

Е.Д. ФЕДУЛАЕВ<sup>1,2\*</sup>, И.М. ПОЗНЯК<sup>1,2</sup>, В.А. БАРСУК<sup>1</sup>, Д.А. ТОПОРКОВ<sup>1,2</sup>,  
В.Ю. ЦЫБЕНКО<sup>1,2</sup>, З.И. НОВОСЕЛОВА<sup>1,2</sup>, Е.З. БИРЮЛИН<sup>1,2</sup>,  
И.А. АЛЯБЬЕВ<sup>1,2</sup>, В.С. ЕФИМОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»

<sup>2</sup>НИУ МФТИ

<sup>3</sup>НИЯУ «МИФИ»

\*fedulaev.ed@phystech.edu

## ЗАХВАТ ДЕЙТЕРИЯ В ВОЛЬФРАМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНЫХ ПОТОКОВ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКЕ МКТ

Во время работы термоядерных установок, в том числе ИТЭР, на защитные покрытия вакуумной камеры будут воздействовать мощные плазменно-тепловые потоки. При этом будет происходить захват изотопов водорода конструкционными материалами вакуумной камеры. Исследования этого процесса проводятся на токамаках [1], магнетронах [2], плазменных ускорителях [3]. Целью данной работы было получить данные о захвате дейтерия в вольфрам при воздействии мощных потоков плазмы на установке МКТ (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ») при имитации быстрых процессов в ИТЭР (ELMы, срывы).

В экспериментах использовались пять сборных вольфрамовых мишеней с размерами 130\*130 мм – рисунок 1. В центре каждой из них имеется ряд из 13 элементов (10\*10 мм). По бокам от него расположены по две сплошные вольфрамовые пластины размерами 130\*30 мм. Каждая мишень подвергалась воздействию серии плазменных импульсов, количество которых N равнялось 1, 3, 10, 30 и 100.

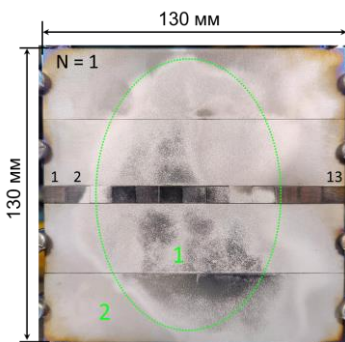


Рисунок 1 – Общий вид вольфрамовой мишени после 1 плазменного воздействия

Тепловая нагрузка на поверхность мишеней описывается гауссовым профилем с максимальным значением  $50 \text{ Дж/см}^2$  и полушириной плазменного потока 2-3 см. Длительность воздействия составляет 20-30 мкс. Величина магнитного поля в области взаимодействия плазмы с мишенью равна 2 Тл. Энергия направленного движения ионов дейтерия достигает 1,3 кэВ.

На рисунке 1 представлен общий вид вольфрамовой мишени после однократного облучения. На поверхности можно выделить 2 области, условная граница между которыми обозначена пунктирной зеленой линией. Непосредственно в центре взаимодействия плазменного потока с образцом (1) расположена область интенсивного распыления и плавления материала. В зоне 2, плавление практически не наблюдается, видны следы интенсивного распыления вольфрама.

Для каждого образца получены изображения поверхности с увеличением на оптическом и электронном микроскопах. При помощи лазерного интерферометра измерена величина шероховатости поверхности. Проведен рентгенофазовый анализ кристаллической структуры и измерены механические напряжения в образцах. Центральные, наиболее теплонагруженные, элементы мишеней исследовались на предмет содержания дейтерия методом термодесорбционного спектрального анализа.

Работа выполнена в рамках договора №17706413348230000070/27-23/01/226/4517-Д от 05.05.2023.

## **Литература**

- [1] K. Sugiyama<sup>1</sup>, M. Mayer, A. Herrmann et al, Deuterium retention in tungsten used in ASDEX Upgrade: comparison of tokamak and laboratory studies, *Physica Scripta*, Volume 2014, Number T159
- [2] С. А. Крат, Е. А. Фефелова, А. С. Пришвицын и др., Накопление дейтерия и гелия в соосажденных вольфрамовых слоях, образующихся в дейтериевой плазме с примесью гелия, *Известия РАН. Серия физическая*, 2022, том 86, № 5, с. 627–632
- [3] А.Б. Путрик, Н.С. Климов, Ю.М. Гаспарян и др., Продукты эрозии обращённых к плазме материалов, образующихся при характерных для ИТЭР импульсных плазменных процессах, и захват изотопов водорода в них, *ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез*, 2014, т. 37, вып. 3