

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11762

(13) С1

(46) 2009.04.30

(51) МПК (2006)

G 02B 17/00

(54)

ЗЕРКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ

(21) Номер заявки: а 20070834

(22) 2007.07.05

(43) 2009.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Автор: Артюхина Нина Константиновна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

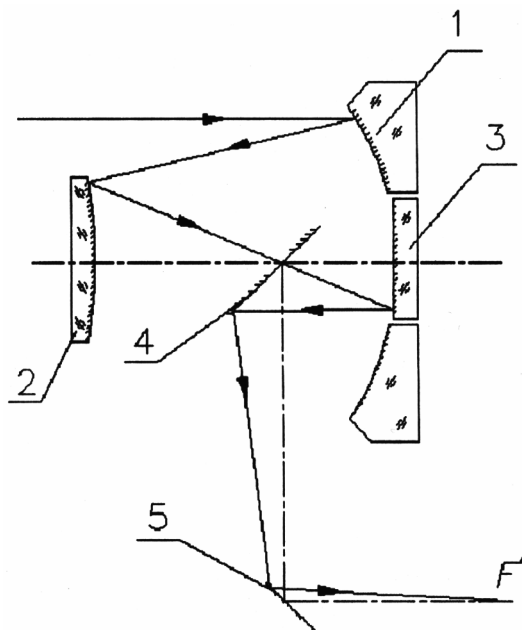
(56) RU 2010272 С1, 1994.

SU 1689910 А1, 1991.

US 4097125, 1978.

(57)

Зеркальный объектив, содержащий первичное вогнутое асферическое зеркало, вторичное выпуклое гиперболическое зеркало, а также третье вогнутое зеркало, поверхность которого расположена на общей подложке с первичным зеркалом, отличающийся тем, что содержит установленные после третьего зеркала четвертое и пятое плоские зеркала, первичное и вторичное зеркала выполнены с положительной эквивалентной оптической силой, третье зеркало - с оптической силой, в 2,5-3,5 раза превышающей оптическую силу первичного зеркала, при этом первичное и третье зеркала выполнены параболическими.



Фиг. 1

ВУ 11762 С1 2009.04.30

Изобретение относится к области оптического приборостроения, к зеркальным объективам, и может быть использовано для оптических исследований в видимой, ИК и УФ областях спектра.

Известен зеркальный объектив [1], состоящий из трех асферических зеркал с разными вершинами первого и третьего вогнутых, второго выпуклого зеркал.

Недостатками данного объектива являются большие габариты третьего зеркала, неудобство расположения фокального узла и наличие асферических поверхностей у всех трех зеркал, что вносит конструктивные и технологические трудности.

Известен зеркальный удлиняющий объектив [2], содержащий первичное и третье вогнутые асферические зеркала, вторичное выпуклое сферическое зеркало, причем эквивалентный фокус первичного и вторичного зеркала расположен между вторым и третьим зеркалами, где расположено дополнительное плоское зеркало для вывода фокального узла за габариты объектива.

Недостатками этого объектива являются децентрированное расположение фокального узла, вносящее дополнительный астигматизм, и эллиптическая форма поверхности двух зеркал, что усложняет производство и сборку объектива.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является зеркальный объектив с тремя отражениями [3], содержащий первичное вогнутое и вторичное выпуклое асферические зеркала и третье вогнутое, поверхность которого нанесена на общую подложку с первичным. Эквивалентный фокус первичного и вторичного зеркала в этом объективе мнимый, что увеличивает диаметр третьего зеркала по отношению ко вторичному и создает трудности с устранением постороннего света.

Недостатками этого объектива являются трудности устранения постороннего света из-за мнимого промежуточного изображения, большая осевая длина системы порядка $0,4f'$ и малый задний фокальный отрезок $S' = (0,1-0,5)f'$, что не позволяет создавать длиннофокусные объективы с удобным расположением фокального узла.

Задачей предлагаемого изобретения является уменьшение осевой длины объектива, обеспечение действительного промежуточного изображения и увеличение заднего фокального отрезка для обеспечения выноса плоскости изображения за пределы габаритов при сохранении хорошего качества изображения.

