ПАРАМЕТРЫ ПЛАЗМЫ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДУКТИВНОГО ВЧ РАЗРЯДА И РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Александров А.Ф., Вавилин К.В., Задириев И.И., Кралькина Е.А., Неклюдова П.А., Никонов А.М.

МГУ им Ломоносова, Москва, Россия, [nekludova\_pa@mail.ru](mailto:nekludova_pa@mail.ru)

В настоящей работе представлены комплексные исследования параметров гибридного разряда, основанного на комбинации индуктивного ВЧ разряда (ИВЧР) с внешним магнитным полем и разряда постоянного тока (РПТ). Основное внимание уделено изучению взаимного влияния двух каналов разряда.

Разряд зажигался в цилиндрическом источнике плазмы (ИП) диаметром 20 см и длиной 32 см. Для организации индуктивного ВЧ разряда на боковой поверхности ИП располагалась соленоидальная антенна, подключенная к ВЧ генератору. Канал постоянного тока (КПТ) был сформирован двумя электродами, расположенными на торцах цилиндрического источника плазмы. На катод, которым служит электрод, ограничивающий объем ИП снизу, подавался потенциал *V*DC, отрицательный относительно заземленного верхнего электрода. Значения напряжения варьировались от 0 до 800В. Эксперименты проводились в аргоне и в чистом воздухе в диапазоне давлений 0,1 – 140 мТорр и 60 – 200 мТорр, соответственно, при значениях внешнего магнитного поля *В* 0 – 60 Гс и мощностях ВЧ генератора от 20 до 800 Вт.

Режимы горения ИВЧР можно разделить на две области. Область низких давлений ν < ω, когда механизм поглощения ВЧ мощности является бесстолкновительным, и области более высоких давления, когда ν > ω, и механизм поглощения ВЧ мощности является столкновительным. Здесь ν и ω – частота столкновений электронов с тяжелыми частицами и круговая рабочая частота.

Эксперименты показали, что при выполнении условия ν < ω и *V*DC = 100 В мощность *P*DC, поступающая в разряд через КПТ, изменяется пропорционально мощности, поступающей в разряд через индуктивный канал *P*pl, однако абсолютные значения *P*DC малы по сравнению с величинами мощности *P*pl, поступающей в разряд через индуктивный канал. Амплитуды ВЧ магнитных полей увеличиваются, однако структура возбуждаемых в разряде волн сохраняется. Потенциал плазмы понижается по сравнению с чисто индуктивным разрядом, где в основном объеме плазмы наблюдается равномерное в пределах погрешности эксперимента распределение потенциала.

При выполнении условия ν>ω и наличии КПТ переход разряда из *Е-* в *Н-*моду смещается в область меньших величин мощности ВЧ генератора. Смещение тем больше, чем большая мощность поступает в разряд через КПТ. При мощностях ВЧ генератора, меньших пороговой *Р\**, при которой происходит переход из *Е-* в *Н-*моду, значения зондового ионного тока насыщения в гибридном разряде существенно превосходят наблюдаемые в чисто индуктивном разряде, причем значения ионного тока насыщения оказываются выше величин, являющихся суммой величин, характерных для ИВЧР и РПТ. Это связано с увеличением доли мощности, поступающей в разряд через индуктивный канал. При мощностях выше *Р\** значения ионного тока в гибридном разряде меньше или равны, чем соответствующие величины в индуктивном разряде. Аксиальное распределение зондового ионного тока насыщения выравнивается по сравнению с чисто индуктивным разрядом. При этом при условии, что длина свободного пробега электронов меньше, чем расстояние между антенной и электродом, параметры разряда в области расположения антенны определяются индуктивным каналом, а в области катода – разрядом постоянного тока.