Численное моделирование влияния тепловых деформаций на передачу изображения системой сбора света диагностики «Активная спектроскопия ИТЭР»

Вердиян А.С., Бондаренко А.В., Серов В.В., Тугаринов С.Н.

Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Проектный центр ИТЭР», verdiyanartyom@gmail.com

Метод активной спектроскопии основан на инжекции пучка нейтральных атомов в область высокотемпературной плазмы. В результате перезарядки на нейтралах полностью ионизованные частицы превращаются в водородоподобные ионы, излучающие в видимой области спектра. По профилям спектральных линий измеряют параметры плазмы: температуру, скорость движения, концентрацию примесей. В работе [1] изложен метод активной спектроскопии в условиях токамака ИТЭР. Пучок атомов водорода инжектируется в плазму. Наблюдение за областью диагностического пучка осуществляется двумя оптическими системами. Зеркала передают излучение из «активной» области по зигзагообразному каналу к вакуумному окну. Далее система линз строит на приёмном торце оптоволоконного жгута изображение исследуемой области. По жгуту передается сигнал в диагностический зал к набору спектрометров. Узлы крепления зеркал оптической системы в рабочем режиме испытывают циклические тепловые нагрузки. Расчёты, проведенные в СПб-Политехническом университете, показали, что в рабочем режиме наибольшие нагрузки и перемещения приходятся на первое зеркало. Расчётные линейные и угловые смещения остальных зеркал оказались на один-два порядка меньше. В работе [2] исследовалось влияние на качество передаваемого изображения угловых и линейных перемещений первого зеркала. В данной работе исследуется с помощью программного пакета Zemax влияние на качество изображения расчётных тепловых перемещений всех зеркал – по отдельности и в сумме. Изображение точечного источника, расположенного в центре плазменного шнура, представляет собой пятно неправильной формы. Для зелёной длины волны вычисляли среднеквадратичный и геометрический радиусы и положение центра изображения. Эти параметры характеризуют пространственное разрешение диагностики. Также вычислялась доля дошедших до плоскости изображения лучей, характеризующая чувствительность системы. Были проведены оценки вклада каждого зеркала по отдельности и суммарный вклад всех зеркал. Выводы. Построена в программе Zemax модель оптической схемы, позволяющая оценить влияние окружающих условий на характеристики диагностики Активная спектроскопия ИТЭР. Сделан вывод, что тепловые деформации зеркал в рабочем режиме установки не ограничивают пространственное разрешение и чувствительность диагностики.

Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом от 19.04.2018
№ Н.4а.241.19.18.1027.

Литература

1. Тугаринов С.Н., Бейгман И.Л., Вайнштейн Л.А., Докука В.Н., Красильников А.В., Науменко Н.Н., Толстихина И.Ю., Хайрутдинов Р.Р. Разработка концепции активной спектроскопической диагностики с использованием диагностического пучка атомов, применительно к установке ИТЭР// Физика плазмы. 2004. Вып. 30. № 2.
2. А.С. Вердиян, А.В. Бондаренко, В.В. Серов, С.Н. Тугаринов доклад на 61 всероссийскую научную конференцию МФТИ на тему “Оценка предельно допустимых деформаций в системе сбора света диагностики «Активная спектроскопия ИТЭР» в программном пакете ZEMAX”.