

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 21002

(13) С1

(46) 2017.04.30

(51) МПК

G 02B 17/06 (2006.01)

G 02B 17/02 (2006.01)

(54)

ЗЕРКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ

(21) Номер заявки: а 20140397

(22) 2014.07.16

(43) 2016.02.28

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

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

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

(56) ВУ 4518 U, 2008.

ВУ 9279 U, 2013.

ВУ 4111 С1, 2001.

ВУ 16709 С1, 2012.

RU 2005111324 А, 2006.

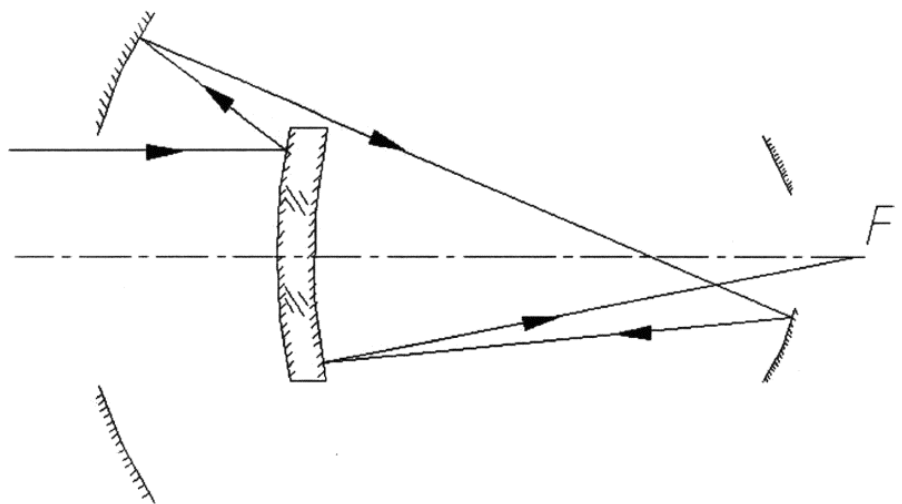
SU 1583910 А1, 1990.

EP 0452963 А2, 1991.

US 6445496 В1, 2002.

(57)

Зеркальный объектив, содержащий первое и второе зеркала, третье вогнутое и четвертое зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, отличающийся тем, что первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим, кроме того, оптические силы зеркал удовлетворяют условиям: $0,75 < \varphi_2 / \varphi < 0,8$, $\varphi_3 / \varphi = 2$, где φ - эквивалентная оптическая сила системы, φ_2 , φ_3 - оптические силы второго и третьего зеркал соответственно.



Фиг. 1

BY 21002 C1 2017.04.30

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

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 второе тороидальное зеркало, децентрированное по отношению к первому и третьему зеркалам.

Недостатками этого объектива являются 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, 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 раз превышают фокусное расстояние объектива.

Недостатками прототипа являются:

большие поперечные размеры первого и третьего зеркал, объединенных в единую деталь - монолит (двойное зеркало);

хорошее качество изображения только в области геометрических представлений;

угловое поле зрения не превышает $2\omega = 6^\circ$;

большое центральное экранирование: величина линейного коэффициента порядка $\varepsilon = 0,5$.

Задачей предлагаемого изобретения является сокращение габаритов и улучшение качества изображения, а именно деформации волнового фронта и частотно-контрастной характеристики (ЧКХ), при увеличенном угловом поле зрения и уменьшенном центральном экранировании.

Решение указанной задачи достигается тем, что в зеркальном объективе, содержащем первое и второе зеркала, третье вогнутое и четвертое зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим, кроме того, оптические силы зеркал удовлетворяют условиям: $0,75 < \varphi_2/\varphi < 0,8$, $\varphi_3/\varphi = 2$, где φ - эквивалентная оптическая сила системы, φ_2 , φ_3 - оптические силы второго и третьего зеркал соответственно.

Такая конструкция объектива с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, состоящего из четырех зеркал, позволяет сократить поперечные габариты и улучшить волновые характеристики качества изображения: деформацию волнового фронта и частотно-контрастную характеристику (ЧКХ), увеличить угловое поле зрения до $2\omega = 8,5^\circ$ и уменьшить центральное экранирование до $\varepsilon = 0,4$ (в 1,25 раз).

Первое и третье зеркало могут быть объединены в единую деталь - монолит (двойное зеркало) уменьшенного поперечного размера с одной сферической поверхностью, что является технологическим достоинством. Профиль меридиональных кривых поверхностей первого и четвертого зеркал определен гиперболой, второго - эллипсом, третьего - сферой.

