

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7514

(13) U

(46) 2011.08.30

(51) МПК

G 02B 17/02 (2006.01)

(54)

ЗЕРКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ

(21) Номер заявки: u 20101063

(22) 2010.12.24

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

(72) Автор: Артюхина Нина Константиновна (ВУ)

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

(57)

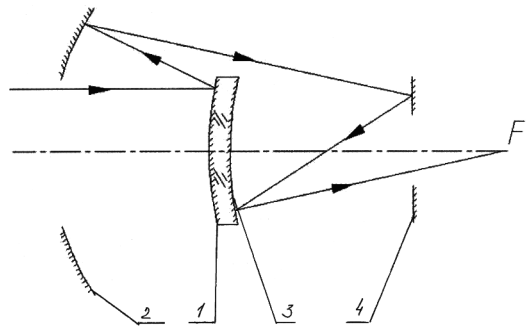
Зеркальный объектив, содержащий первое и второе асферические зеркала, третье вогнутое и четвертое плоское зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, отличающийся тем, что первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - параболическим, кроме того, радиусы первого и третьего зеркал в 0,5-0,6 раза, а радиус второго зеркала в 1,5 раза превышают фокусное расстояние объектива.

(56)

1. А.с. СССР 1004945, МПК G 02B 17/06 // Бюл. № 10. - 15.03.1983.

2. А.с. СССР 1254405, МПК G 02B 17/06 // Бюл. № 32. - 30.08.1986.

3. Патент 4518 РБ, МПК G 02B 17/00 // Бюл. № 6. - 15.04.2008.



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.

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

BY 7514 U 2011.08.30

Недостатками объектива являются небольшое 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 предлагаемой полезной модели является зеркальный объектив, содержащий первое и третье вогнутые эллиптические зеркала с промежуточным изображением, расположенным между вторым зеркалом и третьим зеркалом, дополнительно содержащий четвертое 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 [3].

Недостатками этого объектива являются большое центральное экранирование: величина коэффициента центрального экранирования порядка $\varepsilon = 0,5$, а также большие поперечные размеры первого и третьего зеркал, объединенных в единую деталь - монолит (двойное зеркало), профили которых имеют неудобную с точки зрения технологии эллиптическую форму поверхностей.

Задачей предлагаемой полезной модели является уменьшение центрального экранирования, улучшение формы профиля третьего зеркала при сохранении хорошего качества изображения, а также уменьшение поперечных габаритов первого и третьего зеркал (зеркального монолита).

Решение указанной задачи достигается тем, что в зеркальном объективе, содержащем первое и второе асферические зеркала, третье вогнутое и четвертое плоское зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - параболическим, кроме того, радиусы первого и третьего зеркал в 0,5-0,6 раза, а радиус второго зеркала в 1,5 раза превышают фокусное расстояние объектива.

Такая конструкция объектива, состоящего из трех асферических зеркал с дополнительным плоским зеркалом, обеспечивающим действительное промежуточное изображение между вторым и третьим зеркалами, позволяет уменьшить центральное экранирование не менее чем в 1,5 раза, уменьшить поперечные размеры первого и третьего зеркал при сохранении хорошего качества изображения, а также улучшить форму профиля третьего зеркала, входящего в монолит, что упрощает технологию изготовления. Кроме того, первое и третье зеркала могут быть объединены в единую деталь - монолит (двойное зеркало) - за счет введения в конструкцию объектива дополнительного плоского зеркала, не влияющего на качество изображения. Профиль меридиональной кривой поверхности первого зеркала определен гиперболой, а второго - эллипсом, а третьего - параболой. Асферические профили поверхностей зеркал обеспечивают хорошее качество изображения: исправление сферической аберрации, комы и астигматизма на плоском поле.

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.

BY 7514 U 2011.08.30

Зеркальный объектив состоит из первого 1, второго 2 и третьего 3 зеркал (фиг. 1). Первое зеркало 1 выполнено выпуклым гиперболическим, второе зеркало 2 выполнено вогнутым эллиптическим, третье зеркало 3 выполнено вогнутым параболическим. Плоское зеркало 4 устанавливается после второго зеркала 2 по ходу световых лучей.

Зеркальный 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 сходящийся пучок световых лучей, строящих действительное промежуточное изображение после плоского зеркала 4. Это изображение зеркало 3 переносит с определенным масштабом в фокальную плоскость объектива (фиг. 1). Плоское зеркало 4 позволяет уменьшить осевые габариты объектива, создать компактную конструкцию и вынести фокальный узел объектива в удобное для исследования место.

На фиг. 1 представлена принципиальная оптическая схема зеркального объектива и показан ход светового луча, по которому проведена нумерация зеркал.

По данной принципиальной схеме рассчитан объектив со следующими техническими характеристиками: фокусным расстоянием $f' = 200$ мм; относительным отверстием $D/f' = 1 : 2,5$; угловым полем $2\omega = 6^\circ$.

