

ПЛАЗМЕННАЯ УСТАНОВКА ПЛМ-М ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБЛИЦОВКИ ГИБРИДНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ^{*)}

¹Федорович С.Д., ^{1,2}Будаев В.П., ¹Дедов А.В., ¹Кавыршин Д.И., ^{1,2}Карпов А.В.,
¹Чан К.В., ¹Лукашевский М.В., ¹Губкин М.К., ^{1,2}Рогозин К.А.

¹НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия, fedorovichsd@mail.ru

²НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

С целью испытаний тугоплавких материалов стационарными плазменными нагрузками с плотностью мощности $1 - 5 \text{ МВт/м}^2$, моделирующими стационарную нагрузку на пластины дивертора гибридного термоядерного реактора, в НИУ «МЭИ» сооружена плазменная установка ПЛМ-М – плазменный линейный мультикасп модернизированный. Плазменные испытания материалов в ПЛМ-М дополнены облучением мощными лазерными импульсами, что имитирует уровень импульсной нагрузки ЭЛМов и срывов на диверторные пластины ожидаемые в реакторе, в том числе, в ИТЭР.

Магнитная система установки ПЛМ-М построена по схеме линейного мультикаспа - восьмипольный мультикасп. Продольное магнитное поле создается соленоидом для обеспечения МГД устойчивости разряда. Такая восьмипольная схема плазменной ловушки является уникальной в мире. Параметры ПЛМ-М: диаметр/длина разрядной камеры – 15/100 см, продольное магнитное поле на оси плазменного разряда до 0,035 Тл, индукция магнитного поля вблизи стенок камеры до 0,2 Тл, диаметр горячей зоны цилиндрического плазменного разряда 3,5 см задается диаметром апертуры анода, плотность плазмы $(0,1 - 2) \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, электронная температура 2 – 10 эВ с фракцией горячих электронов до 50 эВ, ионный поток из плазмы на испытуемые материальные образцы до $1 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, мощность плазменно-тепловой нагрузки на испытуемые образцы 0,4 – 4,5 МВт/м², длительность разряда – стационарная до 500 мин и более, плазмообразующий рабочий газ - гелий. Для размещения в плазменном пучке охлаждаемых образцов теплозащитной облицовки гибридного термоядерного реактора служит ресиверная камера диаметром/длиной 100/200 см. Система откачки с использованием безмаслянных вакуумных насосов обеспечивает достижение давления в рабочей камере и ресивере до $7 \cdot 10^{-7}$ Торр. Ионизация атомов плазмообразующего газа в ПЛМ-М происходит в результате электронного удара в зоне катодного узла. Система дополнительного ВЧ-нагрева с использованием геликоновой антенны в ПЛМ-М будет использоваться для достижения плотности электронов плазмы до 10^{20} м^{-3} и температуры электронов 15 эВ и более.

Система оптической диагностики приповерхностной плазмы в ПЛМ-М состоит из монохроматора-спектрографа MS7504(i), оптической линии с коллиматором и четырехканального спектрометра AvaSpec с оптоволоконным кабелем для регистрации излучения в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм с разрешением 0,013 нм. Одновременно регистрируемый интервал длин волн 16,5 нм, пространственное разрешение 0,01 см. Регистрация спектров выполняется ПЗС камерой с частотой до 500 кГц.

Система зондовой диагностики состоит из подвижных ленгмюровских зондов, погружаемых электроприводом в плазму со скоростью до 1 м/с.

Измерения спектров оптической диагностикой выполнены при поддержке гранта РФФ 21-79-10281.

Литература

- [1]. V.P. Budaev et al. Erosion of Fuzz Layers Formed in Steady-State Plasma Discharge // Fusion Science and Technology. – 2022. DOI: 10.1080/15361055.2022.2118471

^{*)} DOI – тезисы на английском