ВУ 21002 С1 2017.04.30

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. Увеличенное поле зрения позволяет регистрировать довольно протяженные объекты в инфракрасной области спектра. Небольшое экранирование обеспечивает достаточно эффективное относительное отверстие.

Сущность изобретения поясняется фигурами: на фиг. 1 представлена оптическая схема зеркального объектива, на фиг. 2 даны графики остаточных геометрических аберраций для осевой предметной точки, на фиг. 3 - графики кривизны изображения и дисторсии для внеосевой предметной точки, на фиг. 4 - графики ЧКХ, на фиг. 5 - графики распределения энергии в дифракционном пятне рассеяния, на фиг. 6 - кривая деформации волнового фронта в рассчитанном варианте зеркального объектива.

Зеркальный объектив состоит из первого 1, второго 2, третьего 3 и четвертого 4 зеркал. Зеркало 1 выполнено выпуклым гиперболическим, 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 промежуточное действительное изображение в фокальной плоскости зеркала 4. Это изображение зеркало 3 переносит в эквивалентную фокальную плоскость всего объектива (фиг. 1).

По данной принципиальной схеме рассчитан объектив со следующими техническими характеристиками: фокусным расстоянием $f' = 200$ мм, относительным отверстием $D/f' = 1:3$; угловым полем $2\omega = 7,5^\circ$, коэффициентом центрального экранирования $\epsilon = 0,4$. Его конструктивные данные (радиусы кривизны зеркал r , расстояния между зеркалами d , показатели преломления n):

| r | d | n |
|---------------------------|-------------------|-----|
| $r_1^* = 57,48$ мм; | $d_1 = -86,2$ мм; | 1 |
| $r_2^{**} = 154,8$ мм; | $d_2 = 294,2$ мм; | -1 |
| $r_3 = 400$ мм; | $d_3 = -200$ мм. | 1 |
| $r_4^{***} = -118,48$ мм; | | -1 |

Меридиональные уравнения асферических поверхностей зеркал:

$$*y^2 = 114,96x + 0,131483x^3 + 0,341718 \cdot 10^{-3}x^3;$$

$$**y^2 = 309,60x - 0,873228x^2;$$

$$***y^2 = -236,96x + 0,523135x^2.$$

На фиг. 2 представлены результаты аберрационного расчета в универсальном компьютерном пакете Oral (РФ). Для точки на оси приведены графики поперечной и продольной сферической аберрации DY' и DS' , неизопланатизма NU , волновой аберрации W' .

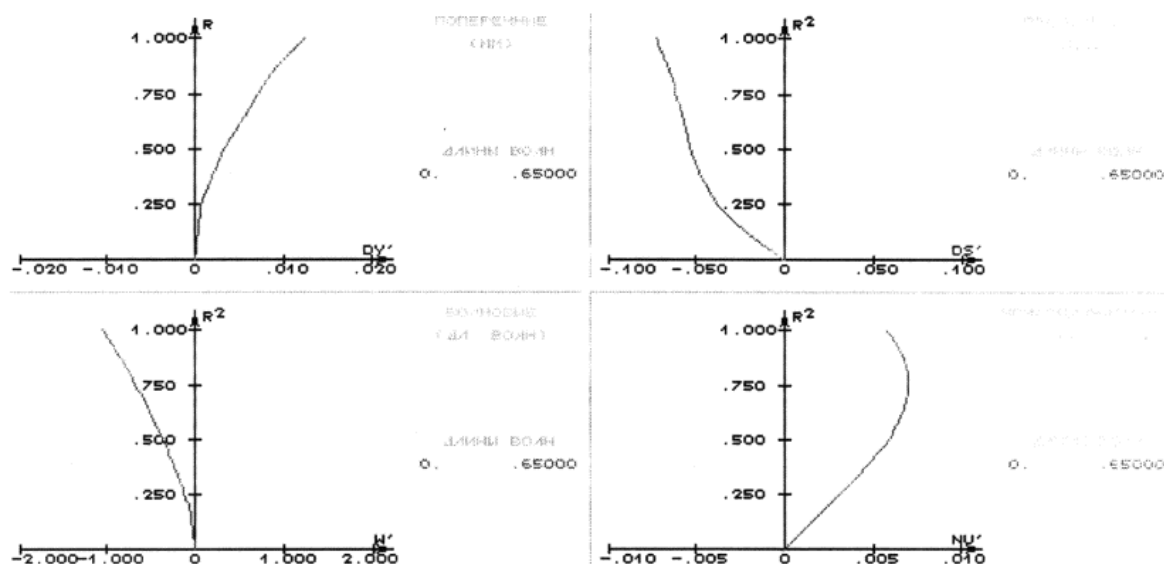
На фиг. 3 представлены графики кривизны изображения и дисторсии. На фиг. 4 даны графики частотно-контрастных характеристик (ЧКХ). На фиг. 5 даны графики распределения энергии в дифракционном пятне рассеяния. На фиг. 6 дана кривая деформации волнового фронта (фиг. 3-6 представляют графическую интерпретацию результатов компьютерного расчета в программной среде Zemax (USA)). Точечные диаграммы для осевой и внеосевой предметных точек соответствуют дифракционному качеству изображения: кривая деформации волнового фронта имеет пологий профиль, значения ЧКХ

близки к дифракционным, исправлены полевые aberrации (астигматизм и кривизна изображения) для всех точек поля изображения в пределах $2\omega = 7,5^\circ$.

