Параметры плазмы взрывоэмиссионных ячеек катодного пятна в модели жидкометаллических струй

Цвентух М.М.

Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия, elley@list.ru

Предложена простая сквозная модель взрывоэмиссионного импульса ячейки катодного пятна вакуумной дуги, включающая как инициирование, так и погасание ячейки. Инициирование происходит при электрическом взрыве перешейка жидкометаллической струи, распространяющейся из кратера от предыдущего взрыва в плазму катодного пятна. Погасание происходит из-за расширения плазмы и спада ее плотности от ~1022 см–3 до уровня фоновой плазмы ~1018 – 1019 см–3. Взрыв рассматривается как переход через критическое состояние (критическую температуру).

Рассматривался тепловой баланс сужающегося жидкометаллического перешейка с протекающим током, а также сферическое расширение плазмы после достижения критической температуры. Несмотря на простоту модели она позволяет получить средние за взрывоэмиссионный импульс величины, согласующиеся с известными экспериментальными наблюдениями и численными расчетами. Так средняя плотность плазмы составляет порядка 1020 см–3, температура ~1 эВ.

Также были определены средние за импульс величины: <*p*>/<*j*> - отношение среднего давления к средней плотности тока, и средняя омическая напряженность поля <*E*> = <*j*/σ>. Первая из них определяет гидродинамический характер ускорения плазменных струй из ячейки [1, 2], а полученное значение — десятки г см К–1 с–1 согласуется с экспериментально измеряемыми значениями скорости ионного потока и удельной эрозии: *v*i × γi. Омическое электрическое поле обеспечивает протекание тока через взрывоэмиссионную плазму, при этом формируется катодное падение потенциала ~10 – 30 В. Полученное значение среднего за импульс поля, <*E*> = <*j*/σ>, составило десятки кВ/см (существенно ниже, чем дебаевское поле ~10 МВ/см — для плазмы с плотностью 1020 см–3 и температурой 1 эВ). Таким образом, для формирования катодного падения требуется плазма размером несколько мкм, что согласуется с известными наблюдениями. Также была сделана оценка полного тока на один центр — порядка А.

Была получена оценка величины β = 8π*nT*/*B*2, для плазменного столба (радиуса *R*) с протекающим током (фракция плотности тока κ = *j*/(*en*√*T*/2π*me*) < 1), примерно составляющая βκ2*nR*2 = 1,41 × 1013 см–1. Эта зависимость показывает, что сжатие плазменного столба магнитным полем (β < 1) возможно в случае разреженной плазмы большого размера, в данном случае — на удалении от взрывоэмиссионной ячейки.

 Работа поддержана РФФИ, гранты 15-38-20617 и 16-08-01306.

Литература

1. G.A. Mesyats, M.M. Tsventoukh 2015 *IEEE Trans. Plasma Sci.* **43** 3320
2. Igor Zhirkov, Efim Oks and Johanna Rosen 2015 *J. Appl. Phys.* **117** 093301