Его конструктивные данные:

Радиусы r	Осевые расстояния d	Показатели преломления n
$r_1^* = 93,80$	$d_1 = -185,49$	1
$r_2^{**} = 316,39$	$d_2 = 395,49$	-1
$r_3^{***} = 133,33$	$d_3 = -200$	1
$r_4 = \infty$		-1

Форма асферических поверхностей зеркал объектива определяется уравнениями:

$$*: y^2 = 187,61x + 0,9055114x^2 + 0,183981 \cdot 10^{-2}x^3 - 0,185058 \cdot 10^{-4}x^4,$$

$$**: y^2 = 632,79x - 0,831339x^2 + 0,965263 \cdot 10^{-5}x^3,$$

$$***: y^2 = 266,67x.$$

В табл. 1 приведены технологические параметры изготовления асферических поверхностей.

Таблица 1

Технологические параметры

Уравнение поверхности	Асферичность	Градиент асферичности	Световой диаметр	Радиус ближайшей сферы
*	0,156	0,0025	80	101,622
**	0,205	0,0052	346/80	320,872
***	0,033	0,0067	80	136,33

Линейный коэффициент центрального экранирования в объективе равен $\epsilon = 0,33$, а коэффициент виньетирования равен $K_\omega = 0,65$, что означает срезание 35 % наклонных внеосевых пучков лучей.

Аберрации зеркального объектива, полученные с помощью программного пакета OPAL (РФ), для точки на оси и главных лучей при фокусном расстоянии $f' = 200$ мм, относительном отверстии $D/f' = 1 : 2,5$, угловом поле зрения $2\omega = 6^\circ$ даны в табл. 2, где $\Delta S'$, $\Delta Y'$ - соответственно продольная и поперечная сферические аберрации, η , % - неизопланатизм, $\Delta y'$, % - дисторсия, Z_m' , Z_s' - астигматические отрезки.

Таблица 2

Аберрации зеркального объектива

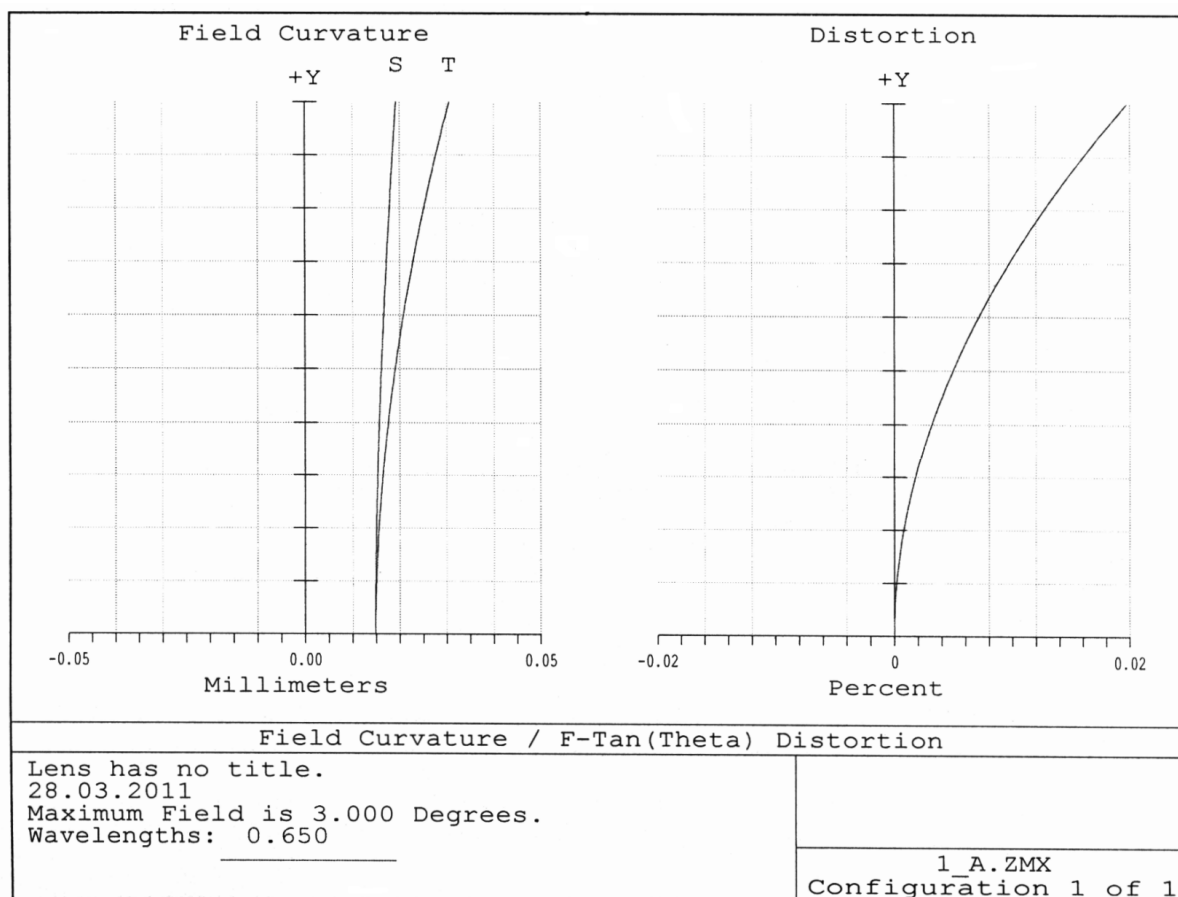
Точка на оси ($m = 40$)			Точка вне оси ($\omega = 3^\circ$)		
$\Delta S'$, мм	$\Delta Y'$, мм	η , %	Z_m' , мм	Z_s' , мм	$\Delta y'$, %
0,029	-0,006	-0,08	0,015	0,004	0,019

