диагностика эффективного заряда плазмы на токамаке Глобус-М2

Тюхменева Е.А., Гусев В.К., Курскиев Г.С., Минаев В.Б., Петров Ю.В., Сахаров Н.В., Толстяков С.Ю., Тукачинский А.С., Тельнова А.Ю., Бахарев Н.Н., Щеголев П.Б.

Физико-Технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, [tuxmeneva@gmail.com](mailto:tuxmeneva@gmail.com)

Традиционный метод определения эффективного заряда плазмы Zeff основан на измерении интенсивности тормозного излучения в спектральных интервалах, свободных от линейчатого излучения. Несмотря на известный алгоритм, определение Zeff требует учета особенностей каждой установки – элементного состава примесей, специфики плазменной конфигурации.

Представляемая работа является первым шагом по созданию диагностики плазмы для измерения эффективного заряда Zeff на токамаке Глобус-М2.

В ходе разработки был учтен опыт реализации подобных диагностик на токамаках MAST [1], ASDEX Upgrade [2], EAST [3], Т-10 [4]. Были проведены расчеты ожидаемой интенсивности тормозного излучения для различных режимов токамака Глобус-М2. С учетом оценок интенсивности была выбрана геометрия эксперимента, разработаны и изготовлены два канала диагностики на основе двух типов приемников – фотодиода ФПУ100-2 и ЛФД Hamamatsu S11519-30 для работы в ближней ИК области спектра. Кроме того, для проведения измерений в видимой области конструкцией предусмотрена установка ФЭУ Hamamatsu H10721 Чувствительность измерительных каналов была абсолютно прокалибрована с использованием интегрирующей сферы Labsphere USLR-V12F-NMNN.

Регистрация тормозного излучения осуществляется в интервалах λ = 542 нм, ∆λ = 10 нм; λ = 950 нм, ∆λ = 4,2 нм; λ = 1029 нм, ∆λ = 21 нм и λ = 1044 нм ∆λ = 9 нм. Данные спектральные промежутки, свободные от линий элементов, ожидаемых в плазме токамака Глобус-М2, выбраны на основе спектроскопических данных с токамаков Глобус-М, Туман-3М, Т-10, NSTX, ASDEX Upgrade. На токамаке Глобус-М2 предусмотрены две хорды наблюдения в экваториальной плоскости для одновременной регистрации тормозного излучения по двум каналам. Для расчетов используются данные диагностики томсоновского рассеяния по измерению эволюции Те(r) и ne(r).

Измерительные каналы диагностики были применены для тестовых измерений Zeff(t) на установках Глобус-М, Глобус-M2 и Туман-3M в разных геометриях наблюдения и спектральных интервалах. Для разрядов на токамаке Глобус-М выполнялось моделирование Zeff(t) с использованием транспортного кода ASTRA, показавшее хорошее согласование с экспериментальными результатами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 17-72-20076.

Литература

1. A. Patel et al., *Zeff* profile measurements from bremsstrahlung imaging in the MAST spherical tokamak // Review of scientific instruments, V. 75, N. 11, 2004.
2. H. Meister et al., *Zeff* from spectroscopic bremsstrahlung measurements at ASDEX Upgrade and JET // 30th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Phys., 2003 ECA Vol. 27A,   
   P 1.136.
3. Yingjie Chen, et al., Zeff first measurements in EAST with a multi-channel visible bremsstrahlung new system // Fus. Eng. and Des., V. 88, I. 11, 2013, P. 2825 – 2829.
4. В.А. Крупин и др., Комплекс спектроскопических диагностик для измерения абсолютной величины и радиального распределения эффективного заряда плазмы на токамаке Т-10 // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2016, т. 39, вып. 1.