

УДК 535.514

ОЦЕНКА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ СОЛНЕЧНОГО ТЕЛЕСКОПА-КОРОНОГРАФА КСТ-3

Белан А. Р. (университет ИТМО), Кукушкин Д.Е. (университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор Бахолдин А. В. (университет ИТМО)

В данной работе производится оценка поляризационных искажений, вносимых оптическими элементами телескопа-коронаграфа КСТ-3 с целью определения оптимального расположения и конструкции поляриметра. Оценены инструментальная поляризация, кроссток и деполаризация.

Введение. Для понимания природы явлений, проходящих на Солнце, проводят поляриметрические исследования. Они позволяют получать информацию о природе солнечного магнетизма и циклической активности; структуре солнечных гранул и процессах в них проходящих; строении солнечной атмосферы. Чтобы проводить подобные измерения на сегодняшний день в России проектируется крупный солнечный телескоп-коронаграф (КСТ-3), который имеет диаметр входного зрачка равный 3 метрам.

Основная часть. Для проведения поляриметрических наблюдений, как правило, в фокусе телескопа устанавливается поляриметр. В астрономии принято использовать вектор Стокса для описания поляризованного излучения.

В данном случае расчеты производились для покрытия из алюминия без учета оксидной пленки. Согласно формулам Френеля, металлическое покрытие может служить причиной сдвига фаз между поляризационными компонентами p и s в отраженном свете. Следует также отметить, что наибольшее изменение поляризации испытывают наклонные пучки света, падающие на зеркало. Следовательно, состояние поляризации отраженного излучения изменится. При отсутствии у зеркала дефектов в покрытии вносимая им инструментальная поляризация компенсируется благодаря тому, что оно осесимметрично. В этой работе оценка поляризационных эффектов производится принимая поверхности всех зеркал идеальными.

При поляризационном расчете необходимо согласовать глобальную систему координат x, y, z , в которой описывается ход лучей в оптической системе телескопа, с локальной системой координат для p и s компонент падающего излучения. Поляризационный расчет основан на расчетах матриц Джонса J_{ps} отдельных точек поверхности зеркала. Падающий свет в плоскости падения при этом представляется разделенным на компоненту p (параллельную плоскости падения) и перпендикулярную ему s .

Матрица Джонса может быть преобразована в матрицу Мюллера. Зная матрицы Мюллера каждой отражающей поверхности телескопа для отдельных лучей и последовательно перемножая их, возможно определить поляризационные эффекты всей системы телескопа.

Оцениваются основные поляризационные эффекты: инструментальная поляризация IP , кроссток CT (доля излучения с круговой поляризацией), деполаризация поляризованного излучения DP .

Оценка инструментальной поляризации производится при подаче на вход в модель неполяризованного излучения. Кроссток оценивается при подаче на вход в модель 100% линейно-поляризованного излучения. Деполаризация оценивается при входящем векторе Стокса, что соответствует излучению со 100% круговой поляризацией. Данные условия оценки выбраны так как поляризационные искажения в них максимальны.

Для нахождения матрицы всей системы телескопа Мюллера необходимо разбить поверхность входного зрачка, расположенного на главном зеркале телескопа, на отдельные точки поверхности, каждой из которых будет соответствовать свой угол падения θ и поворота ϕ относительно заданной системы координат. Так как зеркало $M1$ является осесимметричным относительно оптической оси для осевой точки предмета (угловое поле $\omega=0^\circ$) можно разбить

его на четыре части. Рассчитав матрицу Мюллера для первой четверти и повернув её на 90° при помощи матрицы поворота получаем матрицу Мюллера для второй четверти. Матрица Мюллера для верхней половины зеркала равна нижней половине.

Для внеосевой точки предмета расчет матриц Мюллера всей системы телескопа производился в точках на краях входного зрачка, так как поляризационные искажающие эффекты в этих точках максимальны.

Выводы. Таким образом была произведена предварительная оценка искажающих поляризационных эффектов оптической схемы солнечного телескопа-коронографа КСТ-3 при условии алюминиевого покрытия на зеркалах. В фокусе $F2$ наиболее благоприятные условия для размещения поляриметрического оборудования с точки зрения поляризационного анализа, так как в нем для углового поля телескопа $\omega=1'$: $IP \leq 4,4 \times 10^{-6}\%$, $CT \leq 3,2 \times 10^{-5}\%$, $DP \leq 4,03 \times 10^{-3}\%$, что позволит производить поляриметрические исследования с высокой точностью и чувствительностью. Однако специфика работы с Солнцем обуславливает большое количество энергии в фокусе $F2$. Неизвестно как поведут себя традиционные поляризационные оптические элементы в таких условиях. Поэтому необходимо оценить возможность установки поляриметрического оборудования в менее энергонагруженных местах.

Белан А. Р. (автор)

Подпись

Бахолдин А. В. (научный руководитель)

Подпись