

УДК 520.353

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СПЕКТРА ОСНОВНОГО ЗВЕЗДНОГО СПЕКТРОГРАФА БТА

© 2009 Г. А. Чунтонов, И. Д. Найденов

Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 1 июля 2008 г.; принята в печать 1 августа 2008 г.

Приведены новые результаты исследований стабильности Основного звездного спектрографа БТА совместно с системой регистрации ПЗС по лабораторному источнику света. Они показывают, что происходит дрейф спектра вдоль дисперсии, составляющий десятые доли пиксела (сотые доли ангстрема) за характерное время 1 час. Чтобы устранить этот дрейф, т.е. удержать спектр от смещения, за щелью спектрографа установлена плоскопараллельная стеклянная пластинка, угол наклона которой изменяется в зависимости от величины рассогласования положений текущего и опорного спектров, получаемых с помощью лабораторного источника света — лампы с полым катодом. Описана схема работы стабилизатора спектра. Приведены результаты испытаний. Время выполнения коррекции занимает около 1 минуты, что позволяет удерживать положение спектра в пределах $\pm 0.0006 \text{ \AA}$.

Ключевые слова: *методы астрономических наблюдений, приборы и инструменты*

1. ВВЕДЕНИЕ

Основной звездный спектрограф (ОЗСП), оснащенный анализатором поляризации с резателем, служит одним из основных инструментов для измерений магнитных полей звезд на БТА [1]. Кроме измерений магнитных полей звезд, спектрограф используется также для получения спектров высокого разрешения при решении различных астрофизических задач. Это требует большой стабильности положения спектра. Настоящая работа посвящена изучению и компенсации сдвига, обусловленного собственно спектрографом и системой ПЗС. После изучения изменения со временем спектра сравнения тория нами была разработана и создана система удержания спектра путем сравнения его положения с базовым. Аналогом этой системы служит оптический стабилизатор изображения, применяемый в цифровых фотоаппаратах. Возможны и другие варианты удержания, такие как перемещение щели спектрографа или ПЗС-приемника. Они кажутся нам более сложными в реализации.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОЗСП БТА

ОЗСП [2] исследовался в 70-е годы при вводе в эксплуатацию и позднее [3]. В работе [3] можно найти ссылки на подробные исследования неустойчивости спектрографа. Были обнаружены как

долговременные “уходы” спектра, так и быстрые изменения его положения. Мы провели измерения неустойчивости на оборудовании, используемом при измерениях магнитных полей звезд: анализаторе круговой поляризации с двойным резателем изображений и ПЗС-системой (2К×2К), созданной в CAO. В верхней и средней частях Рис. 1(а и b) приведены результаты измерений сдвигов спектров со временем. По оси абсцисс отложен номер экспозиции, а по оси ординат — разность положений текущего и базового спектров для 1-го и 14-го срезов, а в нижней части (с) — разность этих двух графиков. Для измерения положения спектра использовалась лампа с полым катодом, свет от которой поступал в спектрограф по схеме искусственной звезды через анализатор поляризации и двойной резатель изображения. Базовый спектр создавался предварительно в среднем положении пластинки. В этом положении пластинка перпендикулярна оптической оси спектрографа. Спектры (кадры) экспонировались с временем накопления 1 мин. Время считывания каждого из ста кадров составляло около 20 секунд. Для экстракции спектров и определения сдвига использовался пакет программ в среде MIDAS, созданный в CAO [4]. Положения линий определялись путем вписывания гауссиан и определения их центров. Из Рис. 1 а, b видно, что сдвиги спектров этих двух срезов хорошо коррелированы. Видно также, что имеется кратковременная (минутная) и