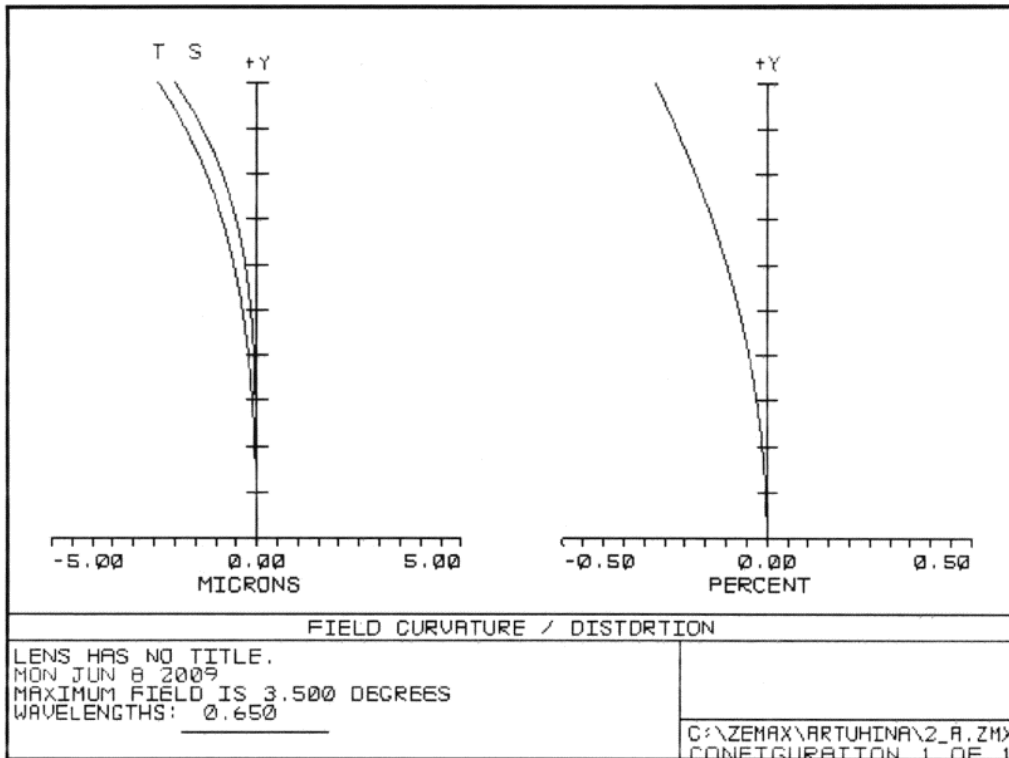
Таким образом, зеркальный объектив с промежуточным изображением, расположенным между вторым и третьим зеркалами, содержащий первое и второе зеркала, третье вогнутое и четвертое зеркало, расположенное относительно третьего зеркала на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, в котором первое зеркало выполнено выпуклым гиперболическим, второе - вогнутым эллиптическим, третье - сферическим, а четвертое - вогнутым гиперболическим, кроме того, оптические силы зеркал удовлетворяют условиям: $0,75 < \varphi_2/\varphi < 0,8$, $\varphi_3/\varphi = 2$, где φ - эквивалентная оптическая сила системы, φ_2 , φ_3 - оптические силы второго и третьего зеркал соответственно, позволяет улучшить качество изображения, а именно деформацию волнового фронта и частотно-контрастную характеристику (ЧКХ), при увеличенном угловом поле зрения и уменьшенном центральном экранировании, сократить поперечные габариты.

