Концептуальный Проект Вертикальной Гамма-Камеры ИТЭР

Е.М. Хилькевич, А.Е. Шевелев, И.Н. Чугунов, Д.Б. Гин, Д.Н. Дойников, В.О. Найденов, И.А. Полуновский, Н.С. Нерсесян

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Россия, 194021, С.-Петербург, Политехническая ул., 26, e.khilkevitch@mail.ioffe.ru

Проект вертикальной гамма-камеры на токамаке ИТЭР был разработан для диагностики параметров плазмы по гамма-излучению с возможностью исследовать пространственные распределения быстрых ионов, убегающих электронов и примесей в плазме. Гамма-излучение в плазме генерируется в ходе ядерных реакций с участием быстрых ионов, которые могу образовываться в результате ионно-циклотронного нагрева плазмы и нагрева пучком нейтральных частиц, а так же высокоэнергичных продуктов термоядерных реакций. Тормозное излучение, генерируемое убегающими электронами, так же приходится на МэВ- диапазон и может быть зарегистрировано гамма-спектрометрами [1]. Предполагается, что вертикальная гамма-камера будет служить основной диагностикой для получения максимальной энергии и тока убегающих электронов, профиля концентрации альфа-частиц, являться вспомогательной диагностикой для определения отношения концентраций дейтерия и трития, концентраций ионов примесей, а так же функций распределения по энергии p, D, T, 3He, 4He ионов. Совместно с данными радиальной гамма-камеры, предполагается проводить томографическую реконструкцию параметров плазмы и получать двумерное распределение тока и максимальной энергии убегающих электронов, а так же распределение концентраций быстрых ионов [2].

Предлагается разместить гамма-спектрометры в верхнем и нижнем портах токамака ИТЭР на время водородной и гелиевой фаз работы токамака, и, возможно, на время дейтериевой фазы. В дальнейшем элементы гамма-камеры должны быть заменены модулями нейтронной камеры, так как работа гамма-спектрометров при экстремальных условиях тритиевой кампании была бы затруднительна. Предлагается разместить шесть гамма-детекторов в нижнем порту и шесть – в верхнем. Предполагается использовать сцинтилляционные детекторы на основе кристаллов LaBr3(Ce), обеспечивающие хорошее разрешение (3,5% на линии 662 кэВ) и работу при большой загрузке (более 106 с–1 событий) в условиях нейтронного фона. Для обеспечения работы детекторов была разработана система водяного охлаждения. Для подавления нейтронного излучения предлагается использовать LiH аттенюаторы. Для регистрации излучения в условиях высокого магнитного поля, при которых невозможно использовать ФЭУ, предлагается использовать лавинные диоды в качестве светоприемников.

В июле 2014 года успешно прошёл CDR проекта вертикальной гамма камеры.

Работа была поддержана средствами из Государственных контрактов РФ. РФ. № Н.4к.52.9Б.14.1002.

Литература

1. A.E. Shevelev, E.M. Khilkevitch, V.G. Kiptily, I.N. Chugunov, D.B. Gin, D.N. Doinikov, V.O. Naidenov, A.E. Litvinov, I.A. Polunovskii and JET-EFDA Contributors 2013, Nucl. Fusion 53 123004
2. V.G. Kiptily, F.E. Cecil, O.N. Jarvis, M.J. Mantsinen, S.E. Sharapov, L. Bertalot, S. Conroy, L.C. Ingesson, T. Johnson, K.D. Lawson, S. Popovichev and contributors to the EFDA-JET Workprogramme Nucl. Fusion, 2002, 42 999