Режимы нагрева плазмы в установке ПЛМ-М [[1]](#footnote-1)\*)

1Чан К.В., 1,2Будаев В.П., 1Дедов А.В., 1Федорович С.Д., 1,3Кавыршин Д.И., 1,2Карпов А.В., 2Мартыненко Ю.В., 1Комов А.Т., 1Лубенченко А.В., 1Лукашевский М.В., 1Захаренков А.В., 1Губкин М.К., 1Васильев Г.Б., 1Рогозин К.А., 1Коньков А.А., 1Квасков В.С.

1Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия
2Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия
3Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
 (ОИВТ РАН) , Москва, Россия

Плазменная линейная магнитная ловушка ПЛМ-М [1] построена на базе имеющейся установки ПЛМ (НИУ «МЭИ») [2] с целью полномасштабных испытаний материалов, макетов и прототипов стенки и дивертора будущих термоядерных реакторов. Установка позволяет получить плазму с параметрами, способными обеспечить соответствующие реакторным плазменные нагрузки на материалы.

Для формирования плазменного разряда в установке ПЛМ-М использован танталовый катод. Анод цилиндрической формы с внутренним отверстием 35 мм изготовлен из меди и закреплен на стальном кольце, обеспечивающем теплоотвод на водоохлаждаемую камеру. Нагрев плазмы осуществляется за счет процесса ступенчатой ионизации электронным ударом атомов плазмообразующего газа (гелия). Необходимая для процесса ступенчатой ионизации плотность тока электронов достигается за счет электронной термоэмиссии с катода. Мощность нагрева катода – до 2 кВт. Ток эмиссии катода достигает до 30 А. Важной особенностью разряда является генерация плазмы вблизи оси плазменной камеры, что позволяет минимизировать потери плазмы, снизить тепловые нагрузки на стенки камеры и использовать источники в непрерывном режиме. Проведены спектроскопические измерения интенсивности спектральных линий атомарного гелия. Полученные оценки температуры электронов составили 1 ÷ 3 эВ. Плотность электронов достигала 5 × 1018 м–3. Оцененная плотность теплового потока на поверхность, обращенную к плазме составляет 2 ÷ 4 МВт/м2.

С целью повышения плазменных параметров в установке ПЛМ-М была разработана и изготовлена система стационарного дополнительного ВЧ-нагрева с использованием геликонной антенны. Система дополнительного ВЧ-нагрева состоит из геликонной антенны, источника ВЧ-питания, системы согласования, системы охлаждения. Конструкция геликонной антенны была предложена для обеспечения стационарного режима работы. Максимальная входная мощность − 4 кВт, частота − 27,12 МГц. Кварцевое стекло помещается внутрь антенны, чтобы избежать прямого контакта между антенной и плазмой. Изготовлена ​​ система согласования, состоящая из двух вакуумных переменных конденсаторов номинальной емкостью от 20 до 1000 пФ. Эта система может обеспечить гарантированную работу в широком диапазоне сопротивлений нагрузки. Ожидается, что с помощью системы дополнительного ВЧ-нагрева можно получить температуру электронов выше 10 эВ, плотность электронов (1 – 10) × 1019 м−3 при величине магнитного поля на оси до 0,03 Тл.

Спектроскопическое исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 21-79-10281, испытания материалов на установке ПЛМ - при поддержке проекта № 223 ЕОТП-УТП 774/158-Д ГК «Росатом» ЧУ «Наука и инновации», анализ поверхности материалов проведен при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (FSWF-2020-0023), оценки радиационных эффектов проведены при поддержке гранта РФФИ 19-29-02020.

Литература

1. V.P. Budaev et al 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1383 012016
2. Будаев В.П. и др.  Ядерная физика и инжиниринг, 2018, том 9, № 3, с. 127–138
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Mu/en/CB-Chan_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)