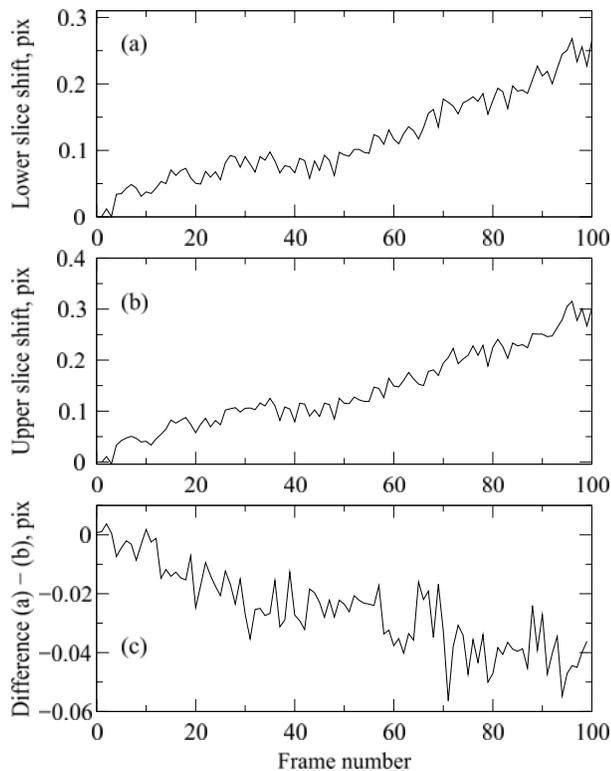


Рис. 1. Изменение со временем положения спектра сравнения тория для ОЗСП по первому (а), четырнадцатому (б) срезам и их разности (с).

дрейфовая составляющие нестабильности. Чтобы исключить влияние космических частиц, в программе предусмотрена возможность накопления нескольких кадров с последующей очисткой от их следов.

На Рис. 2 изображена структурная схема устройства для стабилизации изображения спектра. Компьютер ПК-1 (под управлением ОС Windows) управляет работой ПЗС-системы. После регистрации изображения спектра он пересылает файл с изображением на компьютер ПК-2 (под управлением ОС LINUX). Последний выполняет экстракцию спектра, определяет разницу положений текущего и базового спектров, переводит её в число шагов двигателя и пересылает результат на компьютер ПК-3 (под управлением ОС LINUX). Компьютер ПК-3 через контроллер 5 и шаговый двигатель с редуктором 4 поворачивает плоскопараллельную пластинку 3 на необходимый угол. Компьютеры ПК-1 и ПК-2 расположены в аппаратной комнате, остальные элементы на балконе Н-2 рядом со спектрографом. Вся процедура коррекции может быть повторена, если компенсация недостаточна. Наклон зависимости “шаг-пиксел” составил около 0.0011. Пластинка толщиной 6 мм обеспечивает смещение спектра в пределах не меньше ± 1 пиксел. Размер

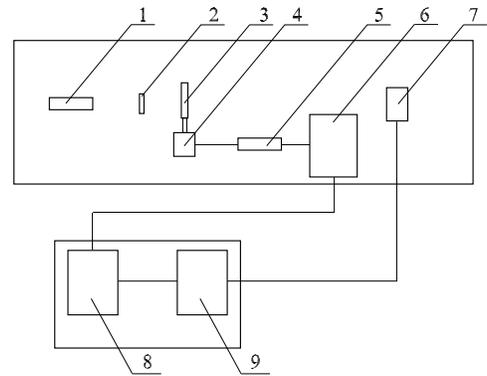


Рис. 2. Структурная схема устройства стабилизации изображения спектра: 1 — лампа спектра сравнения, 2 — щелевая часть ОЗСП, 3 — плоскопараллельная пластинка, 4 — шаговый двигатель, 5 — контроллер, 6 — ПК-3, 7 — ПЗС, 8 — ПК-1, 9 — ПК-2.

пиксела — 13 мкм. В длинах волн в синей области спектра один шаг соответствует 0.00014 \AA .

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ СПЕКТРА ОЗСП БТА

Для проверки работы устройства мы установили дополнительную наклоненную стеклянную пластинку в пучок света сразу за резателем. Она вызвала сдвиг спектра. В этом состоянии устройства был создан базовый спектр. На Рис. 3 это соответствует крайней левой точке. Потом мы убрали дополнительную пластинку. Положение спектра заметно изменилось примерно на 1.1 пиксела. После запуска программы компенсации сдвига за 3 шага сдвиг скомпенсирован. На Рис. 1 с можно видеть, что ошибка определения положения спектра по 1-минутной экспозиции составляет около 0.005 пиксела. Дрейф за 100 кадров (2.2 часа экспозиции) составил 0.04 пиксела. Его можно объяснить поворотом системы регистрации относительно спектра.

