Моделирование потоков атомов перезарядки для многохордовой корпускулярной диагностики в случае ионной функции распределения с угловой анизотропией

В.В. Толмачева, П.Р. Гончаров, В.Ю. Сергеев, Н.Н. Бахарев\*, А.Д. Мельник\*

ФГАОУ ВО «СПбПУ», Санкт-Петербург, Россия, v.tolmacheva@spbstu.ru
\*ФГБУН «ФТИ им. А.Ф. Иоффе», Санкт-Петербург, Россия

Функция распределения ионов относится к ключевым характеристикам термоядерной плазмы, поскольку распределение топливных ядер по скоростям определяет скорость реакции синтеза, мощность реактора, выход нейтронов и их энергетический спектр. От ионной функции распределения зависит плотность продольного тока быстрых ионов, определяющая эффективность неиндукционной генерации электрического тока по плазме методом инжекции быстрых нейтральных пучков [1]. Как инжекция быстрых нейтральных пучков, так и ионный циклотронный нагрев создают в плазме популяции надтепловых ионов с анизотропной немаксвелловской функцией распределения.

Недавняя работа [2] посвящена полуаналитическим расчетам ионной функции распределения в термоядерной плазме. В качестве экспериментальных методов исследования ионной функции распределения могут быть использованы: нейтронная диагностика, основанная на измерении уширения энергетических спектров нейтронов; диагностика коллективного томсоновского рассеяния, где изучается движение электронных облаков, экранирующих ионы; диагностика FIDA (Fast Ion D Alpha), основанная на измерении уширения линии излучения D; диагностика -излучения быстрых ионов и корпускулярная диагностика, основанная на измерении энергетических спектров вылетающих из плазмы атомов перезарядки Наиболее прямым из перечисленных методов является многохордовая корпускулярная диагностика. Пример двадцатихордового энергоанализатора с высоким угловым и энергетическим разрешением на базе твердотельного детектора описан в [3].

Если функция распределения ионов изотропна, задача восстановления ионной функции распределения по данным пассивных многохордовых измерений решается с помощью обобщённого на случай некруговых изолиний преобразования Абеля [4]. В общем случае при наличии угловой анизотропии в данных пассивной диагностики оказывается «перемешанной» информация не только о радиальном, но и об угловом распределении, в связи с чем строгий количественный анализ угловой зависимости ионной функции распределения по этим данным очень сложен и требует обращения соответствующего интегрального выражения [5]. Ввиду отсутствия решения задачи обращения, прямое моделирование является единственным практическим способом, позволяющим оценить возможности качественного и количественного анализа угловой зависимости анизотропной функции распределения надтепловых ионов по диагностическим данным. В докладе будут представлены результаты моделирования для планируемой диагностики на сферическом токамаке Глобус-М с использованием сканирующего компактного анализатора атомов перезарядки.

Литература

1. J. Wesson, Tokamaks, Clarendon Press, Oxford, 2004, p 137-139
2. P.R. Goncharov et al., Phys. Plasmas, 2010, vol. **17**, 112313
3. T. Ozaki et al., Rev. Sci. Instrum., vol. **83**, 10D920 (2012)
4. В.В. Пикалов, Н.Г. Преображенский — Реконструктивная томография в газодинамике и физике плазмы, Новосибирск, издательство «Наука», сибирское отделение (1987)
5. P.R. Goncharov et al., Rev. Sci. Instrum., vol. **79**, 10F311 (2008)