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
2Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,
 г. Санкт-Петербург, Россия, 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