

Физика электрических разрядов в газе между металлическими электродами развивается уже более 100 лет [1-8]. Наиболее интенсивные периоды развития физики и техники разрядов в газах связаны с актуальными научно-техническими проблемами. Так, 30-40 лет назад наиболее интенсивно развивалось направление, связанное с дуговыми разрядами и плазмотронами, а в последние годы внимание исследователей направлено к неравновесным средам и методам их создания. Интенсивное исследование низкотемпературной плазмы тлеющего разряда связано с его применением в электроразрядных лазерах [6-8], плазмохимии [9]. Наряду с изучением электрических разрядов в газе между металлическими электродами большой интерес представляют разряды с электролитическими электродами. В связи с этим большое внимание уделено исследованию и применению электрических разрядов между твердым и жидким электродами в работах [10-14]. Одним из способов получения неравновесной низкотемпературной плазмы является высокочастотный емкостной разряд при пониженных давлениях. Особенности физических процессов и их характеристик, протекающих в ВЧЕР с металлическим электродом, погруженным в электролит, практически не изучены. Все это задерживает разработку и создание плазменных устройств для практического применения в плазменной технике и технологии. Целью данной работы является изучение формы и структуры ВЧЕР с медным электродом, погруженным в насыщенный раствор NaCl в технической воде при пониженном давлении ( $P = 3 \cdot 10^3$  Па). Экспериментальные исследования ВЧЕР с медным электродом, входящим в электролит проводились с использованием источника питания ВЧГ8-60/13 настроенного на частоту 13,58 МГц. Вакуумная система установки состоит из вакуумной камеры и вакуумного насоса типа 2НВР-5ДМ. Разрядная камера состоит из основания и колпака. Основание и колпак разрядной камеры изготовлены из нержавеющей стали. В колпаке имеется стандартное окно с диаметром 100 мм, закрываемое оптическим стеклом, которое служит для наблюдения ВЧЕР с медным электродом марки М1, погруженным в электролит из насыщенного раствора NaCl в технической воде. Медная пластина имеет прямоугольную форму с толщиной 2 мм и погружена на глубину 15 мм. Медной пластине подводится потенциал. Внутри камеры находятся электролитическая ванна. Другая медная пластина, которая находится внизу электролитической ванны, заземлена. Рабочее давление в камере регулируется изменением скорости откачки, а давление измеряется вакуумметром модель 1227 класса точности 0,25. Видеосъемка разряда осуществлялась на видеокамеру «Sony HDR – SR72E». Время экспозиции одного кадра 0,04с. Исследования особенности ВЧЕР с медным электродом, погруженным в электролит проводились при  $P = 3 \cdot 10^3$  Па и в интервале напряжения источника питания  $U = 1000 \div 2000$  В. На фотографиях рис. 1-6 представлены ВЧЕР с медным электродом, погруженным в электролит. При  $U = 1000$  В высокочастотный емкостной разряд с медной пластиной, погруженной в

электролит не горит. С ростом напряжения источника питания от 1000 и 1150 В наблюдается ВЧЕР с тлеющим свечением вдоль электролита, где погружена медная пластинка (фотография рис.1). На поверхности медной пластины появляется неоднородное пятно с слабым свечением синего цвета (фотография рис. 1). С дальнейшим ростом напряжения источника питания от 1150 до 1340 В характер ОТС меняется (фотография рис. 2). Здесь наблюдается интенсивное ОТС с двух сторон медной пластины. Свечение меняется от синего до фиолетового цвета на поверхности пластины. Испарение поверхности электролита происходит из-за кипения. Вокруг пластины появляются точечные пятна. Их можно заметить и на поверхности электролита. Как видно из рис. 3, при напряжении источника питания  $U = 1340$  В отрицательное тлеющее свечение распространяется на поверхности электролита, а по краям медной пластины, где погружается в электролит, наблюдается интенсивная граница излучения белого цвета. Это белое пятно на поверхности электролита переходит в ОТС. С ростом напряжения источника питания от 1340 до 1500 В интенсивность излучения пятна меняется как на поверхности медной пластины, так и электролита (фотография рис. 3). Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3 Интенсивное белое пятно охватывает половину медной пластины. Пластина охвачена также диффузным разрядом коричневого цвета. Вверх вдоль медной пластины белое пятно переходит интенсивное свечение фиолетового цвета, а на поверхности электролита наблюдается также фиолетовый цвет. Рис. 4 Рис. 5 Рис. 6 При напряжении источника питания  $\sim 1600$ В процесс горения ВЧЕР с медным электродом, погруженным в электролит меняется (фотография рис. 4). Это объясняется тем, что под действием ВЧЕР с увеличением напряжения источника питания происходит бурное перемешивание плазмы и электролита. Как видно из фотографии рис. 4, как с левой, так и с правой стороны образуются неоднородные струи электролита. Из фотографий рис. 5 и 6 также видно, что с ростом напряжения источника питания от 1600 до 1700В, вокруг медной пластинки образуются расщепленные струи (фотография рис. 5) и капельные струи различных диаметров и длин (фотография рис. 6). Таким образом, в результате экспериментальных исследований ВЧЕР медным электродом, погруженным в насыщенный электролит из кипящего раствора NaCl в технической воде, выявлены следующие особенности. Установлено, что при напряжении источника питания  $U$  1600В распространяется ОТС как на поверхности медной пластины, так и поверхности электролита, это объясняется тем, что в ВЧЕР происходит смена полярности электродов. На границе погружения медного электрода в электролит наблюдаются пятна синего, фиолетового и белого цвета. Обнаружено, что при  $U > 1600$ В происходит турбулентное перемешивание плазмы и электролита. В связи с этим вокруг медной пластины формируются неоднородные струи электролита капельного и расщепленного характера.