

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 16709

(13) С1

(46) 2012.12.30

(51) МПК

G 02B 17/06 (2006.01)

(54)

## ЧЕТЫРЕХЗЕРКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ

(21) Номер заявки: а 20110351

(22) 2011.03.22

(43) 2012.10.30

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

(72) Автор: Артюхина Нина Константиновна (ВУ)

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

(56) ВУ 4518 U, 2008.

ВУ 11762 С1, 2009.

RU 2327194 С2, 2008.

SU 1689910 А1, 1991.

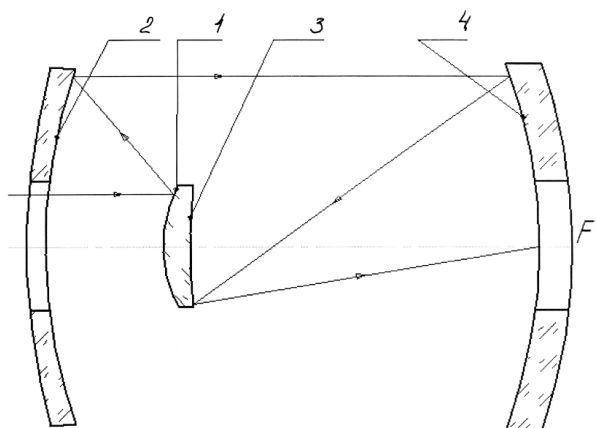
SU 1753442 А1, 1992.

US 6142641 А, 2000.

US 4101195 А, 1978.

(57)

Четырехзеркальный объектив с промежуточным изображением, первое из установленных по ходу луча зеркал которого выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, третье - вогнутым сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим и установлено от третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, при этом фокусы первого и второго зеркал совмещены, радиус четвертого зеркала в 1,5 раза превышает фокусное расстояние объектива и все зеркала установлены так, чтобы промежуточное изображение создавалось между третьим и четвертым зеркалами.



Фиг. 1

Изобретение относится к оптическому приборостроению, а именно к созданию зеркальных и зеркально-линзовых объективов, и может быть использовано для оптических исследований в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра.

# ВУ 16709 С1 2012.12.30

Известен зеркальный удлиняющий объектив [1], содержащий вогнутое сферическое зеркало, центрированное с ним planoидное зеркало и вогнутое эллиптическое зеркало.

Недостатками объектива являются малое поле зрения, ограниченное нерабочей частью второго зеркала, и неудобная с точки зрения технологии planoидная форма поверхности второго зеркала.

Известен зеркальный объектив [2], содержащий первое и третье эллиптические зеркала с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, а также вспомогательное второе тороидальное зеркало, децентрированное по отношению к первому и третьему зеркалам.

Недостатком этого объектива является малое угловое поле зрения при невысоком относительном отверстии объектива из-за децентрированного расположения второго зеркала, поверхность которого имеет сложную тороидальную форму, неудобную с точки зрения технологии.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является зеркальный объектив [3], содержащий первое и третье вогнутые эллиптические зеркала с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, плоское зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, в котором второе зеркало выполнено выпуклым гиперболическим и центрированным по отношению к первому и третьему зеркалам, радиусы которых в 1,4-1,6 раза превышают фокусное расстояние объектива.

Недостатками этого объектива являются небольшое угловое поле зрения, не превышающее  $2\omega = 6^\circ$ , большое центральное экранирование: величина линейного коэффициента порядка  $\eta = 0,5$ .

Решение указанной задачи достигается тем, что в четырехзеркальном объективе с промежуточным изображением первое из установленных по ходу лучей зеркал выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, третье - вогнутым сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим и установлено от третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, при этом фокусы первого и второго зеркал совмещены, радиус четвертого зеркала в 1,5 раза превышает фокусное расстояние объектива и все зеркала установлены так, чтобы промежуточное изображение создавалось между третьим и четвертым зеркалами.

