

СПЕЦИФИКА СТРУКТУРЫ МИКРОПИНЧЕВОГО РАЗРЯДА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ НА ЭЛЕКТРОДАХ

С помощью комплекса рентгеновских и лазерных диагностик исследована пространственная структура плазмы в сильноточном (150 кА) микропинчевом разряде на установке типа «низкоиндуктивная вакуумная искра» (НВИ) с геометрией разрядного промежутка «острие – плоскость» и различной полярностью на электродах. Анализ рентгеновских спектров показал, что максимальная температура плазмы и интенсивность рентгеновского излучения достигаются при остром аноде.

O.A. BASHUTIN, E.D. VOVCHENKO, I.G. GRIGORYEVA, A.S. SAVJOLOV, G.Kh. SALAKHUTDINOV

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

SPECIFICITY OF THE STRUCTURE OF MICROPINCH DISCHARGE AT DIFFERENT POLARITY ON ELECTRODES

Using a complex of X-ray and laser diagnostics, the spatial structure of plasma in a high current (150 kA) micropinch discharge was studied using a “low-inductance vacuum spark” type installation with a “tip-plane” discharge gap geometry and different polarities on the electrodes. Analysis of the X-ray spectra showed that the maximum plasma temperature and X-ray intensity are achieved at the tip anode.

Исследования НВИ проводились на двух сильноточных (150 кА) микропинчевых установках ПФМ-72 и Зона-2, имеющих близкие параметры разрядного контура (емкость 12 и 20 мкФ, период разрядного тока 5 и 8,5 мкс) и одинаковую геометрию разрядных электродов «острие – плоскость» [1, 2]. Однако полярность напряжения на высоковольтный острийных электродах была разная (отрицательная на ПФМ-72 и положительная на Зоне-2).

Визуализация межэлектродного промежутка теньвым методом с ТЕА N₂ лазером в качестве источника света показало, что в разрядах с острийным анодом развитие перетяжки протекает быстрее. После инициирования разряда с помощью вспомогательной искры у поверхности обоих электродов появляются непрозрачные области, которые быстро увеличиваются и переходят во встречное движение потоков вещества, приводящее к замыканию плазменного канала и развитию неустойчивостей. В разрядах же с острийным катодом непрозрачная область появляется первоначально у плоского анода и только спустя несколько сотен наносекунд у поверхности катода. Затем, как и в предыдущем случае, формируется плазменный канал, быстро теряющий свою устойчивость.

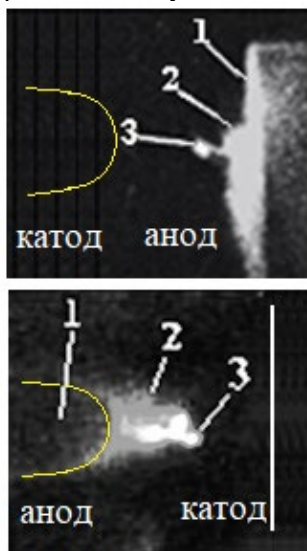


Рис. 1. Обскурограммы РИ
1 – анод; 2 – прианодная плазма; 3 – плазменная точка

Кроме лазерной диагностики одним из основных источников информации о протекающих в НВИ физических процессах является рентгеновское излучение (РИ). Исследование РИ плазмы НВИ в диапазоне энергий квантов ($h\nu > 3$ кэВ) выполнено с помощью камеры-обскуры с регистрацией на фотослой, перед которым устанавливался защитный фильтр в виде Ве фольги толщиной 100 мкм. Типичные обскурограммы РИ при различной полярности электродов и большом разрядном токе (≈ 150 кА), приводящем к глубокому сжатию пинча, показаны на рис. 1. На всех изображениях наблюдается области РИ у поверхности анода, а также более яркое РИ из плазменных точек (ПТ), местоположение которых практически не изменялось при смене полярности на разрядных электродах.

Дополнительные исследования с использованием в качестве детектора ядерной эмульсии и сцинтилляционных детекторов показали, что в разрядах с острийным анодом температура плазмы и интенсивность рентгеновского излучения заметно выше, чем в разрядах с острийным катодом. Вероятно, это связано с более высокой напряженностью электрического поля у поверхности острийного анода.

Для регистрации спектрального состава РИ в диапазоне энергий квантов 2÷70 кэВ с временным разрешением применен пятиканальный спектрометр с набором поглотителей и сцинтилляционными детекторами. Восстановленные по результатам этих измерений мгновенные спектры РИ $I = f(h\nu)$ свидетельствуют о том, что именно моменту образования плазменной точки соответствует наиболее интенсивное рентгеновское излучение, более высокая температура плазмы и наличие жесткой компоненты РИ с энергией квантов более 50 кэВ.

Список литературы

1. Башутин О.А., Вовченко Е.Д., Кадетов В.А., Коротаев К.Н., Ли Джэн Хун, Прохорович Д.Е., Савёлов А.С., Сивко П.А. // Препринт 015-98, М.: МИФИ, 1998.
2. Башутин О.А., Вовченко Е.Д., Додулад Э.И., Савёлов А.С., Саранцев С.А. // Физика плазмы. 2012. Т. 38. С. 261.