Воздействие мощного импульсного абляционного плазменного потока на поверхность вольфрама

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

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

В [1] приведены результаты первых экспериментов по взаимодействию мощного импульсного потока плазмы с образцами из вольфрама. Испаряемая при взаимодействии плазменного потока с поверхностью вольфрама масса составила около 1 мг. Оцененные на основе экспериментальных данных затраты на нагрев и испарение составили около 100 Дж/мг, что значительно превышает удельную теплоту испарения вольфрама.

Целью данной работы является исследование взаимодействия импульсного потока плазмы с образцами из вольфрама, разработка полуфеноменологической численной модели взаимодействия потока плазмы с поверхностью, учитывающей явления, сопровождающие взаимодействие движущейся плазмы с поверхностью.

Для создания плазменного потока в работе использовался абляционный импульсный плазменный ускоритель (ИПУ) [2]. В данном ИПУ формируется поток плазмы, плотность энергии в котором может превышать 108 Вт/см2 при длительности импульса от микросекунд до единиц миллисекунд. Скорость истечения плазмы достигает 9·106 см/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.

В экспериментах определялись испаряемая масса и остаточная температура образца. Фото поверхности плоского образца после взаимодействия с потоком плазмы показано на рисунке.



Рисунок. Участок поверхности плоского образца (линейка — 3 мм) после взаимодействия с потоком плазмы. Энергия разряда — 6 кДж, 10 импульсов.

Результаты экспериментов анализируются на основе разработанной модели, с использованием кинетики испарения вещества. Модель описывает импульсный нагрев и испарение образца под действием нестационарного потока энергии и предназначена для прогнозирования и интерпретации экспериментов. Уравнение нелинейной теплопроводности с соответствующими начальными и граничными условиями на поверхности раздела конденсированное вещество — пар вместе с уравнениями кинетики для произвольного потока энергии, падающего на поверхность, решены численно. Это позволяет определить динамику нагрева образца, температуру испарения и скорость истечения паров до начала их интенсивного нагрева.

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

Литература

1. Казеев М.Н., Козлов В.Ф., Койдан В.С., Толстов Ю.С. Исследование испарения вольфрама под действием мощного импульсного абляционного плазменного потока. Тезисы докладов ХLII Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС. г. Звенигород, 9 — 13 февраля 2015 г. Изд. ЗАО НТЦ "ПЛАЗМАИОФАН", с. 347.
2. Казеев М.Н., Импульсные электродные ускорители плазмы, Энциклопедия низкотемпературной плазмы под ред. В.Е. Фортова, глава IX.8, Москва, «Наука» 2000,. с. 488 – 504.