точность измерения изотопного отношения водорода в пристеночной плазме ИТЭР диагностикой hα без использования оптических ловушек

1,2,3Кукушкин А.Б., 1Неверов В.С., 1Алексеев А.Г.

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, Kukushkin\_AB@nrcki.ru
2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
3Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область,
 Россия

C помощью синтетической Hα-диагностики в основной камере токамака, основные принципы которой сформулированы в [1], выполнен анализ точности измерения изотопного отношения водорода в пристеночной плазме ИТЭР при дифференциальной схеме измерения, использующей пространственную вариацию коэффициента отражения света от первой стенки. Актуальность обусловлена тем, что из-за невозможности стабилизации измерительной аппаратуры в условиях ее механических движений в процессе разряда диагностика, вероятно, не сможет гарантировать контроль за сбором полезного сигнала на хорде наблюдения, направленной в узкую оптическую ловушку. Расчеты проведены для хорды наблюдения, наклоненной на 25° относительно нормали к первой стенке и характеризуемой наименьшим отношением рассеянного диверторного света (РДС) к полезному сигналу среди всех хорд наблюдения из экваториального порта. Синтетические спектры Dα и Tα в пристеночной плазме рассчитывались с помощью баллистической модели [2], использующей в качестве входных данных профили температуры и плотности электронов и ионов в пристеночной плазме, рассчитанных численным кодом SOLPS (B2-EIRENE) [3 – 5] в модели приближения расчетной сетки к первой стенке и широкой вариации параметров плазмы близи стенки [6].

Показано, что даже в случае отсутствия РДС абсолютная ошибка определения концентрации трития в тритиево-дейтериевой смеси (величина T/(T + D)) может достигать значения 0,4, что в случае равной концентрации трития и дейтерия в смеси отвечает относительной ошибке 80%. Такая большая ошибка вызвана сложной формой наблюдаемого спектра, обусловленной сильной асимметрией спектральных контуров линий Dα и Tα вследствие направленного результирующего потока атомарного дейтерия со стенки в плазму и тем обстоятельством, что в наблюдаемый сигнал дают вклады свечения в пристеночном слое плазмы как на стороне сильного, так и на стороне слабого магнитного поля. Показано, что минимизировать влияние РДС на точность измерений за счет использования дифференциальной (двухордовой) схемы измерения возможно только в сценарии с высокой плотностью плазмы в пристеночном слое и только тогда, когда значение интенсивности РДС на одной из хорд наблюдения меньше такового на второй хорде хотя бы в 1,5 раза. В этом случае абсолютная ошибка определения изотопного отношения T/(T + D) близка к таковой без РДС (~0,4).

Литература

1. A.B. Kukushkin, V.S. Neverov, A.G. Alekseev, S.W. Lisgo, A.S. Kukushkin. Fusion Sci. Tech., 2016, 69(3), 628-642.
2. M.B. Kadomtsev, V. Kotov, V.S. Lisitsa, V.A. Shurygin. Proc.EPS-2012, ECA, 36F, P4.093 (2012).
3. A.S. Kukushkin, et al., Fusion Eng. Des. 86 (2011) 2865.
4. B. J. Braams, PhD thesis (Rijksuniversitet, Utrecht, 1986).
5. D. Reiter, M. Baelmans, and P. Boerner, Fusion Sci. Tech., 47 (2005) 172.
6. S.W. Lisgo et al. J. Nucl. Mater., 415, 965 (2011).