

УДК 520.648

КАМЕРНЫЙ ОБЪЕКТИВ ДЛЯ ВОЛОКОННОГО МАГНИТОМЕТРА БТА

© 2017 Г. А. Чунтонов^{1*}

¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 5 июня 2017 года; принята в печать 9 августа 2017 года

Разработан и изготовлен светосильный камерный объектив для волоконного магнитометра первичного фокуса 6-м телескопа. Полученное в тестовых наблюдениях разрешение разработанного объектива соответствует его расчетному значению. Пропускание объектива измерено на трех длинах волн. Оно составляет 78% на длине волны 6328 Å, 80% — на λ 5320 Å и 19% — на λ 4050 Å. Завал пропускания для длин волн короче 430 нм находится вне рабочего диапазона спектрографа волоконного магнитометра 430–690 нм.

Ключевые слова: инструменты: спектрографы

1. ВВЕДЕНИЕ

Для измерения магнитных полей слабых звезд с помощью 6-м телескопа создается новый магнитометр с волоконной оптикой. При использовании оптоволокна для «питания» спектрографа центральная часть пучка, виньетированная вторичным зеркалом, заполняется светом, поэтому целесообразно применять многолинзовые камеры без центрального виньетирования.

Ранее в магнитометре БТА [1] при диаметре коллимированного пучка 70 мм в качестве камерного использовался кинопроекторный объектив П-6М со светосилой 1:1.6, с апертурой на входе 85 мм и фокусным расстоянием 140 мм. Из-за недостаточных возможностей объектива для «перехвата» пучка света после решетки было принято решение о его замене на объектив с большей апертурой. Для отработки методики и проведения тестовых испытаний был изготовлен макетный вариант прибора, показавший его работоспособность. На следующем этапе работ было решено использовать для оснащения спектрографа специально рассчитанный объектив. В статье приводятся детали расчета новой камеры волоконного магнитометра и результаты тестов, проведенных для определения ее характеристик.

2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТИВА

Прототипом созданного нами камерного объектива послужила камера спектрографа UVES [2] с заменой стекол на отечественные. 8-линзовый объектив был изготовлен в мастерских САО РАН.

*E-mail: chunt@sao.ru

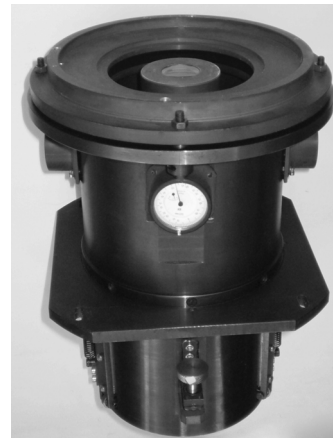


Рис. 1. Фотография объектива в оправе.

Просветление элементов выполнено в ИПФ РАН. Изображение объектива в оправе приведено на фотографии (рис. 1).

Для расчета объектива была использована программа ZEMAX. На рис. 2 представлена его оптическая схема, в таблице даны ее параметры, а на рис. 3 — точечная диаграмма через фокус объектива. На выходе камеры пучки сфокусированы на матрице ПЗС размером 19.5 мм. Диаметр входного отверстия — 115 мм. Вынос фокуса — около 10 мм.

3. РАЗРЕШЕНИЕ ОБЪЕКТИВА

Разрешение камерного объектива было измерено вблизи его оптической оси. Трафарет с маской в виде прямоугольной сетки был размещен на расстоянии 3500 мм от камеры. Период сетки составлял 0.58 мм. В качестве приемника в

