Исследование энергетического баланса и динамики взаимодействия интенсивного потока плазмы с вольфрамом, в условиях, характерных для быстрых процессов в ИТЭР

DOI: 10.34854/ICPAF.2022.49.1.164

1,2Новоселова З.И., 1,2Позняк И.М., 1,2Топорков Д.А., 1,2,3Сафронов В.М., 1Кочнев Д.М., 1Карелов С.В., 1,2Федулаев Е.Д., 1Цыбенко В.Ю.

1Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г.Троицк,  
 г.Москва, Россия, [teufida@gmail.com](mailto:teufida@gmail.com)  
2Московский физико-технический институт, г.Долгопрудный, Россия,   
 [novoselova.zi@phystech.edu](mailto:novoselova.zi@phystech.edu)  
3Проектный центр ИТЭР, г.Москва, Россия, [V.Safronov@iterrf.ru](mailto:V.Safronov@iterrf.ru)

В условиях, характерных для переходных процессов в ИТЭР [1], облучение защитных покрытий вакуумной камеры мощными потоками плазмы повлечёт эрозию материалов, в том числе их интенсивное испарение. При экспериментальном моделировании переходных процессов было показано, что сильному разрушению материалов препятствует эффект паровой экранировки [2]. Этот эффект может оказывать значительное влияние на ресурс защитных покрытий, а также на режимы горения плазменного шнура (поступление примесей). Актуальной задачей является проверка расчётно-теоретических моделей, описывающих переходные процессы в ИТЭР [3], путём сопоставления результатов моделирования с соответствующими экспериментальными данными.

Целью данной работы являлось экспериментальное исследование динамики и энергетических характеристик экранирующего парового слоя, формирующегося при воздействии водородного плазменного потока на вольфрамовые образцы. Эксперименты проводились на импульсной плазменной установке MK-200UG [4]. Фактор теплового воздействия на образцы FHF варьировался в пределах 1 – 7 ГДж/м2с0,5, длительность воздействия *t*pl ≈ 15 мкс. Облучение проводилось для двух значений магнитного поля в мишенной камере установки – *В* = 1 и 2 Тл.

Динамика экранирующего слоя изучалась с помощью быстрой фотокамеры, чувствительной к излучению в вакуумном ультрафиолетовом и мягком рентгеновском диапазонах длин волн. Установлено, что формирование экранирующего слоя происходит менее чем за 2 мкс, после чего его свечение регистрируется в течение 15 – 20 мкс. Скорость расширения паровой плазмы от поверхности мишени составляет 10 – 15 км/с.

Определена зависимость плотности энергии, поглощённой мишенью, *Q*abs, от плотности энергии в налетающем плазменном потоке Qfull, а также мощность радиационных потерь из примишенной плазмы *W*rad. Для этого были изготовлены оснащённые термопарами вольфрамовая мишень (*Q*abs) со встроенным в её центр медным калориметром (*Q*full). Для измерения *W*rad использовалась камера-обскура, оснащённая в качестве регистраторов излучения абсолютно калиброванными AXUV-фотодиодами. Получена зависимость энергии излучения парового слоя от расстояния до мишени. Характерная толщина излучающего слоя составляет 5 см. Установлено, что до 40% энергии налетающего водородного плазменного потока преобразуется в излучение.

Работа выполнена в рамках международного контракта с организацией ИТЭР IO/18/CT/4300001763.

Литература

1. Roth J. et al. – Journal of Nuclear Materials, 2009, V.390-391, P.1-9.
2. Pitts R.A. et al. – Journal of Nuclear Materials, 2013, V.438, P.S48-S56.
3. Pestchanyi S. et al. – Fus. Engineering and Design, 2017, V. 124, P.401-404
4. Федулаев Е.Д. и др. – Труды 62-й конференции МФТИ, Москва, 2019, С.375-376