Исследование стохастической кластеризации поверхности тугоплавких материалов при воздействии плазменных потоков в установке ПЛМ

1Будаев В.П., 1Федорович С.Д., 2Мартыненко Ю.В., 2Карпов А.В., 1Лукашевский М.В., 1Губкин М.К., 1Герасимов Д.Н., 2Шестаков Е.А., 1Лазукин А.В., 1Свиридов Е.В., 1Рогозин К.А., 1Марченков А.И., 1Гвоздевская Д.С.

1Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия,
 budaev@mail.ru
2Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва,
 Россия

Испытания вольфрамовых мишеней, лимитеров и деверторных пластин в современных токамаках показали возможность значительного изменения структуры поверхности под действием мощных плазменных нагрузок [1]. Для сооружения ИТЭР, а также разработки проектов термоядерных реакторов ТИН и ДЕМО, требуются полномасштабные испытания материалов дивертора и первой стенки. Исключительно важным представляется обеспечить адекватные условия плазменной нагрузки на материалы [1], в которых следует исследовать процессы изменения структуры поверхности, обращенной к плазме. Для таких целей сооружена установка ПЛМ [2]. Установка представляет собой линейную магнитную ловушку с мультикасповой схемой магнитного удержания плазмы – 8-польный мультикасп. Особенностью этой установки является стационарный режим многочасового удержания плазмы, что представляет преимущество для испытания материалов дивертора и стенки термоядерного реактора.

С помощью метода ленгмюровского электрического зонда были проведены измерения параметров гелиевой плазмы в установке ПЛМ. Анализ вольт-амперной характеристики показал в переходном диапазоне напряжений от –44 В до 0 наличие двух зон с различным экспоненциальным законом, что свидетельствует о двух популяциях (фракциях) электронов с «горячей» и «холодной» температурой. Полученные оценки температуры горячей фракции электронов составили 40 – 50 эВ, холодной фракции электронов ⎯ от 7 до 10 эВ. Плотность электронов достигала 2 x 1018 м–3. Проведены спектроскопические измерения интенсивности спектральных линий атомарного гелия. Вольфрамовые и молибденовые тестовые пластины были испытаны в стационарных гелиевых разрядах в установке ПЛМ. Длительность разрядов в установке ПЛМ достигала 200 минут. Тепловая нагрузка на поверхность тестовых пластин более 1 МВт/м2. Температура нагрева пластин достигала 1000оС. На пластинах после испытаний методом электронной микроскопии наблюдалась стохастическая наноструктурированная поверхность с размерами структурных элементов менее 100 нм.

Работа поддержана грантом РНФ 17-19-01469, изготовление АСНИ поддержано Мегагрантом РФ № 14.Z50.31.0042.

Литература

1. Будаев В.П. ВАНТ сер. Термоядерный синтез, 38, 4, 5 (2015)
2. Будаев В.П. и др. ВАНТ сер. Термоядерный синтез, 40, 3, 23 (2017)