Основные параметры стабилизатора изображения спектра ОЗСП:

- диапазон стабилизации — ± 1 пиксел от среднего положения плоскопараллельной пластины, что в длинах волн в синей области спектра составляет $\pm 0.12 \text{ \AA}$;
- шаг стабилизации — ± 0.0011 пикселей или 0.00014 \AA ;
- время выполнения коррекции — около 1 минуты. Это позволяет удерживать спектр с точностью 0.0006 \AA .

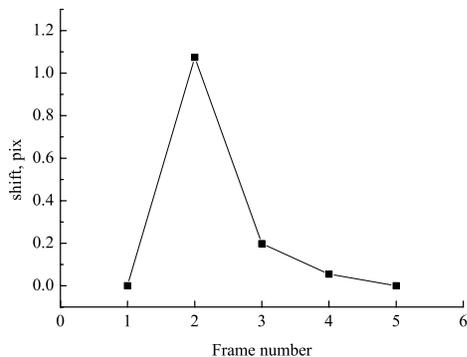


Рис. 3. Компенсация искусственно вызванного сдвига спектра.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создано и запущено в пробную эксплуатацию на БТА устройство стабилизации спектра ОЗСП. Оно позволяет с интервалом в 1 минуту производить коррекцию положения спектра с точностью около 0.0006\AA . Устройство может быть использовано для повышения точности измерений лучевых скоростей звезд, если с его помощью производить регулярную межкадровую коррекцию системы “спектрограф-ПЗС”. Оно может быть усовершенствовано по принципу, изложенному в работе [5], путем выноса части кадра электронного изображения, содержащего спектр сравнения, для вычисления поправки, возвращения спектра в исходное положение и, таким образом, коррекции положения спектра звезды во время накопления. Перспективным нам кажется применение электронной коррек-

ции изображения путем одновременной или последовательной регистрации спектра звезды и спектра сравнения, если в качестве приемника использовать “быструю” матрицу с внутренним усилением EM CCD (накопление и анализ производится в компьютере).

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим В. В. Власюка за поддержку работы, Г. А. Малькову — за создание программ обработки спектров, В. Л. Плохотниченко — за создание устройства и программы управления шаговым двигателем, Н. А. Викульева — за изготовление узла корректирующей пластинки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. A. Chountonov, in *Proceedings of International Conference on Magnetic Stars, N.Arkhыз, Russia, 2003*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, D. O. Kudryavtsev, and I. I. Romanyuk (Moscow, 2004), p.286.
2. А. С. Васильев, А. М. Евзеров, М. В. Лобачев и И. В. Пейсахсон, *Оптико-механич. промышл.* **2**, 31 (1977).
3. В. Е. Панчук, М. В. Юшкин и Э. В. Емельянов, *Технический отчет №212*, (Нижний Архыз, 2007).
4. И. Д. Найденов и др., *Технический отчет №315*, (Нижний Архыз, 2008).
5. G. A. Chountonov, V. A. Murzin, N. G. Ivashchenko and I. V. Afanasieva, in *Proceedings of International Conference on Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars, N.Arkhыз, Russia, 1999*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Moscow, 2000), p.249.

STABILIZATION OF THE SPECTRUM POSITION IN THE MAIN STELLAR SPECTROGRAPH OF THE 6-M TELESCOPE OF THE SPECIAL ASTROPHYSICAL OBSERVATORY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

G. A. Chountonov, I. D. Naidenov

New results on the stability analysis study of the Main Stellar Spectrograph of the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences when it operated jointly with the CCD detection system on a laboratory source are reported. The spectrum is found to drift along the dispersion direction for several tenths of a pixel (several hundredths of angstrom) over a one-hour time scale. To prevent this drift (i.e., the spectrum shift)—a plane parallel glass plate is mounted; tilt angle of this plate varies as a function of the misalignment between the current and reference spectra of a hollow-cathode tube laboratory source. Operation of the spectrum stabilizer is described. The correction time is of about 1 minute, allowing the position of the spectrum to be maintained to within $\pm 0.0006\text{\AA}$.

Key words: *methods of astronomical observations, equipments and instruments*