Такая конструкция объектива, состоящего из трех асферических зеркал и одного сферического, обеспечивающего действительное промежуточное изображение между третьим и четвертым зеркалами, позволяет увеличить угловое поле зрения в 1,5-2 раза, уменьшить центральное экранирование не менее чем в 1,5 раза при сохранении хорошего качества изображения.

Первое и третье зеркала могут быть объединены в монолит (двойное зеркало). Профиль меридиональных кривых поверхностей первого и второго зеркал определен эллипсом, четвертого - гиперболой, а третьего - сферой.

Асферические профили поверхностей зеркал обеспечивают хорошее качество изображения - исправление сферической аберрации, комы и астигматизма на плоском поле изображения.

Ход светового луча при этом представляет собой последовательное отражение луча от всех зеркальных поверхностей с последующим построением изображения в задней фокальной плоскости объектива.

Данное схемное решение объектива, выполненного только из зеркальных элементов, исключает хроматические аберрации и позволяет использовать его в широком спектральном диапазоне. Большое поле зрения позволяет регистрировать довольно протяженные объекты. Малое экранирование обеспечивает достаточно эффективное относительное отверстие.

Сущность изобретения поясняется фигурами, где на фиг. 1 представлена оптическая схема четырехзеркального объектива, на фиг. 2 представлены результаты компьютерного

# ВУ 16709 С1 2012.12.30

расчета в программной среде Zemax, на фиг. 3 дана диаграмма виньетирования для угла поля зрения  $2\omega = 10^\circ$ .

Четырехзеркальный объектив состоит из первого 1, второго 2, третьего 3 и четвертого 4 зеркал. Зеркало 1 выполнено выпуклым эллиптическим, зеркало 2 - вогнутым эллиптическим, зеркало 3 выполнено вогнутым сферическим, зеркало 4 - вогнутым гиперболическим.

Зеркальный объектив работает следующим образом.

Параллельный световой пучок лучей, идущих от бесконечно удаленного предмета, падает на зеркало 1, после отражения от него попадает на зеркало 2, которое образует параллельный пучок световых лучей, строящих изображение в бесконечности, поэтому действительное промежуточное изображение образуется в фокальной плоскости зеркала 4. Это изображение зеркало 3 переносит с определенным масштабом в фокальную плоскость всего объектива.

По данной принципиальной схеме рассчитан объектив с техническими характеристиками: фокусным расстоянием  $f' = 100$  мм, относительным отверстием  $D/f = 1:6$ ; угловым полем  $2\omega = 10^\circ$ , коэффициентом центрального экранирования  $\eta = 0,3$ . Его конструктивные данные (радиусы кривизны зеркал  $r$ , расстояния между зеркалами  $d$ , показатели преломления  $n$ ):

$r$	$d$	$n$
$r_1^* = 21,11$ мм	$d_1 = -23,61$ мм	1
$r_2^{**} = 68,33$ мм	$d_2 = 128,61$ мм	-1
$r_3^{***} = -152,78$ мм	$d_3 = -100$ мм	1
$r_4 = 38,20$ мм		-1
		1

Меридиональные уравнения асферических поверхностей:

