ДИАГНОСТИКА НАДТЕПЛОВОГО И ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТОКАМАКЕ Т-15

Ермолаева А.И., Шестаков Е.А., Саврухин П.В., Храменков А.В., Сушков А.В.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, an.ig.ermolaeva@gmail.com

Рассматривается проект диагностики для измерения пространственного распределения надтеплового рентгеновского излучения (5 – 200 кэВ) и жесткого гамма-излучения (0,5 –10 МэВ) с высоким временным разрешением (dt ~ 10 мкс) на токамаке Т-15. Надтепловое рентгеновское излучение в плазме токамака, как правило, связывается с пучками ускоренных электронов, возникающими на начальной стадии разряда, при развитии срывов и при мощном неиндукционном поддержании тока. Надтепловое рентгеновское излучение имеет преимущественную направленность внутри узкого конуса вдоль направления движения электронов. Для регистрации такого излучения планируется использование детекторов на основе кристаллов теллурида кадмия (CdTe) и сцинтилляционных блоков детектирования на основе кристаллов бромида лантана (LaBr3). Пространственное разрешение обеспечивается системой трубчатых коллиматоров. Для исследования спектра излучения применяется набор сменных фольг и, в ряде случаев, спектрометрические детекторы CdTe. На Т-15 предполагается оборудовать пять наборов детекторов, расположенных в детекторных камерах в вертикальном и в двух тангенциальных диагностических патрубках:

- детекторная камера А, вертикальный патрубок, угол +90° к экваториальной плоскости тора;

- детекторная камера B, наклонный патрубок, угол +55° к экваториальной плоскости тора;

- детекторная камера C, горизонтальный диагностический патрубок, угол 0° к экваториальной плоскости тора;

- детекторная камера D, тангенциальный диагностический патрубок, углы –30° ÷ +30° к экваториальной плоскости тора (направление против часовой стрелки на виде сверху);

- детекторная камера E, тангенциальный диагностический патрубок, углы –30° ÷ +30° к экваториальной плоскости тора (направление по часовой стрелке на виде сверху).

После обработки данных диагностика позволит исследовать пространственное и временное распределение локальных пучков электронов с надтепловыми энергиями. Такие измерения позволят исследовать разнообразные физические явления, в том числе перезамыкание магнитных силовых линий, нелинейные транспортные процессы, искажение функции распределения электронов при мощном дополнительном нагреве, а также возмущения плазмы, являющиеся важными для исследования кинетических неустойчивостей в плазме с горячими ионами.

Для восстановления пространственной локализации пучков ускоренных электронов используется программа томографической реконструкции рентгеновского излучения.

Приводятся результаты испытаний прототипа диагностики на основе детекторов CdTe Eurorad (5 × 5 × 3 мм3) c системой предварительного усиления и цифровой обработкой сигналов в экспериментах на токамаке Т-10 при омическом нагреве плазмы в режимах с низкой (<ne> ≈ 1 – 2 × 1019 м–3) и высокой плотностью (<ne> > 3 × 1019 м–3). Анализ показывает формирование интенсивных пучков ускоренных электронов с энергиями до 2 МэВ в срыве плазмы в режиме с низкой плотностью и интенсивным поступлением примесей в периферийных областях плазменного шнура.

Работа выполнена при содействии РФФИ (17-02-01396а).