Исследование периферийной плазмы токамака глобус-м с помощью Подвижного зонда

В.А. Токарев, В.К. Гусев, Н.А. Хромов, М.И. Патров, Ю.В. Петров

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,   
[Valentin.Tokarev@mail.ioffe.ru](mailto:Valentin.Tokarev@mail.ioffe.ru)

В токамаках существует область SOL, где силовые линии магнитного поля незамкнуты. Характерные длины спада параметров плазмы в SOL во многом определяют плотность потока тепла, идущего на стенку и дивертор, и являются одними из важных параметров для работы будущих установок, основанных на идее УТС.

Целью данной работы было изучение SOL на сферическом токамаке Глобус‑М с помощью подвижного зонда, который установлен в экваториальной плоскости. Подвижный зонд представляет собой систему из четырёх электродов, изготовленных из молибдена (диаметром 2,5 мм и длиной 2 мм). Изоляторы зонда выполнены из нитрида бора. Данная конструкция может как единое целое смещаться на расстояние до 60 мм между выстрелами.

Для измерений применялся метод «гармоник» [1], суть которого состоит в подаче на зонд синусоидального модулирующего напряжения, и снятии зависимости промодулированного тока от времени. Раскладывая полученный сигнал тока в спектр на каждом периоде, можно рассчитать электронную температуру и концентрацию по следующим формулам:

 (1)

 (2)

где *e* — заряд электрона, *Ap* — собирающая поверхность зонда, *kB* — постоянная Больцмана, *U*0 — амплитуда модулирующего напряжения на данном периоде, |*I*1ω|, |*I*2ω| — амплитуда первой и второй гармоники соответственно, I0, I1 — функции Инфельда нулевого и первого порядка. Частота модулирующего напряжения в экспериментах составляла 87 кГц, а амплитуда 15 В.

В ходе работы были определены характерные длины спада следующих величин: электронной температуры (*λTe*), концентрации электронов (*λne*) и плотности теплового потока (*λ*q). Измерения проводились для серий разрядов с различным током по плазме, так как известные скейлинги [2, 3] предсказывают сильную обратную зависимость длины спада плотности теплового потока от этой величины. Из таблицы видно, что полученные величины находятся в качественном соответствии со скейлингом Голдстона (*λ*Goldston*ne*) [2], и со скейлингом Эйха (*λ*Eichq) [3].

Таблица. Характерные длины спадов для различных величин.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Серия** | ***I*p, кА** | ***λTe*, мм** | ***λne*, мм** | ***λ*Goldston*ne*, мм** | ***λ*q, мм** | ***λ*Eichq, мм** |
| #34435 – 34444 | 115 | 26,6 *±*7,0 | 16,9 *±*1,6 | 16,5 | 8,6 *±*1.7 | 9,5 |
| #34350 – 34355 | 150 | 31,3 *±*9,8 | 11,0 *±*3,4 | 12,.4 | 7,2 *±*0.9 | 7,9 |
| #34398 – 344403 | 200 | 31,2 *±*10,3 | 9,2 *±*1,0 | 10,2 | 6,4 *±*0.8 | 6,2 |

Литература

1. Boedo J.A., et al, “On the harmonic technique to measure electron temperature with high time resolution”, Rev. Sci. Instrum. 70 (1999) 299
2. Goldston R.J., “Heuristic drift-based model of the power scrape-off width in low-gas-puff H-mode tokamaks”, Nucl. Fusion 52 (2012) 013009 (7pp)
3. Eich T., et al, “Inter-ELM Power Decay Length for JET and ASDEX Upgrade: Measurement and Comparison with Heuristic Drift-Based Model”, Physical review letters 107 2011 215001