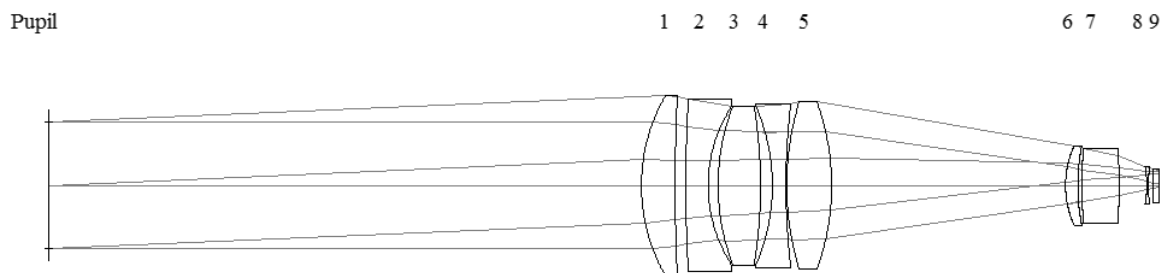


Рис. 2. Оптическая схема камерного объектива. Марка стекла элемента: 1 — ОК-1, 2 — СТК-12, 3 — ОК-1, 4 — ОФ-1, 5 — ОК-1, 6 — ЛК-3, 7 — ЛК-1, 8 — кварц, 9 (окно криостата) — кварц.

Параметры оптической схемы объектива (ZEMAX)

Поверхность	Тип поверхности	Радиус, мм	Толщина, мм	Марка стекла	Диаметр, мм
OBJECT	STANDARD	Infinity	Infinity		0
1	STANDARD	Infinity	0		75
APERTURE STOP	STANDARD	Infinity	350		75
3	STANDARD	106.8	19.9	ОК-1	106.81
4	STANDARD	1124.39	6.3		104.58
5	STANDARD	889.26	13.15	СТК-12	101.61
6	STANDARD	85.58	5.93		93.60
7	STANDARD	132.24	25	ОК-1	93.82
8	STANDARD	-291.68	7		93.54
9	STANDARD	-117.32	8	ОФ-1	93.31
10	STANDARD	409.01	0.5		96.71
11	STANDARD	171.00	26.5	ОК-1	98.65
12	STANDARD	-143.32	138		99.08
13	STANDARD	56.49	7.23	ЛК-3	47.11
14	STANDARD	116.58	2.5		44.87
15	STANDARD	314.87	22.2	ЛК-1	44.22
16	STANDARD	-140.81	16		35.12
17	STANDARD	-65.41	1	SILICA	22.05
18	STANDARD	101.57	3		21.06
19	STANDARD	Infinity	3	SILICA	19.85
20	STANDARD	Infinity	5.39		18.85
IMAGE	STANDARD	Infinity			16.19

плоскости изображения объектива использовалась CMOS видекамера EVS VAC-136 USB с чипом MT9M034 фирмы Aptina Imaging с числом пикселей 1280×960 и размером пиксела 3.75 мкм. Передняя часть корпуса камеры была снята, чтобы можно было установить матрицу в плоскость изображения маски. Было получено, что коэффициент уменьшения $K = 18.52$. Затем вместо маски бы-

ла отвесно натянута медная проволока толщиной 90 мкм. Расчетный размер изображения проволоки составил $90/18.52 = 4.86$ мкм. Регистрация изображений проводилась в fits-формате с их последующим анализом в пакете MIDAS. Перемещая проволоку вдоль оси объектива и измеряя ширину ее изображения, мы построили зависимость ширины от расстояния до объектива и определили

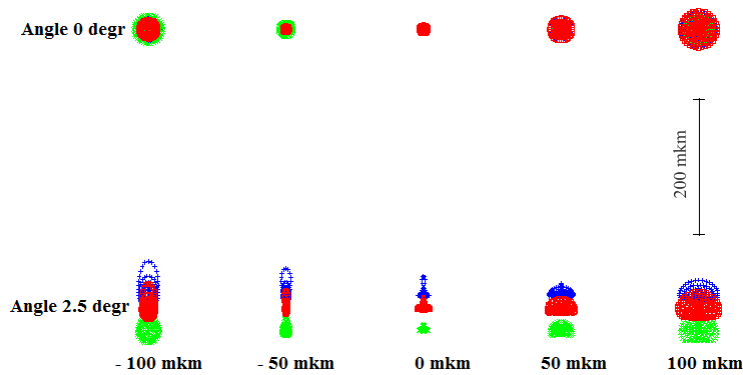


Рис. 3. Точечная диаграмма через фокус объектива.

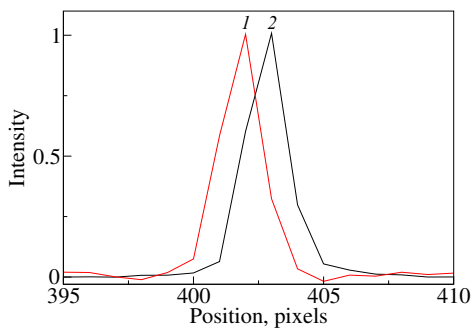


Рис. 4. Нормированные разрезы изображений проволоки с диафрагмой (1) и без нее (2).

