

РФЭС АНАЛИЗ КОМПОНЕНТНЫХ И СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМОЙ *)

**Афанасьев В.П., Лобанова Л.Г., Федорович С.Д., Семенов-Шефов М.А.,
Завгородняя А.М.**

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия, v.af@mail.ru

Переходные металлы молибден и вольфрам широко используются в качестве внутрикамерных материалов термоядерных установок. При взаимодействии поликристаллов молибдена и вольфрама с плазмой, параметры которой соответствуют ожидаемым в термоядерном реакторе, происходит целый ряд принципиальных изменений образцов. Плазменное воздействие приводит к нагреванию, имплантации, распылению, перепылению, радиационно-стимулированному дефектообразованию и т.д. Цикличность работы экспериментальных термоядерных установок приводит к необходимости анализа процессов, происходящих с поверхностью молибдена и вольфрама в принципиально различные моменты работы токамака. В периоды плазменных разрядов образцы находятся в условиях, резко контрастирующих с теми, что наблюдаются в моменты отсутствия разрядов. В отсутствие разрядов создаются условия оксидирования молибдена и вольфрама благодаря относительно большому количеству H_2O в камере токамака. Карбидизация поверхностей молибдена и вольфрама предотвращает их коррозию.

В настоящей работе методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) исследован состав поверхности молибденовых и вольфрамовых образцов, облученных высокоэнергичными потоками стационарной горячей плазмы в плазменной установке ПЛМ [1] (магнитное поле 0.01 Тл, в каспах до 0.2 Тл, ток плазменного разряда до 15 А, плотность плазмы до $3 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$, электронная температура до 4 эВ с фракцией горячих электронов до ~ 30 эВ, стационарный разряд более 200 мин, плазменно-тепловая нагрузка на испытываемые образцы 1 – 5 МВт/м², ионный поток до $3 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, рабочий газ – гелий). РФЭС спектры измерены на установке Kratos Axis Ultra DLD с использованием Ka линии Al с монохроматором в геометрии magic angle. Исследовались образцы из молибденовой и вольфрамовой фольги, необработанные плазмой, а также образцы, обработанные гелиевой плазмой.

Результаты РФЭС экспериментов показали, что минутная выдержка образцов при температуре 700°C приводит к удалению оксидов MoO_3 и WO_3 с поверхности образцов. На образцах вольфрама наблюдается появление карбида WC в количестве 12%. На молибденовых образцах четко прослеживается рост слоя бикарбида молибдена Mo_2C с увеличением длительности плазменной обработки. Photoelectron spectra analysis (PES) анализ образцов вольфрама не показал изменения аллотропного вида вольфрама в образованиях типа «фольги».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (FSWF-2023-0016).

Литература

- [1]. Будаев В.П., Федорович С.Д., Лукашевский М.В., Мартыненко Ю.В., Губкин М.К., Карпов А.В., Лазукин А.В., Шестаков Е.А., ВАНТ, 2017, 40, 23.

*) [DOI – тезисы на английском](#)