Разработка элементов оптической системы диагностики томсоновского рассеяния для диверторных кассет токамака ИТЭР

Кунгурцев Н.А.1, Коваль А.Н.1, Мухин Е.Е.1, Толстяков С.Ю.1, Раздобарин А.Г.1, Букреев И.М.1, Кириенко И.Д. 2, Жадковский А.А.2, Модестов В.И.2, Богачев Д.Л.3

Аспирант

1ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
2Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
3ООО «Спектрал-Тех», Российская Федерация, Санкт-Петербург.

*e-mail: nakungurtsev@vk.com*

В докладе представлено состояние дел по разработке компонентов оптического тракта диагностики томсоновского рассеяния, расположенных на диверторных кассетах токамака ИТЭР в непосредственной близости от термоядерной плазмы. Одной из задач диагностики томсоновского рассеяния в диверторной плазме токамака ИТЭР является предоставление данных о пространственном распределении электронной температуры и концентрации для управления режимами разряда [1]. Другое функциональное назначение диагностики состоит в сборе информации для анализа физических процессов и разработки надежных моделей и кодов управления режимами. Диагностические компоненты, установленные на диверторных кассетах 21 и 22, функционируют в экстремальных условиях: радиационный нагрев, воздействие мощных магнитных полей, динамические нагрузки от вихревых токов, возникающих при срывах плазменного разряда. Их надежность напрямую влияет на работоспособность диагностических систем и всего реактора. Диагностические компоненты, расположенные на диверторных кассетах 21 и 22, по функциональному назначению делятся на

- газодинамическую защиту лазерных зеркал от продуктов эрозии первой стенки при импульсных бросках давления на границе плазменного разряда (Dust baffle и Laser visor) [2],

- экранирование системы сбора рассеянного на плазме лазерного излучения от свечения нагретых диверторных пластин (Защитные бленды – Shadow screens) на 21 и 22 диверторных кассетах,

- защиты стенки вакуумного объема от мощного лазерного излучения (ловушка лазерного излучения – Laser beam dump).

Для изготовления компонентов используются термостойкие и радиационно-стойкие материалы: монокристаллический молибден, сплав TZM (молибден, цирконий, титан), Inconel718, нержавеющая сталь 316 L(N)-IG, а также графитовые пластины PAPYEX, обеспечивающие эффективный тепловой контакт с охлаждаемыми элементами диверторных кассет.

Проведен анализ приложенных электромагнитных и термомеханических нагрузок. Численное моделирование возникающих напряжений в конструктивных элементах с использованием программного пакета ANSYS показало, что максимальные значения напряжений не превышают допустимых для выбранных материалов в соответствии с принятыми правилами проектирования ИТЭР, что обеспечивает долговременную эксплуатацию разработанных диагностических компонентов, расположенных на диверторных кассетах 21 и 22.

Литература.

1. Mukhin E.E. et al., «Physical aspects of divertor Thomson scattering implementation on ITER» Nucl. Fusion 54 (2014) 043007
2. Букреев И.М. и др., «Комплекс мер защиты оптики от загрязнения в диагностических каналах токамаков» Instrum. Exp. Tech. 57 (2014) 155-164