положение наилучшего изображения проволоки. В этом положении были получены оценки размера изображения проволоки с диафрагмированием круглой апертурой диаметром 20 мкм на входе по центру объектива и без диафрагмирования. На рис. 4 показаны разрезы изображений проволоки с диафрагмой (кривая (1)) и без нее (кривая (2)). Размеры изображений с вычетом толщины проволоки составили соответственно 12.3 и 12.8 мкм, что находится в пределах расчетной величины разрешения камерного объектива.

4. ПРОПУСКАНИЕ ОБЪЕКТИВА

На рис. 5а и 5б приведено пропускание одной из линз объектива из сверхтяжелого крона СТК-12 и элемента из кварца соответственно после просветления в зависимости от длины волны. Пропускание элементов из стекол ОК-1, ОФ-1, ОК-3, ЛК-1 близко к пропусканию кварца.

Пропускание всего объектива было измерено на трех длинах волн. На длине волны 6328 Å оно составило 78%, на длине волны 5320 Å — 80%, а на длине волны 4050 Å — 19%. Завал пропускания для длин волн короче 430 нм находится

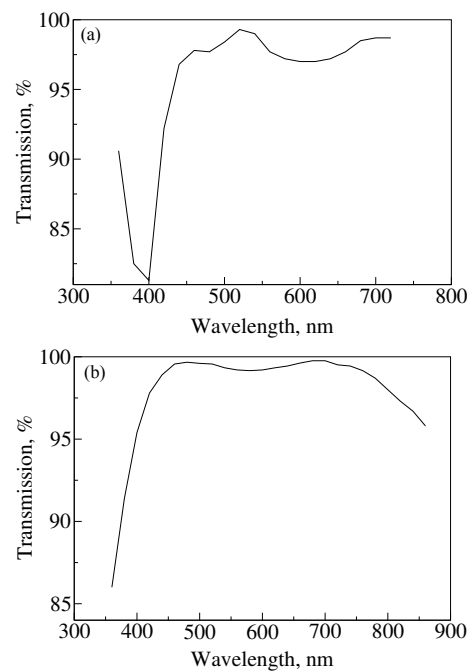


Рис. 5. Пропускание элементов объектива: (а) из стекла СТК-12 и (б) из кварца после просветления в зависимости от длины волны.

вне рабочего диапазона 430–690 нм спектрографа волоконного магнитометра. Без просветления потери на отражение на восьми элементах объектива составили бы 50% на длине волны 5320 Å.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан и изготовлен камерный объектив для оптоволоконного магнитометра первичного фокуса БТА, позволяющий практически полностью «перехватывать» пучок света после решетки, в отличие от использовавшегося до сих пор кинопроекторного объектива П-6М. Благодаря

просветлению оптики, выполненному в ИПФ РАН, удалось достичь пропускания объектива на рабочих длинах волн на уровне 80%.

оптических элементов и сборку, Ю. М. Гажур за конструирование оправ объектива.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит В. В. Власюка за поддержку, сотрудников ЛИЗМ САО за помощь в работе, Е. И. Перепелицина за оптимизацию, изготовление

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. A. Chountonov, *Astrophysical Bulletin* **65**, 100 (2010).
2. H. Decker et al. *Proceedings SPIE*, **4008**, 534 (2000).

Camera Lens for the 6-m Russian Telescope Fiber-Optic Magnetometer

G. A. Chountonov

We have designed and produced a speed camera lens for fiber-optic magnetometer of the prime focus of the 6-m Russian telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences. Resolution of the developed lens obtained during test observations corresponds to the calculated value. The transmission of the lens was measured at three wavelength ranges. It is equal to 78% at a wavelength of 6328 Å, 80% at λ 5320 Å, and 19% at λ 4050 Å. A transmission cutoff for wavelengths shorter than 430 nm is outside the operational range of the spectrograph of the fiber-optic magnetometer which is 430–690 nm.

Keywords: *instrumentation: spectrographs*