BY 7514 U 2011.08.30

Зеркальный объектив для крайней точки изображения имеет максимальный размер фигуры рассеяния приблизительно 0,05 мм, для осевой точки изображения кружок рассеяния равен 0,012 мм. Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) в центре изображения: контраст 0,4 для частоты 60 мм^{-1} .

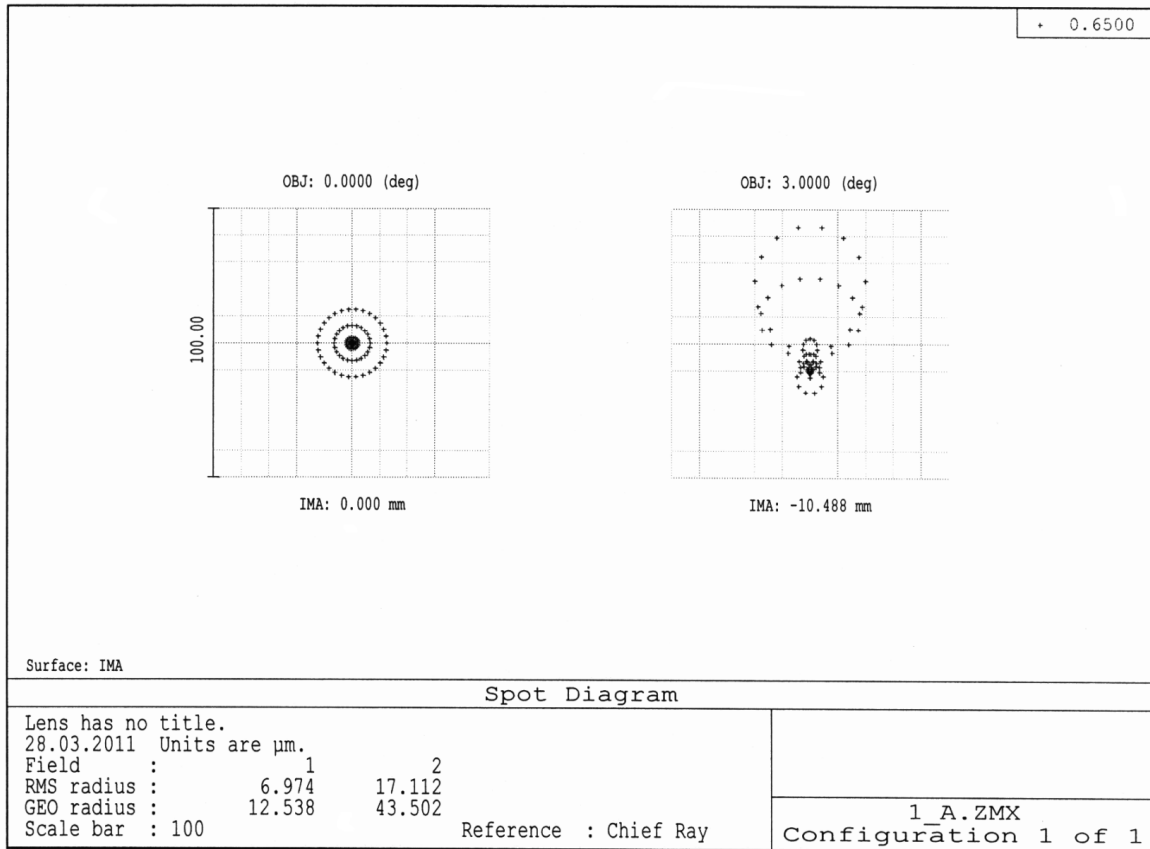
На фиг. 2 представлены графики кривизны изображения и дисторсии. На фиг. 3 даны точечные диаграммы (ТД). Фиг. 2 и 3 представляют графическую интерпретацию результатов компьютерного расчета в программной среде Zemax (USA).

Таким образом, зеркальный объектив, содержащий первое и второе асферические зеркала, третье вогнутое и четвертое плоское зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, в котором первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - параболическим и, кроме того, радиусы первого и третьего зеркал в 0,5-0,6 раза, а радиус второго зеркала в 1,5 раза превышают фокусное расстояние объектива, позволяет уменьшить центральное экранирование, улучшить форму профиля третьего зеркала при сохранении хорошего качества изображения, а также уменьшить поперечные габариты первого и третьего зеркал (зеркального монолита).



Фиг. 2

BY 7514 U 2011.08.30



Фиг. 3