Оптимизация методики ЛИФ измерений параметров диверторной плазмы ИТЭР

А.В. Горбунов1, В.С. Лисица1, М.Г. Левашова1, Е.Е. Мухин2, К.Ю. Вуколов1, Г.С. Курскиев2, С.Ю. Толстяков2

1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва,  
 Россия, [alexeygor@mail.ru](mailto:alexeygor@mail.ru)  
2Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,  
 г. Санкт-Петербург, Россия, [gleb.kurskiev@gmail.com](mailto:gleb.kurskiev@gmail.com)

Диагностику на основе лазерной индуцированной флуоресценции (ЛИФ) планируется использовать на ИТЭР для локальных измерений концентрации атомов гелия (*nHeI*) и ионной температуры (*Ti*) в диверторной плазме [1, 2]. Метод основан на лазерной накачке определённого перехода между возбуждёнными состояниями атома/иона и регистрации флуоресцентного излучения на том же, либо другом переходе. На ИТЭР геометрия зондирования плазмы определяется диагностикой томсоновского рассеяния (ТР) [3], т.к. для ввода лазерного излучения и сбора полезных сигналов будет использоваться совместная оптическая система обеих диагностик. В диверторной плазме ожидается высокая плотность (*ne* = 1019 – 5∙1021 м–3) и температура (*Te* = 0 – 200 эВ) электронов с большими градиентами при переходе через сепаратрису. Указанные параметры, наряду с распределением плотности атомов и ионов, накладывают основные ограничения на возможность проведения измерений ЛИФ методом. Совместная оптическая система сбора излучения ЛИФ и ТР диагностик дополнительно ограничивает спектральный диапазон ЛИФ сигналов до 400 – 750 нм. Длины волн зондирующего лазерного излучения ЛИФ также ограничены видимой областью с приоритетом красного диапазона.

С помощью разработанных столкновительно-излучательных моделей (СИМ) атома [4] и водородоподобного иона [5] гелия была проведена оптимизация методики ЛИФ измерений: предложен новый вариант спектроскопической схемы для измерений *nHeI* (лазерная накачка на синглетном переходе 667,8 нм 1s2p 1P → 1s3d 1D и регистрация сигналов флуоресценции на триплетной линии 587,6 нм 1s3d 3D → 1s2p 3P), разработана методика измерений He II на основе тушения линии 468,6 нм перехода *n* = 4 → 3 при лазерной накачке на линии 485,9 нм *n* = 4 → 8. Для выбранных спектроскопических схем был выполнен расчёт ожидаемых сигналов флуоресценции, фонового излучения, соотношения сигнал/шум с учётом геометрии наблюдения и характеристик оптических элементов диагностики. В расчёте сигналов и фонового излучения использовались распределения параметров плазмы (*ne*, *Te*, *nHeI*, *nHeII*) по сечению токамака для гелиевых и дейтерий-тритиевых режимов [6].

Выполненные расчёты показывают, что ЛИФ диагностика позволит проводить измерения концентрации атомов гелия в нижней половине хорды зондирования для He- (расчёт был выполнен на примере сценария #2327) и DT-режимов (#2505). Измерения ионной температуры с помощью разработанной методики для He II возможно будет проводить в He-режимах в нижней и центральной частях хорды зондирования.

Работа выполнена при частичной поддержке государственной корпорации «Росатом» в рамках государственного контракта № Н.4к.529Б.15.1032 от 24.09.2015.

Литература

1. A.J.H. Donné, A.E. Costley, R. Barnsley, H. Bindslev et al., Nucl. Fusion, 2007, 47, p. S337-S384
2. SRD-55 (Diagnostics) from DOORS, IDM UID 28B39L
3. E.E. Mukhin, G.T. Razdobarin, M.M. Kochergin, S.Yu. Tolstyakov et al., Instrum. Exp. Tech., 2008, 51, p. 220-225
4. А.В. Горбунов, Д.А. Шуваев, И.В. Москаленко, Физика плазмы, 2012, 38, с. 627-632
5. М.Б. Кадомцев, М.Г. Левашова, В.С. Лисица, ЖЭТФ, 2008, т. 133, вып. 4, с. 735-750
6. Plasma data for LIF diagnostic analysis, IDM UID PFYPK3