

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

© 2009 Г. А. Чунтонов

Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 23 марта 2009 г.; принята в печать 10 апреля 2009 г.

Разработан и опробован на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) БТА метод точных измерений профилей спектральных линий. Он позволяет исключить процедуру учета плоского поля. Для учета неоднородностей чувствительности элементов фотоприемника ПЗС регистрируются два спектра, сдвинутые относительно друг друга вдоль дисперсии на один столбец. Рекуррентные соотношения между фотооткликами ПЗС-элементов позволяют определить их относительную чувствительность и исправить профили линий. Чтобы устранить влияние различного рода нестабильностей, спектры регистрируются с использованием процедуры циклического сдвига спектра вдоль дисперсии и синхронного переноса электронного изображения поперек дисперсии спектра (вдоль столбцов матрицы ПЗС).

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

1. ВВЕДЕНИЕ

Для задач картографирования поверхности звезд необходимы точные профили спектральных линий, в том числе и в поляризованном свете. Точность измерений формы спектральных линий ограничивается неоднородностью чувствительности фотоприемников ПЗС, составляющей около 1%. Усреднение по нескольким десяткам и сотням пикселей с применением резателей изображений [1] не всегда приводит к желаемому результату, так как может проявляться крупномасштабная неоднородность. В данной работе предлагается исправлять профили линий спектра, искаженные неоднородностью чувствительностей фотоприемника ПЗС, путем регистрации спектра в двух положениях, сдвинутых относительно друг друга на один столбец вдоль дисперсии.

2. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

Есть несколько возможностей сдвигать спектр вдоль дисперсии: сдвигать камеру ПЗС, с помощью которой регистрируется спектр, изменять угол наклона решетки, сдвигать входную щель спектрографа, поворачивать плоскопараллельную стеклянную пластинку, установленную после щели спектрографа. Первые три способа громоздки и не позволяют быстро менять положение спектра. Мы далее описываем использование плоскопараллельной стеклянной пластинки, которая поворачивается вокруг оси, параллельной щели на заданный угол, фиксированный упорами. Толщина пластинки составляет 5 мм. Пластинка установлена на подшипниках. Наклон ее осуществляется поводом с

помощью реверсивного двигателя постоянного тока с периодичностью один раз за 5 сек. Устройство управляется от компьютера.

После регулировки по спектру сравнения при повороте пластинки величина сдвига спектра составила 0.985 ± 0.02 пиксела. Из-за вносимого стеклянной пластинкой хроматизма рабочий участок спектра будет ограничен несколькими сотнями ангстрем.

Спектры были получены на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) БТА с помощью ПЗС-системы $2K \times 2K$, разработанной в Лаборатории перспективных разработок САО. Система позволяет выполнять процедуру циклического переноса изображения вдоль столбцов ПЗС [2]. Она была использована, чтобы устранить влияние различного рода нестабильностей.

Отклик i -го элемента ПЗС A_i будет пропорционален интенсивности I_i , поступающего на этот элемент света: $A_i = \kappa_i I_i$ (после вычитания темнового сигнала), где κ_i — коэффициент чувствительности i -го элемента. После сдвига спектра это же излучение попадает на $(i+1)$ -й элемент, отклик которого будет A_{i+1} :

$$A_i = \kappa_i I_i; \quad A_{i+1} = \kappa_{i+1} I_{i+1}.$$

Так как $I_i = I_{i+1}$, получим соотношения, связывающие чувствительности соседних элементов: $\kappa_{i+1} = \kappa_i (A_{i+1}/A_i)$, после чего мы можем вычислить относительные коэффициенты чувствительностей всех элементов.

