Многоканальная диагностика продуктов термоядерной реакции на установке ГДЛ

Пинженин Е.И.1, Максимов В.В.1,2

1Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия, [e.i.pinzhenin@inp.nsk.su](mailto:e.i.pinzhenin@inp.nsk.su),  
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

Диагностика продуктов термоядерной реакции на установке Газодинамическая ловушка (ГДЛ) используется для изучения сильно анизотропной в пространстве скоростей функции распределения быстрых частиц. Популяция быстрых ионов возникает при захвате мощных атомарных пучков дейтерия (энергия 25 кэВ, мощность 5 МВт), удерживается в адиабатическом режиме и совершает баунс осцилляции между точками остановки. В условиях ГДЛ удается удерживать плазму с бета 0.6, при этом наблюдается пинчевание быстрых частиц к оси плазмы. В режимах с рекордным энергосодержанием плотность быстрых частиц может превышать плотность мишенной плазмы в областях вблизи точки остановки[1]. Исследованы кинетические неустойчивости, показано, что они приводят к модификации продольного распределения быстрых частиц, но не приводят к уменьшению сигнала со сцинтилляционного монитора интенсивности термоядерной реакции[2].

Дальнейшее изучение описанных выше эффектов потребовало модернизации диагностики продуктов термоядерной реакции на ГДЛ [3]. Детектор на основе сцинтиллятора и ФЭУ, регистрирующий интегральную интенсивность термоядерной реакции и работающий в токовом режиме (установлен за пределами вакуумной камеры ГДЛ), используется в паре с детектором на основе PIN диода площадью 0.5 см2, размещенным в вакуумной камере ГДЛ вблизи точки остановки и работающем в режиме счета отдельных частиц. Так как на полупроводниковом детекторе коллимация не применяется, то детектор прямо измеряет плотность потока 3.02 МэВ протонов. Пара датчиков, работающих вместе, позволяет отделить вклад рентгеновского излучения в сигнал сцинтилляционного детектора [3]. Эмиссия жесткого рентгеновского излучения возникает в экспериментах с СВЧ нагревом плазмы и является свидетельством наличия в плазме электронов с энергией более 100 кэВ.

В рамках представляемой работы создан шестиканальный детектор для наблюдения поперечного распределения интенсивности термоядерной реакции (регистрируются 3.02 МэВ протоны). В качестве чувствительных элементов используются полупроводниковые детекторы с площадью 1 см2. Применяется коллимация в виде пластин из нержавеющей стали, так что пространственное разрешение поперек плазмы составляет 2 см. Коллимация вдоль не применяется. Временное разрешение полученной диагностики для наблюдения поперечного распределения составляет 500 мкс.

Для наблюдения продольного распределения интенсивности ДД реакции создан набор датчиков так же на основе диодов, способных регистрировать термоядерные протоны. Используются диоды различной площади от 0.16 см2 до 4 см2. Детекторы расположены вдоль установки с переменным шагом. Коллиматоры в виде пластин из нержавеющей стали обеспечивают пространственное разрешение вдоль установки 10 см, шаг установки детекторов вдоль оси плазмы переменный. Такая система позволит регистрировать пикированный профиль термоядерных протонов, изменение пикировки и смещение точки остановки быстрых частиц в результате неустойчивостей с временным разрешение 500 мкс.

Литература.

1. Fusion science and technology, V. 59, Iss. 1T, pp 31-35, 2011
2. Fusion science and technology, V. 59, Iss. 1T, pp 94-97, 2011
3. Тезисы 44 Звенигородской конфренции по физике плазмы и УТС [Регистрация выхода DD реакции на установке ГДЛ в режимах с ЭЦР нагревом.](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIV/Mu/ru/BF-Maximov.docx)2017.