Оптимизация оптических ловушек для H-альфа спектроскопии ИТЭР в рамках синтетической диагностики

А.Г. Алексеев1, Е.Н. Андреенко1, А.Б Кукушкин1,2, В.С. Неверов1

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия  
2Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия

Перед диагностикой «Н-α и видимый свет в ИТЭР» стоит задача выделения полезного сигнала – свечения пристеночной области плазмы в основной камере (scrape-off-layer, СОЛ) – из полного сигнала, в котором может доминировать вклад (имеющего близкий спектральный состав) т.н. рассеянного диверторного света (РДС), излученного в диверторе и отраженного в детектор металлической первой стенкой [1, 2]. Для решения этой проблемы было предложено измерение по «раздвоенной» хорде [1], реализуемое как одновременное наблюдение двух участков на первой стенке – близких, но с заметно или сильно отличающимися коэффициентами отражения света *Rw*. Это позволит «вычитать» неизвестный вклад РДС при следующих условиях: (i) спектральная интенсивность полезных сигналов одинаковы на обеих хордах; (ii) нормированные спектральные интенсивности (контура линии) РДС одинаковы на обеих хордах. Различие величин *Rw* может быть обусловлено различием естественного рельефа первой стенки или достигнуто размещением в ней оптических ловушек. В [3] показано, что коэффициент подавления света оптической ловушкой зависит от угла падения света на ловушку. В условиях сильной неоднородности локальной светимости плазмы в диверторе и анизотропии излучения, испускаемого атомами в сильном магнитном поле, это может приводить к отличию контуров спектральных линий РДС на хордах, составляющих «раздвоенную». Первые расчёты изменения спектра РДС для бальмер-альфа линии дейтерия (D-α) в результате отражения РДС от оптических ловушек в ИТЭР были проведены в [4] с помощью программного пакета «Zemax Optical Studio». Для расчета спектрально-углового распределения РДС, падающего на ловушки, использованы данных моделирования квазистационарной стадии индуктивного разряда (с параметром Q = 10) в ИТЭР с помощью кода B2-EIRENE (SOLPS4.3) [5 – 7] (с учетом модификации [8]).

В работе эффективность нескольких вариантов оптических ловушек исследована в рамках «синтетической» диагностики, симулирующей «фантомные» экспериментальные данные, используя данные вышеуказанного моделирования основных параметров плазмы. Так, для измерений по «раздвоенной» хорде, используя расчеты отражения света ловушкой по схеме [4], мы исследовали точность выделения спектрального вклада участка СОЛ вблизи стенки вакуумной камеры на внутреннем обводе из полного регистрируемого сигнала в зависимости от (а) доли РДС в полном сигнале, (б) геометрии оптической ловушки, и (в) положения ловушки на первой стенке. Результаты позволяют оценить эффективность использования оптических ловушек различного дизайна в различных местах на первой стенке.

Литература

1. A.B. Kukushkin, et al., Proc. 24th IAEA Fusion Energy Conference, San Diego, USA, 8-13 October 2012, ITR/P5-44.
2. S. Kajita, et al., Plasma Phys. Contr. Fusion, 2013, 55, 085020.
3. E.N. Andreenko, et al., Int. Conf. on Fusion Reactor Diagnostics, Varenna, Italy, September 9-13, 2013, AIP Conf. Proc., 2014, 1612, 171.
4. Е.Н. Андреенко и др., ХVI Всероссийской конференции «Диагностика высокотемпературной плазмы», Звенигород, 7-11 июня 2015.
5. A.S. Kukushkin, et al., Fusion Eng. Des., 2011, 86, 2865.
6. B.J. Braams, PhD thesis. Utrecht: Rijksuniversitet, 1986.
7. D. Reiter, M. Baelmans, P. Börner, Fusion Sci. Tech., 2005, 47, 172.
8. S.W. Lisgo, P. Börner, et al., J. Nucl. Mater., 2011, 415, S965.