

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В ОБЛАСТИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРОТОТИПА ЭЛЕМЕНТА ПЕРВОЙ СТЕНКИ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА УСТАНОВКЕ ПЛМ-М^{*)}

^{1,2}Муравьева Е.А., ^{1,2}Кавыршин Д.И., ¹Будаев В.П., ¹Федорович С.Д., ^{1,2}Чиннов В.Ф.,
¹Чан К.В., ¹Мязин А.С.

¹Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

²Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

Обращенные к плазме элементы облицовки камеры термоядерного реактора будут подвергаться воздействию потока нейтронов, электромагнитному излучению а также воздействию плазменных потоков высокой плотности, что приведет к деградации поверхности облицовки. На созданной в «НИУ «МЭИ» установке ПЛМ (плазменный линейный мультикасп) проводятся испытания материалов, перспективных для использования в качестве первой стенки, в близких к условиям реактора условиях в стационарном режиме в целях исследования эрозии прототипов первой стенки.

Параметры гелиевого плазменного разряда, используемого в установке ПЛМ: магнитное поле - до 0.03 Тл, в каспах - до 0.2 Тл, диаметр плазменного разряда - около 3.5 см, температура электронов - $1 \div 10$ эВ, плотность плазмы - $10^{12} \div 10^{13}$ см⁻³, потоки ионов гелия на испытываемые образцы - до 10^{22} м⁻²с⁻¹.

Плазменная установка ПЛМ оснащена оптической и зондовой системами диагностики плазмы. Монохроматор-спектрограф MS7504(i) позволяет регистрировать излучение плазмы в диапазоне от 200 до 1100 нм со спектральным разрешением 0.013 нм и пространственным ~ 100 мкм. Одновременно регистрируемый при этом спектральный интервал составляет 16.5 нм. На выходе монохроматора установлена ПЗС камера. С помощью монохроматора-спектрографа MS7504(i) в сочетании с оптоволоконным четырехканальным спектрометром AvaSpec выполняется регистрация оптических спектров излучения плазмы вблизи поверхности введенных в неё образцов конструкционных материалов.

С целью увеличения плотности энергии (моделирования воздействия ЭЛМов и срывов плазмы на стенку) были проведены измерения оптических спектров в зоне приповерхностной плазмы при дополнительном воздействии на поверхность мишени импульсов Nd:YAG лазера длительностью 10 нс с энергией 0.5 Дж на длине волны 1064 нм. Воздействие лазера практически не оказывает влияния на интенсивность гелиевых линий, при этом приводя к абляции поверхности образца и появлению в спектре линий атомарного вольфрама, интенсивность которых обратно пропорциональна регистрируемой интенсивности рассеянного лазерного излучения и растёт с каждым импульсом.

Вейвлет-преобразование зарегистрированного в гелиевой плазме установки ПЛМ сигнала зонда содержит информацию о турбулентных структурах. Доминирующее влияние оказывают структуры, связанные с временными масштабами 120 микросекунд. При действии лазерного импульса на материал происходит изменение свойств приповерхностной плазмы, наблюдается иерархичность турбулентных структур на масштабах от 10 до 500 мкс. Такое поведение типично наблюдается в турбулентности периферийной плазмы термоядерных установок и вызывается дальними корреляциями дрейфово-диссипативной (низкочастотной электростатической) турбулентности плазмы.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ 21-79-10281.

Литература

- [1]. V.P. Budaev et al., “The PLM Plasma Device for Tests of Tungsten with Powerful Stationary Heat Plasma Loads”, Phys. Atom. Nuclei, 82, 1281–1291 (2019);
<https://doi.org/10.1134/S1063778819090023>

^{*)} DOI – тезисы на английском