Решение указанной задачи достигается тем, что зеркальный объектив, содержащий первичное вогнутое асферическое зеркало, вторичное выпуклое гиперболическое зеркало, а также третье вогнутое зеркало, поверхность которого расположена на общей подложке с первичным зеркалом, дополнительно содержит установленные после третьего зеркала четвертое и пятое плоские зеркала, первичное и вторичное зеркала выполнены с положительной эквивалентной оптической силой, третье зеркало - с оптической силой, в 2,5-3,5 раза превышающей оптическую силу первичного зеркала, при этом первичное и третье зеркала выполнены параболическими.

Такая конструкция объектива, в которой обеспечивается действительное промежуточное изображение за счет положительной эквивалентной оптической силы системы из первых двух зеркал, позволяет уменьшить осевую длину объектива при оптической силе третьего зеркала, в 2,5-3,5 раза превышающей оптическую силу первичного зеркала ($\varphi_3 = (2,5-3) \cdot \varphi_1$), и вынести плоскость приемника за пределы габаритов. Асферические профили поверхностей зеркал (первичное и третье зеркала - параболоиды, а вторичное - гиперболоид) обеспечивают исправление сферической аберрации, комы и астигматизма. Подбором оптической силы третьего зеркала φ_3 можно устранить кривизну изображения при выполнении условия $\varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2$. Ход светового луча при этом представляет собой последовательное отражение луча от всех зеркал с последующим построением изображения в задней фокальной плоскости объектива.

BY 11762 C1 2009.04.30

Данное схемное решение объектива, выполненного только из зеркальных элементов, исключает хроматические aberrации и позволяет использовать его в широком спектральном диапазоне.

На фиг. 1 представлена принципиальная оптическая схема зеркального объектива и показан ход светового луча.

На фиг. 2 приведены технические характеристики и конструктивные параметры одного из вариантов зеркального объектива.

На фиг. 3 представлены графики остаточных aberrаций рассчитанного варианта объектива для осевой и внеосевой предметных точек, а также для широкого внеосевого наклонного пучка лучей.

Зеркальный объектив состоит из первичного 1, вторичного 2 и третьего 3 зеркал (фиг. 1). Первичное зеркало 1 и третье зеркало 3 выполнены вогнутыми параболическими, вторичное зеркало 2 выполнено выпуклым гиперболическим. Плоские зеркала 4 и 5 устанавливаются после третьего зеркала 3.

Зеркальный объектив работает следующим образом.

Параллельный пучок света падает на первичное зеркало 1 и после отражения от него попадает на вторичное зеркало 2, которое образует сходящийся пучок световых лучей, строящих промежуточное изображение в центральном отверстии зеркала 4. Это изображение в определенном масштабе третье зеркало 3 переносит с помощью плоского зеркала 5 в фокальную плоскость F' . Плоские зеркала 4 и 5 позволяют обеспечить компактную конструкцию и вынести фокальный узел зеркального объектива за габариты, что расширяет конструктивные возможности системы (размещение фильтров, систем устройств смены приемников и т.д.).

По данной принципиальной схеме рассчитан объектив с фокусным расстоянием $f' = 10000$ мм, относительным отверстием $D/f' = 1/20$, угловым полем зрения в пространстве предметов $2\omega = 1^\circ 30'$.

На фиг. 2 приведены технические характеристики рассчитанного варианта объектива и его конструктивные данные: радиусы кривизны зеркал r , расстояние между зеркалами d , показатели преломления n , квадраты эксцентриситетов e^2 .

На фиг. 3 представлены результаты aberrационного расчета. Для точки на оси приведены графики поперечной и продольной сферической aberrации $\Delta Y'$ и $\Delta S'$, неизопланатизма η и волновой aberrации W , для точки вне оси - дисторсии $\Delta y'$ и астigmatических отрезков Z'_s и Z'_m . Кроме того, даны графики aberrаций широких внеосевых пучков в меридиональном $\Delta Y'$ сечении на краю поля $2\omega = 0^\circ 45'$ и на зоне $2\omega = 0^\circ 22' 30''$.