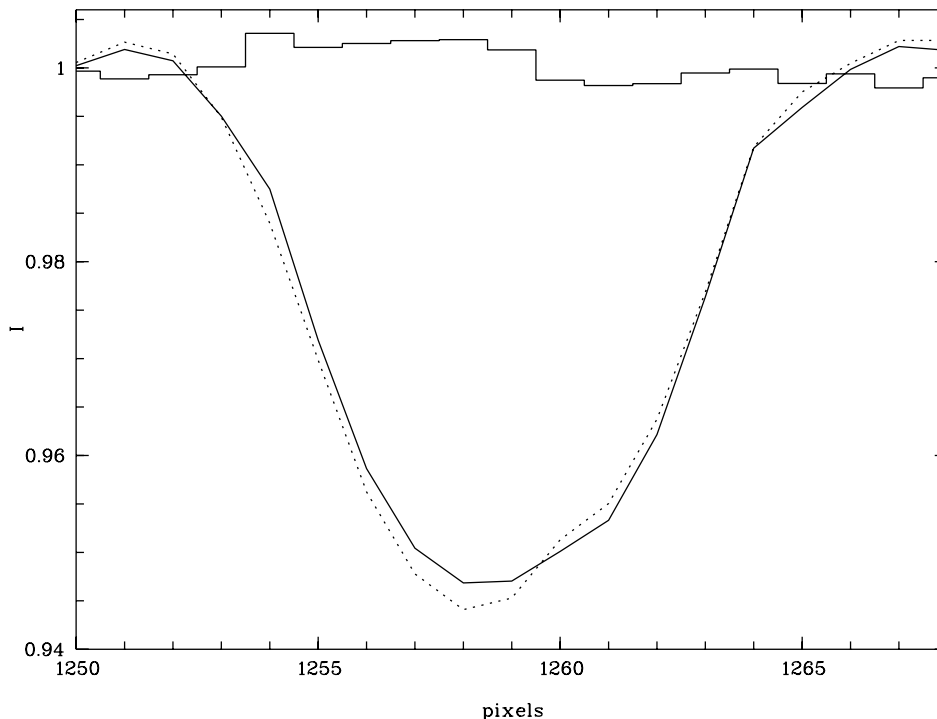


Рис. Участок спектра звезды HD 212454, содержащий спектральную линию. Сплошной линией изображен профиль линии до исправления. Пунктирной линией — после исправления. Ступеньками — коэффициенты чувствительности элементов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВА ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗВЕЗДЫ HD 212454

Испытания устройства проводились по звезде HD 212454 (B8III-IV, $m_v=6.2$, $v \sin i=40$ км/с) 8 ноября 2003 года. Было сделано 10 экспозиций по 400 сек каждая. Спектры были “вычищены” от космических частиц, вычтен уровень нуля АЦП и спектры сложены. Отношение С/Ш в континууме составило около 1000 в области 5800 Å.

На Рис. изображен участок спектра, содержащий спектральную линию. Сплошной линией изображен профиль линии до исправления. Пунктирной линией — после исправления. Ступеньками — коэффициенты чувствительности элементов.

Из Рис. видно, что дисперсия чувствительности элементов примерно в 3 раза больше, чем шум сигнала. Это значит, что исправление формы линий для данной ПЗС имеет смысл производить для спектров с $C/Ш > 300$.

Программа исправления профилей линий позволяет работать с фрагментом спектра, содержащим спектральную линию.

Было изготовлено также устройство типа “скачущий” деккер, представляющее собой зеркальную пластину с прямоугольным отверстием высотой 5

мм и шириной 0.45 мм. Он устанавливается вместо штатной щели ОЗСП и циклически двигается между упорами в направлении поперек большой стороны отверстия (вдоль дисперсии). Деккер может применяться в случае использования кроссдисперсора [3] для ОЗСП или эшелювого спектрографа, т.к. не вносит хроматизма.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданы и запущены в пробную эксплуатацию на ОЗСП БТА устройства для измерений профилей спектральных линий с повышенной точностью. Устройства позволяют исключить процедуру учета плоского поля. Показано, что исправление профиля линии для данной ПЗС следует производить при $C/Ш > 300$. В перспективе с внедрением EM CCD-приемников перенос электронного изображения поперек дисперсии можно будет не производить.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит В. В. Власюка за поддержку работы, А. В. Перкова — за изготовление устройств сдвига спектра, Д. О. Кудрявцева — за помощь при создании программы вычислений в MIDAS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. A. Chountonov, *Magnetic stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, D. O. Kudryavtcev, and I. I. Romanyuk (Moscow, Shans, 2004), p.286.
2. G. A. Chountonov, V. A. Murzin, N. G. Ivashchenko, and I. V. Afanasieva, *Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Moscow, Skazy, 2000), p. 249.
3. G. A. Chountonov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **54**, 123 (2002).

PRECISE MEASUREMENTS OF SPECTRAL LINE PROFILES**G. A. Chountonov**

We present a method of precise measurements of spectral line profiles that was elaborated and tested on the Main Stellar Spectrograph (MSS) of the 6-m BTA telescope. The method allows discarding corrections for flat field. To take account of inhomogeneity of the CCD chip sensitivity, two spectra are recorded, shifted against each other along the dispersion by one column. Recurrent ratios between the photo responses of the CCD pixels let us determine their relative sensitivity and correct the line profiles. To eliminate various instability effects, the spectra are registered with the use of a cyclic shift procedure along the dispersion, and a synchronous electronic image transfer across the spectrum dispersion (along the CCD matrix columns).

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