Диагностика водорода в плазме токамаков на основе лазерного индуцированного тушения [[1]](#footnote-1)\*)

1Горбунов А.В., 2Мухин Е.Е., 2Курскиев Г.С., 2Толстяков С.Ю., 1Летунов А.Ю., 1Лисица В.С., 1Левашова М.Г., 1Вуколов К.Ю.

1НИЦ «Курчатовский институт», [alexeygor@mail.ru](mailto:alexeygor@mail.ru),  
2ФТИ им. А.Ф. Иоффе, [e.mukhin@mail.ioffe.ru](mailto:e.mukhin@mail.ioffe.ru)

Методику лазерного индуцированного тушения (ЛИТ) [1,2,3] предлагается использовать для диагностики атомарного водорода (дейтерия, трития) в плазме токамаков и стеллараторов. ЛИТ объединяет преимущества лазерной индуцированной флуоресценции (ЛИФ) [4,5] и фотоионизации (ЛИИ) [6,7], применяемых для измерений концентрации водорода: чувствительность ЛИТ сопоставима с лазерной флуоресценцией, а за счёт разницы между длинами волн возбуждения и регистрации, также как в ЛИИ, удаётся легко избавиться от паразитной лазерной засветки.

ЛИТ основан на эффекте частичного уменьшения светимости наиболее интенсивной линии водорода в видимом диапазоне *Hα* (656,3 нм, переход *n* = 3 → 2) за счёт лазерного возбуждения в одной из спектральных линий пашеновской серии. Лазерная накачка на переходе *n* = 3 → *nUp* (где *nUp* ≥ 4) уменьшает населённость на *n* = 3 группе уровней, а пропорционально населённости, падает и светимость линии *Hα*. Регистрируя амплитуду сигнала тушения, можно рассчитать локальную концентрацию атомов водорода с помощью столкновительно-излучательной модели (СИМ).

В первых тестовых ЛИТ экспериментах в плазме токамака Глобус-М применялся 100 Гц импульсный лазер на основе оптического параметрического генератора (ОПГ) [3], возбуждалась линия водорода 1005 нм (*n* = 3 → 7). Тестовые эксперименты подтвердили возможность реализации диагностики в условиях токамака.

Расчёты в СИМ показывают, что для насыщения сигналов тушения при возбуждения линии 1875 нм (*n* = 3 → 4) требуется минимальная спектральная мощность лазерного излучения (*PSat* < 1 Вт/см2пм), по сравнению с другими линиями пашеновской серии. Низкая мощность лазера, необходимая для наблюдения эффекта тушения, позволила применить модулированный во времени тулиевый волоконный лазер с длиной волны генерации 1875,1 нм (с возможностью перестройки в диапазоне 1873-1877 нм) и пиковой мощностью 5 Вт. Первые результаты экспериментов с новым лазером получены в омических разрядах при лазерном зондировании пристеночной плазмы в экваториальном сечении около центрального столба. Минимальная измеренная концентрация атомов в стационарной стадии разрядов составила *na* ≈ 1015 м-3 при усреднении сигналов за 10 мс. В случае большей концентрации атомов в области измерения *na* > 1016 м-3 достаточно было усреднения по 1,0-2,5 мс.

В докладе представлены основы ЛИТ методики измерений, рассмотрены особенности применения диагностики в плазме токамаков. Представлены результаты измерений концентрации атомов водорода в пристеночной плазме токамака Глобус-М.

Литература

1. А.В. Горбунов и др., Конференция ДВП-17, 2017, стр. 81-83
2. A. Gorbunov et al., Fusion Eng. Des., 2017, 123, pp. 695-698
3. E. Mukhin et al., Nucl. Fusion, 2019, 59, 086052
4. G. Razdobarin et al., Nucl. Fusion, 1979, 19, 1439
5. T. Kubach et al., 31st EPS Conference on Plasma Phys., ECA 28G, P-4.138 (2004)
6. V. Gladushchak, Nucl. Fusion, 1995, 35, 1385
7. M. Kantor, JINST, 2012, 7, C02017

1. \*) [DOI – тезисы на английском](AB-Gorbunov.docx) [↑](#footnote-ref-1)