$$*y^2 = 42,22x - 0,579737x^2 - 0,271071 \cdot 10^{-2}x^3,$$

$$**y^2 = 136,66x - 0,239153x^2,$$

$$***y = -305,56x + 0,915681x^2.$$

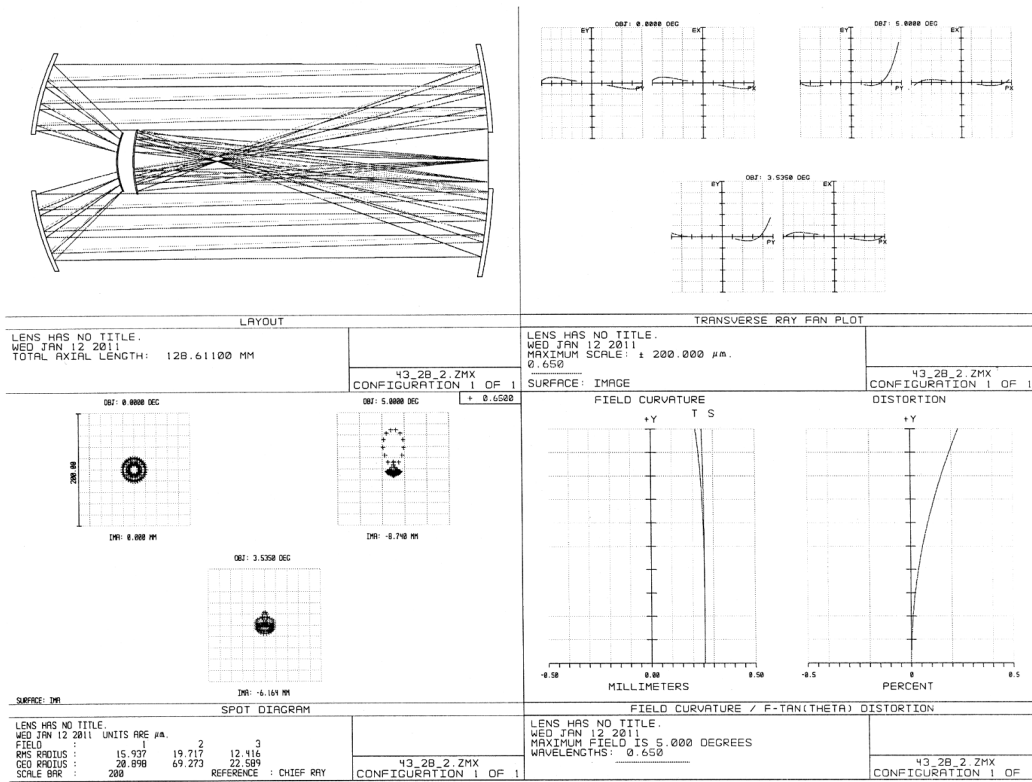
Как видно из фиг. 2, где показана схема прохождения реальных лучей, для которых даны графики остаточных aberrаций (компьютерные расчеты в среде Zemax), точечные диаграммы (ТД) для осевой и внеосевой предметных точек соответствуют дифракционному качеству изображения, исправлены полевые aberrации (астигматизм и кривизна изображения) для всех точек поля изображения в пределах  $2\omega = 10^\circ$ .

Таким образом, четырехзеркальный объектив с промежуточным изображением, первое из установленных по ходу лучей зеркал которого выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, третье - вогнутым сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим и установлено от третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, при этом фокусы первого и второго зеркал совмещены, радиус четвертого зеркала в 1,5 раза превышает фокусное расстояние объектива и все зеркала установлены так, чтобы промежуточное изображение создавалось между третьим и четвертым зеркалами, позволяет увеличить угловое поле зрения, уменьшить центральное экранирование при сохранении хорошего качества изображения.

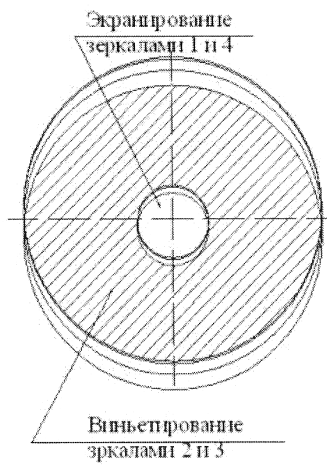
Источники информации:

1. А.с. СССР 1004945, МПК G 02B 17/06, 1983.
2. А.с. СССР 1254405, МПК G 02B 17/06, 1986.
3. Патент 4518 РБ, МПК G 02B 17/00, 2008.

# BY 16709 C1 2012.12.30



Фиг. 2



Фиг. 3