Лазерная спектроскопия атомов водорода в диверторе ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

1Горбунов А.В., 2Мухин Е.Е., 2Бабинов Н.А., 1Левашова М.Г., 3Немов А.С., 4Munoz Burgos J.M., 5Берик Е.Б., 1,8Вуколов К.Ю., 6Криворучко Д.Д., 1Кукушкин А.С., 2Курскиев Г.С., 1Лисица В.С., 7Мелькумов М.А., 1Пшенов А.А., 2Толстяков С.Ю.

1НИЦ Курчатовский институт, г. Москва, Россия, [alexeygor@mail.ru](mailto:alexeygor@mail.ru)  
2ФТИ им А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия  
3СПбПУ, г. Санкт-Петербург, Россия  
4Astro Fusion Spectre, LLC, San Diego, USA  
5ESTLA Ltd., г. Тарту, Эстония  
6МФТИ (ГУ), г. Долгопрудный, Россия  
7НЦВО РАН, г. Москва, Россия  
8МГТУ им Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Активную диагностику плазмы на основе эффекта лазерной спектроскопии – лазерного индуцированного тушения (ЛИТ) [1, 2] предлагается использовать для измерения концентрации атомов водорода (дейтерия, трития) в диверторе установки ИТЭР. В отличие от других утверждённых на ИТЭР систем (газовые анализаторы, пассивная спектроскопия), ЛИТ диагностика измеряет локальные значения концентрации. Таким образом, в ИТЭР появится возможность анализировать профили распределения плотности атомов рабочего газа вдоль направления зондирующего лазерного луча [3]. Геометрическое совмещение ЛИТ с диагностикой диверторного Томсоновского рассеяния (ДТР) позволит использовать результаты измерения концентрации и температуры электронов диагностикой ДТР в тех же пространственных точках при интерпретации сигналов ЛИТ [4]. Совмещение возможно за счёт разных спектральных диапазонов работы двух диагностик (зондирования и наблюдения сигналов).

В работе описан диагностический метод, его особенности и границы применимости для измерения концентрации атомов водорода в диверторе ИТЭР. С помощью динамической столкновительно-излучательной модели (СИМ) атома водорода были рассчитаны ожидаемые полезные и фоновые сигналы для DT сценариев ИТЭР с разной мощностью. На основе результатов расчёта выполнен анализ ошибок измерения концентрации водорода в пространственных точках вдоль хорды зондирования. Анализ проведён для двух типов лазерных источников: импульсного лазера на основе оптического параметрического генератора (ОПГ) и модулированного во времени с частотой 1 МГц волоконного лазера. Расчёты выполнены с учётом геометрии зондирования плазмы, пропускания оптической системы сбора света, передающего оптоволокна, спектральных приборов для выделения спектральной линии наблюдения и характеристик фотодетекторов (лавинных фотодиодов).

Результаты расчётов сигналов и проведённый анализ ожидаемых ошибок показывают, что с помощью оптического параметрического генератора в диверторе ИТЭР можно измерять концентрацию атомов водорода (дейтерия, трития), начиная с *na*(H) ≈ 1017 м-3, с относительными ошибками менее 10%. Переход от импульсного источника к модулированному во времени волоконному лазеру более чем на порядок улучшает соотношение сигнал / шум, снижая порог чувствительности диагностики концентрации атомов до *na*(H) ≈ 1016 м-3.

Литература

1. A. Gorbunov, E. Mukhin, E. Berik et al., Fusion Eng. Des., 2017, 123, pp. 695-698
2. A. Gorbunov, E. Mukhin,E. Berik et al., Fusion Eng. Des., 2019, 146, pp. 2703-2706
3. А.В. Горбунов, К.Ю. Вуколов, Е.Е, Мухин и др., XVIII Всероссийская конференция Диагностика высокотемпературной плазмы, 2019, сборник тезисов докладов, с. 109-111
4. E.E. Mukhin, G.S. Kurskiev, A.V. Gorbunov et al, Nuclear Fusion, 2019, 59(8), 86052

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/E/en/IP-Gorbunov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)