

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ С МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ ВЧ-ИСТОЧНИКА ГЕЛИКОННОГО ТИПА: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ^{*)}

Степанов Н.О., Черкез Д.И., Спицын А.В.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Stepanov_NO@nrcki.ru

Одной из приоритетных задач при проектировании термоядерных реакторов (ТЯР) следующих поколений является изучение взаимодействия плазмы с обращенными к ней материалами (ОПМ). Так, ОПМ во время эксплуатации реактора будут взаимодействовать с большими стационарными тепловыми и корпускулярными потоками, которые будут приводить к эрозии поверхности, смещению атомов из узлов кристаллической решетки и активации. Помимо этого, будут происходить процессы захвата с последующей диффузией в теплоноситель тяжелого изотопа водорода – трития, влияющие на рециклинг топлива и накладывающие дополнительные ограничения, связанные с радиационной безопасностью, а совместное влияние всех перечисленных факторов способно провоцировать новые негативные эффекты [1]. Несмотря на важность изучения взаимодействия плазмы с ОПМ, эксплуатирующиеся сегодня ТЯР не в состоянии обеспечить нужные параметры плазменного потока и длительности импульса, на уровне ожидаемом в ИТЭР и ДЕМО. Поэтому, для проведения материаловедческих исследований, целесообразно создание высокопоточных источников плазмы. Безэлектродные источники на основе ВЧ-генераторов, в том числе геликонного типа способны создавать плазму с высокой плотностью и однородностью, чувствительную к внешним параметрам, таким как давление газа и величина магнитного поля [2], а также имеют ряд преимуществ, среди которых: возможность варьирования плотности и потока плазмы в широком диапазоне, отсутствие эродирующих электродов и высокая плотность плазмы $\sim 10^{11} \div 10^{13}$ см⁻³.

Для проведения исследований по взаимодействию дейтериевой плазмы с перспективными материалами ТЯР в НИЦ «Курчатовский институт» был собран экспериментальный стенд ГПИ-2, созданный на основе ВЧ-генератора мощностью 2 кВт и работающего на частоте 13,56 МГц [3]. Ранее, с помощью зондовой диагностики, были определены некоторые параметры плазмы, плотность ($n_e = 2,5 \cdot 10^9 \div 1 \cdot 10^{11}$ см⁻³) и температура ($T_e = 2,3 \div 7$ эВ) электронов, в зависимости от величины вводимой мощности ($W = 300 \div 5000$ Вт), давления дейтерия ($0,6 \div 6$ Па) и магнитного поля в области геликонной антенны ($0 \div 90$ мТл). На сегодняшний день завершен первый этап модернизации экспериментального стенда, включающий в себя: установку внутривакуумной катушки магнитного поля (до 0,4 Т) для возможности варьирования линейного профиля, оптимизацию геометрии геликонной антенны [4], создание зондов Ленгмюра с возможностью линейного перемещения, для определения радиального профиля плотности, автоматизацию сбора экспериментальных данных.

Исследование выполнено в рамках научной программы Национального центра физики и математики, направление № 8 «Физика изотопов водорода».

Литература

- [1]. M.J. Baldwin, D. Nishijima, M.I. Patino, et al / Pisces-RF: A helicon-plasma based linear-device for the study of fusion relevant plasma-materials-interactions/ Nuclear Materials and Energy, Volume 36, 2023.
- [2]. Геликонный источник плотной плазмы для линейных плазменных установок / Е. И. Кузьмин, И. В. Шиховцев // Физика плазмы. –2021. –№6. –С. 507 – 517.
- [3]. Проект установки для изучения взаимодействия плазмы с материалами на основе ВЧ-источника геликонного типа / Д. И. Черкез, Н. П. Бобырь, А. В. Спицын, С. С. Ананьев // Вопросы атомной науки и техники. –2020. –№3.–С. 101 – 110.
- [4]. F.F. Chen, 1991, Plasma Phys. Control. Fusion, 33, 339

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)