Исследование систем формирования ионного пучка на установке GISMO [[1]](#footnote-1)\*)

Выбин С.С., Изотов И.В., Скалыга В.А., Киселёва Е.М., Поляков А.В., Боханов А.Ф.

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук, г. Нижний Новгород, Россия

Задача формирования интенсивных пучков легких ионов высокого качества является актуальной на данный момент. В основном такие пучки применяются для инжекции в ускорители. Рассмотрим некоторые примеры актуальных достижений в разработке ионных инжекторов. Источник для проекта FRANZ [1] формирует протонный пучок с током 100 мА, энергией 95 кэВ и нормализованным среднеквадратичным эмиттансом 0.25 π мм мрад. Также для установки IFMIF [2] был получен пучок ионов дейтерия с током 140 мА, энергией 100 кэВ и нормализованным среднеквадратичным эмиттансом 0.2 π мм мрад. При этом средняя плотность потока плазмы в области экстракции не первышала 200 мА/см2. В качестве источника плазмы в этих случаях выступает ЭЦР разряд с нагревом на частоте 2.45 ГГц при вкладываемой мощности в несколько кВт. Источники данного типа зарекомендовали себя как надежные установки, отличающиеся стабильной и долгосрочной работой. Основное ограничение данных ионных инижекторов — умеренная плотность потока плазмы, что приводит к использованию плазменных электродов с большой апертурой (около 1 см в диаметре) для получения пучка с высоким током. Улучшение характеристик ионных инжекторов возможно за счет повышения плотности потока плазмы. При этом предпочтение отдается сохранению частоты греющего излучения на прежнем уровне. Соответственно проводятся исследования нагрева плазмы в режимах, когда концентрация превышает критическое значение для греющей частоты [3].

Другим методом повышения концентрации является использование для нагрева плазмы излучения с большей частотой и мощностью. В этой парадигме был разработан газодинамический ионный источник GISMO (Gasdynamic Ion Source for Multipurpose Operation). Для нагрева плазмы в нем используется излучение гиротрона [4] с частотой 28 ГГц и мощностью до 10 кВт. Относительно небольшой объем плазмы обеспечивает высокий удельный энерговклад (на уровне 250 Вт/см3). Это позволяет извлекать ионные пучки с начальной плотностью тока более 1 А/см2 [5].

Данная работа посвящена разработке систем, способных извлекать пучки с плотностью тока порядка 1 А/см2, а также исследованию режимов их работы при различных внешних условиях (давление напускаемого газа, мощность СВЧ излучения, геометрия экстрактора). Ионный пучок извлекался из плазмы с использованием двухэлектродной системы экстракции, а его ток измерялся с помощью цилиндра Фарадея.

Литература

1. Akagi T., Bellan L., Bolzon B., et al., Rev. Sci. Instrum. 2020, **91**, 023321. DOI: 10.1063/1.5129598
2. Berezov R., Delferriere O., Fils J., et al., Rev. Sci. Instrum. 2019, **90**, 123309. DOI: 10.1063/1.5127820
3. Castro G., Mascali D., Gammino S., et al., Plasma Sources Sci. Technol. 2017, **26**, 055019. DOI: 10.1088/1361-6595/aa61c4
4. Bykov Yu., Denisov G., Eremeev A., et al., Rev. Sci. Instrum. 2004, **75**, 1437. DOI: 10.1063/1.1690480
5. Skalyga V.A., Izotov I.V., Vybin S.S., et. al., J. Phys.: Conf. Ser. 2022, **2244**, 012092. DOI: 10.1088/1742-6596/2244/1/012092
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Lt/en/ES-Vybin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)