

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 10109

(13) U

(46) 2014.06.30

(51) МПК

G 02B 17/02 (2006.01)

(54)

## ЧЕТЫРЕХЗЕРКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ

(21) Номер заявки: u 20130918

(22) 2013.11.12

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

(72) Авторы: Артюхина Нина Константиновна; Батуро Игорь Николаевич (ВУ)

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

(57)

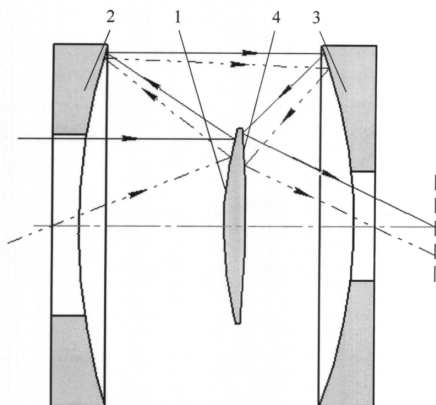
Четырехзеркальный объектив, первое из установленных по ходу лучей зеркал которого выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, четвертое - вогнутым, фокусы первого и второго зеркал совмещены, отличающийся тем, что третье зеркало выполнено выпуклым, четвертое зеркало выполнено сферическим, имеет радиус  $r = 2,75f$  и установлено относительно третьего на расстоянии  $d = 0,6f$ , где  $f$  - эквивалентное фокусное расстояние.

(56)

1. Патент РБ 4518, МПК G 02B 17/00, 2008.

2. Патент РБ 8582, МПК G 02B 17/00, 2013.

3. Патент РБ 16709, МПК G 02B 17/00, 2013.



Фиг. 1

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

# ВУ 10109 U 2014.06.30

Известен четырехзеркальный объектив [1], содержащий первое и третье вогнутые эллиптические зеркала, второе выпуклое зеркало и четвертое плоское зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии  $d = f$ , радиусы зеркал  $r = (1,4-1,6)f$ , где  $f$  - эквивалентное фокусное расстояние.

Недостатками этого четырехзеркального объектива являются небольшое поле зрения, большие поперечные размеры первого и третьего зеркал, объединенных в единую деталь - монолит (двойное зеркало).

Известен зеркальный объектив [2], содержащий три асферических зеркала, с профилями асферики высшего порядка, причем фокусы системы из первых двух зеркал и четвертого зеркала совмещены, а четвертое зеркало расположено относительно третьего зеркала на расстоянии, равном  $d = f$ , где  $f$  - эквивалентное фокусное расстояние.

Недостатками этого четырехзеркального объектива являются небольшое поле зрения и невысокая светосила, а также большая осевая длина объектива.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой полезной модели является 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, все зеркала установлены так, чтобы промежуточное изображение создавалось между третьим и четвертым зеркалами [3].

Недостатками этого четырехзеркального объектива являются небольшое поле зрения, большие поперечные размеры первого и третьего зеркал, объединенных в единую деталь - монолит (двойное зеркало).

Недостатками этого объектива являются невысокая светосила, асферическая форма трех зеркал и большие поперечные размеры второго и четвертого зеркал.

Задачей предлагаемой полезной модели является увеличение светосилы при сохранении хорошего качества изображения, а также уменьшение поперечных габаритов второго и четвертого зеркал.

Решение указанной задачи достигается тем, что в четырехзеркальном объективе первое из установленных по ходу лучей зеркал выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, третье зеркало - выпуклым, четвертое - вогнутым, фокусы первого и второго зеркал совмещены, четвертое зеркало выполнено сферическим, имеет радиус  $r = 2,75f$  и установлено относительно третьего на расстоянии  $d = 0,6f$ , где  $f$  - эквивалентное фокусное расстояние.

Такая конструкция объектива, состоящего из двух асферических зеркал и двух сферических, позволяет увеличить светосилу не менее чем в 6 раз, уменьшить поперечные размеры второго и четвертого зеркал более чем в 1,5 раза при сохранении хорошего качества изображения и, кроме того, увеличить угловое поле зрения. Асферические профили поверхностей зеркал обеспечивают исправление четырех аберраций: сферической аберрации, комы, астигматизма и кривизны изображения. Профиль меридиональной кривой асферической поверхности первого зеркала определен уравнением третьего порядка.

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.

Четырехзеркальный объектив состоит из первого 1, второго 2, третьего 3 и четвертого 4 зеркал (фиг. 1). Первое зеркало 1 и третье зеркало 3 выполнены выпуклыми, второе зеркало 2 и четвертое зеркало 4 выполнены вогнутыми.

# ВУ 10109 U 2014.06.30

Четырехзеркальный объектив работает следующим образом.

Параллельный световой пучок лучей, идущих от бесконечно удаленного предмета, падает на первое зеркало 1, после отражения от него попадает на второе зеркало 2, которое образует параллельный пучок световых лучей, система из третьего зеркала 3 и четвертого зеркала 4 строит изображение в фокальной плоскости F' четырехзеркального объектива (фиг. 1).

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

По данной принципиальной схеме рассчитан четырехзеркальный объектив со следующими техническими характеристиками: фокусным расстоянием  $f' = 200$  мм, относительным отверстием  $D/f = 1:1$ ; угловым полем  $2\omega = 12^\circ$ .

