Исследование испарения вольфрама под действием мощного импульсного абляционного плазменного потока

М.Н. Казеев, В.Ф. Козлов, В.С. Койдан, Ю.С. Толстов

Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия
Koidan\_VS@nrcki.ru

Изучение поведения материалов при воздействии на них интенсивных плазменных потоков представляет интерес не только с фундаментальной точки зрения, но и в связи с рядом инженерных проблем и возможными применениями, которыми, в частности, являются определение стойкости поверхностного слоя при таком воздействии, а также выбор материала, обращенного к плазме, обладающего высокой устойчивостью к разрушающим факторам со стороны плазмы. Эта проблема может быть исследована, в частности, при использовании генераторов плазменных потоков - импульсных абляционных плазменных ускорителей (ИПУ) с большой импульсной мощностью.

Для создания плазменного потока в работе использовался абляционный импульсный плазменный ускоритель (ИПУ)[1], который ранее был разработан в Курчатовском институте в рамках программы исследований космических плазменных двигателей. В абляционном ИПУ формируется поток плазмы, плотность энергии в котором может превышать 108 Вт/см2 при длительности импульса от микросекунд до единиц миллисекунд. Изменение конструкции вакуумного фидера позволило увеличить максимальное зарядное напряжение конденсаторов с 10 до 20 кВ, что увеличило начальную энергию до 25 кДж. Проведено исследование эффективности преобразования энергии в ИПУ. Эффективность преобразования электрической энергии в кинетическую энергию потока плазмы достигает 40%, а в тепловую превышает 60%. Определены интегральные характеристики полученного потока плазмы. Скорость истечения плазмы достигает 9.106см/с. Параметры потока плазмы, облучающей образец, могут меняться в довольно широком диапазоне с помощью изменения напряжения источника питания, длительности импульса и расстояния от источника плазмы до образца.

Проведены первые эксперименты по взаимодействию мощного импульсного потока плазмы с образцами из вольфрама. Фотография столкновения потока с вольфрамовыми стержнями диаметром 3 мм показана на Рис. 1.

Рис. 1. Взаимодействие потока плазмы абляционного ИПУ с вольфрамовыми стержнями. Энергия разряда – 6 кДж.

Испаряемая при взаимодействии плазменного потока с поверхностью вольфрама масса составляет около 1 мг. Оценка затрат на нагрев и испарение составляют порядка 100 Дж/мг, что значительно превышает удельную теплоту испарения вольфрама. Для адекватного представления о процессах передачи энергии на поверхность образца необходимо создание модели, учитывающей термодинамические, механические и другие явления, сопровождающие взаимодействие движущейся плазмы с поверхностью.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: проект № 14-08-00770.

Литература

1. Казеев М.Н., Импульсные электродные ускорители плазмы, Энциклопедия низкотемпературной плазмы под ред. В.Е. Фортова, глава IX.8, Москва, «Наука» 2000,. с. 488 – 504.