

ДВУХКООРДИНАТНАЯ ДОПЛЕРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПУЧКА БЫСТРЫХ АТОМОВ ВОДОРОДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ РАСХОДИМОСТИ ^{*)}

¹Дейчули П.П., ¹Бруль А.В., ¹Дейчули Н.П., ²Куликова Д.А.

¹ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Для измерения угловой расходимости атомарного пучка, сформированного в щелевой ИОС, применен бесконтактный метод – доплеровская спектроскопия. В ИОС с щелевой структурой угловая расходимость пучка имеет разные значения по направлениям вдоль и поперёк щелей – поперечная и продольная расходимости. Для измерения обоих параметров в принципе можно измерять уширение линий Н-альфа (D-альфа) в спектре пучка используя линии наблюдения в осевых плоскостях перпендикулярно и параллельно щелям ИОС. Однако в реальной схеме инжектора в уширение линий дают вклад несколько факторов среди которых уширение, связанное с собственно угловой расходимостью, часто является не самым значимым и трудно выделяемым. Угловые расходимости пучка можно измерить по измерению профилей в поперечном сечении пучка линейками датчиков на различных расстояниях от ИОС, однако это контактный метод при предельных тепловых нагрузках.

Среди основных факторов уширения линий можно выделить:

а) разброс угла между линией наблюдения и линиями пучка связанный с фокусировкой пучка. Размах разброса определяется отношением апертуры ИОС и фокусного расстояния.

б) наличие угловой расходимости элементарных пучков ИОС из-за конечной поперечной температуры плазмы эмиттера и влиянием неоднородностей электрических полей в ИОС из-за многоапертурной структуры ИОС. Разброс поперечных скоростей можно охарактеризовать условной поперечной температурой и ее отношением к энергии ускорения eU .

в) разброс продольных скоростей, связанный с температурой плазмы эмиттера и нестабильностью ускоряющего напряжения $U(t)$ за время импульса. Как показано в [1] при ускорении частиц с некоторым стартовым разбросом продольных скоростей до большой энергии влияние этого разброса резко уменьшается.

На практике в структуре поперечной угловой расходимости вклад от температуры плазмы эмиттера заметно меньше либо значительно меньше вклада от формирования пучка в ИОС. Поскольку продольная угловая расходимость всегда меньше поперечной и почти не изменяется при варьировании тока пучка в широких пределах, то интересной и критически важной для транспортировки мощных пучков является угловая расходимость поперек щелей.

Идея двухкоординатной доплеровской спектроскопии заключается в измерении разности уширения линий фракций пучка при их одновременном наблюдении в плоскостях, сориентированных параллельно и перпендикулярно щелям ИОС. Как показано в [1] результирующий профиль линии при воздействии нескольких факторов с хорошей точностью описывается гауссовской функцией с суммированием квадратичных факторов уширения. При измерении разностного фактора одинаковые слагаемые, такие как температура, фокусировка, нестабильность ускоряющего напряжения и т.п. не требуют определения т.к. сокращаются, что позволяет измерение фактора поперечной угловой расходимости. В данной работе приведены результаты таких измерений для инжектора аналогичного [2].

Литература

- [1]. Ott W., Penningsfeld F.P. Spectroscopic determination of species and divergence of hydrogen beams in the W7AS neutral beam injectors. – 1993.
- [2]. Deichuli P., Davydenko V., Ivanov A., Mishagin V., Sorokin A., Stupishin N., Korepanov S., Smirnov A. Low energy, high power hydrogen neutral beam for plasma heating. Review of Scientific Instruments. 2015. v. 86. № 11. p. 113509.

^{*)} DOI – тезисы на английском