля и не зависит от эмиссионных свойств электрода (рис. 3, кривые 3, 4). А при подаче на электролитический электрод отрицательного заряда получается менее устойчивый коронный разряд (рис. 3, кривая 2). Это связано с более интенсивным испарением и разрушением

жидкого отрицательного электрода под воздействием положительных ионов, поступающих из разрядного промежутка.

К основным результатам работы следует отнести:

1) показана возможность моделирования коронных разрядов на жидких электродах для исследований количественных закономерностей, относящихся к методике Кирлиана;

2) обнаружен более низкий порог зажигания коронного разряда для жидкого электрода отрицательной полярности;

3) отмечается, что световое излучение, соответствующее спектральному составу растворенного вещества в поре, может возникать преимущественно на отрицательном электроде.

Авторы приносят благодарность В.В. Митрофанову за внимание и поддержку работы.

Список литературы

- [1] Погорельский М.В. Электрофосфены и энергография. 1899.
- [2] Tiller W.A. // The energies of consciousness: explanations in acupuncture, auras, and Kirlian photography / Ed. by S. Krippner, and D. Rubin. N.Y.: Interface, 1976. P. 100-156.
- [3] Войцеговский Б.В., Войцеговский Б.Б. // Письма в ЖЭТФ. 1976. Т. 23. В. 1. С. 37-39.
- [4] Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992. 536 с.
- [5] Taylor G.I. // Proc. Royal Soc. Ser. A. 1964. V. 280, N 1382. P. 383-397.

Институт гидродинамики
СО РАН
Новосибирск

Поступило в Редакцию
9 октября 1996 г.