Модернизированный мощный атомарный инжектор с током пучка 150 А для нагрева и стабилизации плазмы в магнитных ловушках

DOI: 10.34854/ICPAF.2023.50.2023.1.1.083

Дейчули П.П., Амиров В.Х., Ахметов Т.Д., Белов В.П., Бруль А.В., Вахрушев Р.В., Горбовский А.И., Давыденко В.И., Дейчули Н.П., Иванов А.А., Капитонов В.А., Колмогоров В.В., Ращенко В.В., Сорокин А.В., Ступишин Н.В., Орешонок В.В., Шиховцев И.В.

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия, pdeichuli@yandex.ru

Атомарный инжектор на базе источника положительных ионов с извлеченным током 150 А мощностью до 2.5 МВт для нагрева плазмы описан в [1]. Благодаря большому току пучка (до 175 А) эти инжекторы используются также для стабилизации плазмы и в системах с обращенным магнитным полем. Недостатком инжектора является небольшая рабочая длительность импульса и сравнительно высокая расходимость в поперечном направлении относительно щелевой структуры ИОС. В данной работе описываются исследования, направленные на уменьшение данных недостатков и создание модернизированного мощного атомарного инжектора.

Для получения рекордного ионного тока инжектора в источнике плазмы применена схема слияния струй плазмы от 4-х источников, при этом для сохранения компактности используются дуговые генераторы с холодным катодом. Причиной ограничения длительности импульса является эрозия катода и прикатодных элементов генераторов при повышении мощности разряда. Основываясь на результатах исследований [2] удалось создать компактный источник плазмы с рабочей длительностью импульса до 0.6 сек и эмиссией ионов 150 А.

В используемой 3-электродной ИОС измеренная угловая расходимость пучка в направлении вдоль щелей является практически предельно низкой, т.е. определяется температурой ионов плазмы эмиттера. Расходимость пучка в поперечном направлении в большой степени определяется точностью изготовления первой (плазменной) сетки ИОС и значительно в ≈ 1.5 ÷ 2 раза могла превышать расчетную. Моделированием формирования пучка и экспериментальной проверкой найдены оптимальная форма геометрии плазменной сетки, минимизирующая влияние погрешности изготовления на расходимость пучка.

Для повышения высоковольтной надежности ИОС и быстрейшего вывода инжекторов на рабочие параметры разработана и применена технология кондиционирования электродов, основанная на тренировке дозированными пробоями на фоне тлеющего разряда [3]. Установлено, что хаотичные колебания на токе разряда (“шумы”) также приводят к повышенной расходимости пучка. Модернизация системы питания дугового разряда с целью уменьшения шумов тока разряда позволила улучшить угловую расходимость пучка.

Литература

1. Low energy, high power hydrogen neutral beam for plasma heating. Deichuli P., Davydenko V., Ivanov A., Mishagin V., Sorokin A., Stupishin N., Korepanov S., Smirnov A. Review of Scientific Instruments. 2015. Т. 86. № 11. С. 113509.
2. Модернизация дугоразрядного генератора плазмы для мощных атомарных инжекторов секундного диапазона. *Дейчули П.П., Бруль А.В., Вахрушев Р.В., Дейчули Н.П., Иванов А.А., Ступишин Н.В., Колмогоров В.В.* В книге: XLIX Международная звенигородская конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу ICPAF-2022. Сборник тезисов докладов. 2022. С. 100.
3. Емельянов, А.А., Емельянова В.А. Импульсные технологии повышения электрической прочности в вакууме. М. : Физматлит, 2009.