Его конструктивные данные приведены в таблице.

Радиус кривизны поверхности r, мм	Осевое расстояние d, мм
$r_1^* = 400$	$d_1 = -160$
$r_2^{**} = 666,67$	$d_2 = 304$
$r_3 = -1200$	$d_3 = -120$
$r_4 = -550,8$	

Форма асферических поверхностей зеркал определяется уравнениями:

\*:  $y^2 = 800x - 2,96061x^2 - 0,0148328x^3$ ,

\*\* :  $y^2 = 1333,33x - 0,484753x^2$ .

Показатели преломления:

- n
- 1
- 1
- 1
- 1
- 1

Поперечные aberrации внеосевого пучка (в мм) для углового поля  $2\omega = 12^\circ$ , рассчитанные в программной среде Opal (РФ), имеют значения:

Аберрации внеосевых пучков

= Вых. Координаты		Поперечные aberrации (мм)
= Канон.	(tg <sup>'*</sup> 100)	
Меридиональное сечение Пучок 1 Y = -6.0000		

1.000	49.54	-.00234
.866	41.31	-.00791
.707	32.40	-.01149
.500	21.72	-.01268
.000	-1.90	.00049
-.500	-25.80	.01017
-.707	-36.81	.00411
-.866	-46.12	-.00063
-1.000	-54.81	.00253

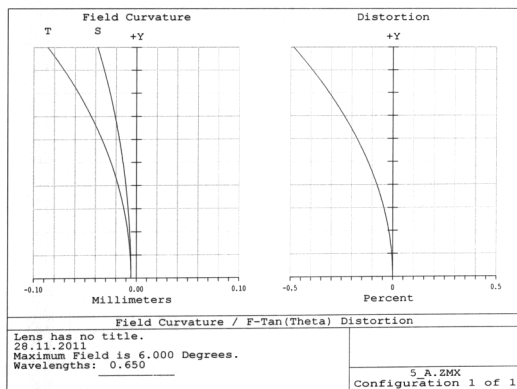
На фиг. 2 приведены графики монохроматических aberrаций - графики астигматизма и дисторсии (компьютерный расчет Zemax (USA)).

На фиг. 3 и 4 даны волновые критерии качества: диаграмма волнового фронта (фиг. 3) и кривая распределения энергии в пятне рассеяния (фиг. 4).

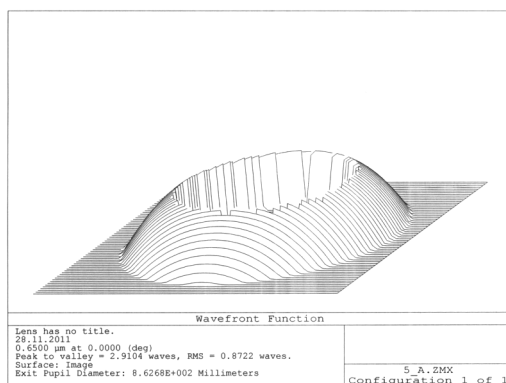
Таким образом, четырехзеркальный объектив, первое из установленных по ходу лучей зеркал которого выполнено выпуклым, второе - вогнутым эллиптическим, третье зеркало - выпуклым, четвертое - вогнутым, фокусы первого и второго зеркал совмещены, четвертое

# ВУ 10109 U 2014.06.30

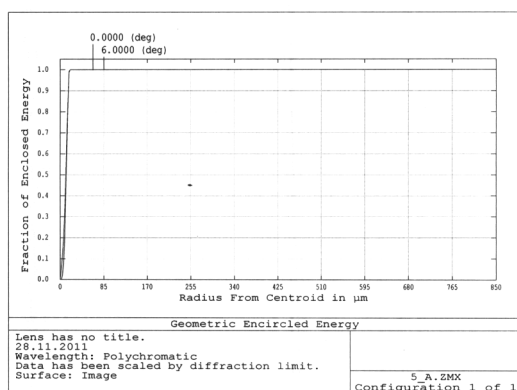
зеркало выполнено сферическим, имеет радиус  $r = 2,75f$  и установлено относительно третьего на расстоянии  $d = 0,6f$ , где  $f$  - эквивалентное фокусное расстояние, позволяет увеличить светосилу при сохранении хорошего качества изображения, а также уменьшить поперечные габариты второго и четвертого зеркал.



Фиг. 2

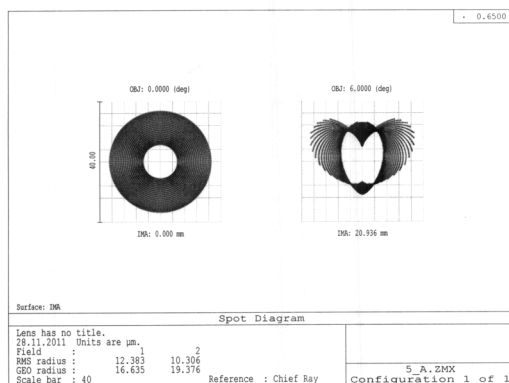


Фиг. 3



Фиг. 4

# BY 10109 U 2014.06.30



Фиг. 5