Источники информации:

1. Korch Dietrich // Anastigmatic three-mirror telescope. - Applied Optics. - 1977. - 16.-№ 8.
2. А.с. СССР 498588, МПК G 02 B 17/06, 1976.
3. Патент РФ 2010272, МПК G 02 B 17/06, 1994.

BY 11762 C1 2009.04.30

$f'=10000\text{MM}$

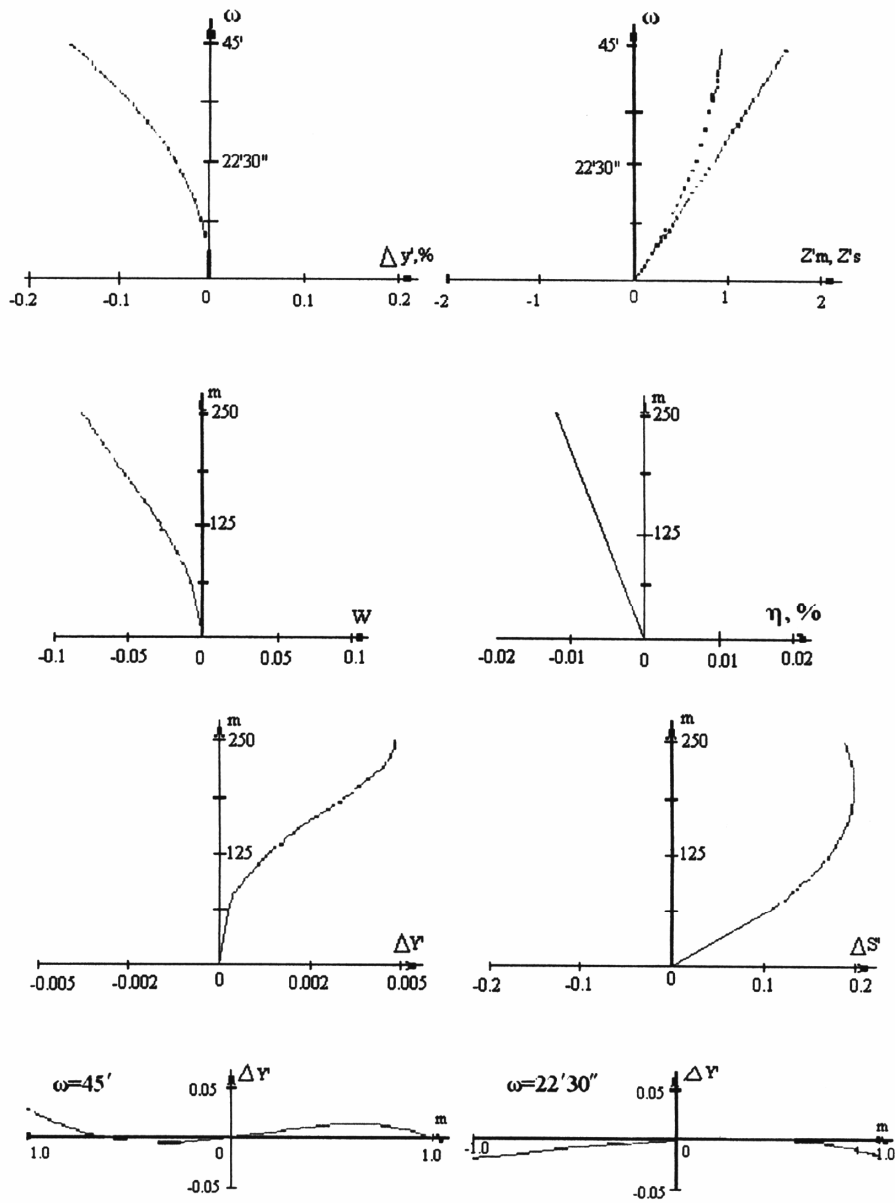
$D/f'=1:20$

$2\omega=1^{\circ}30'$

$S'=1806.67$

r	d	e^2	n
-789.9307	-328.0015	0.991914	1
-218.4941	345.0000	4.951919	-1
-311.6501	-173.5500	0.770478	1
∞	500		-1
∞			1

Фиг. 2



Фиг. 3