Источники информации:

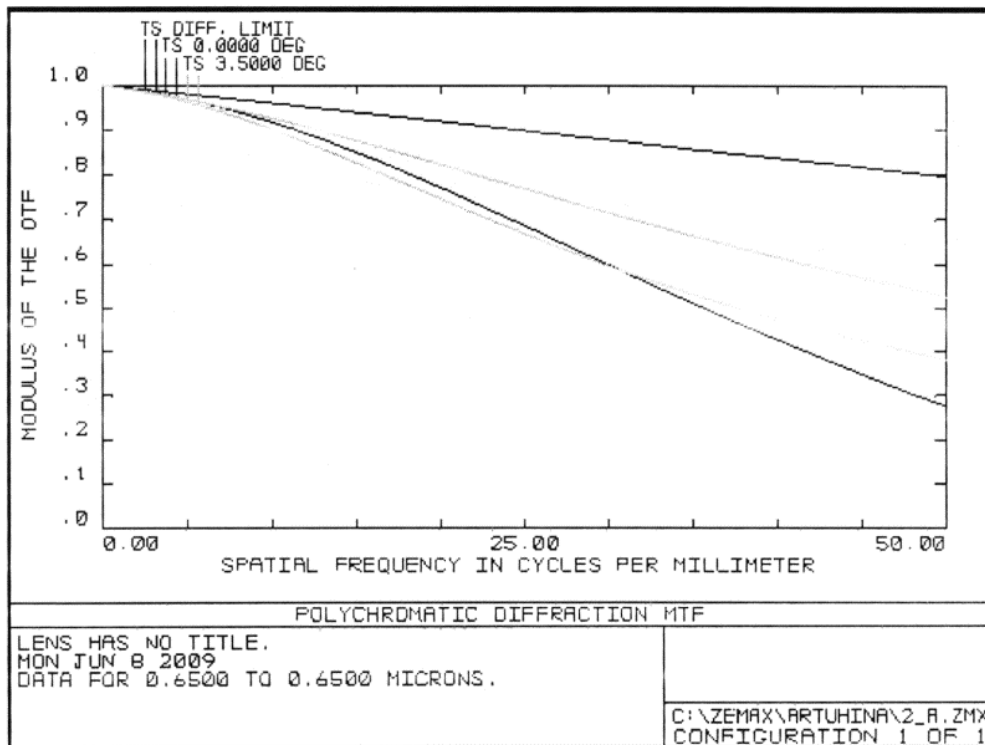
1. А.с. СССР 1004945, МПК G 02B 17/06, 1983.
2. А.с. СССР 1254405, МПК G 02B 17/06, 1986.
3. Патент РБ 4518, МПК G 02B 17/00, 2008.



Фиг. 2

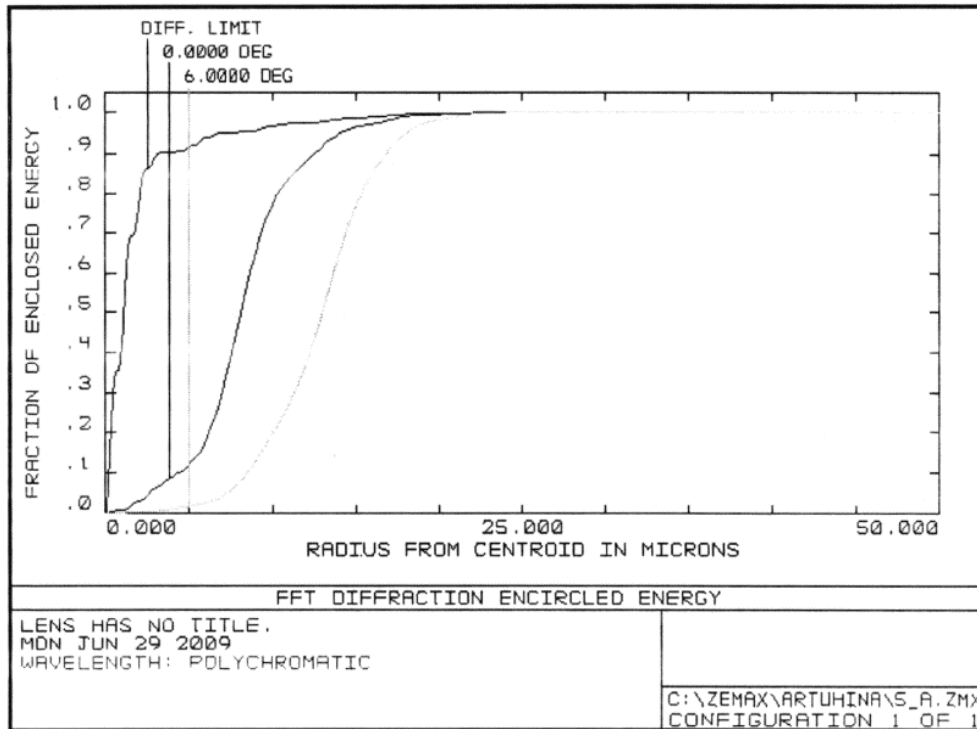


Фиг. 3

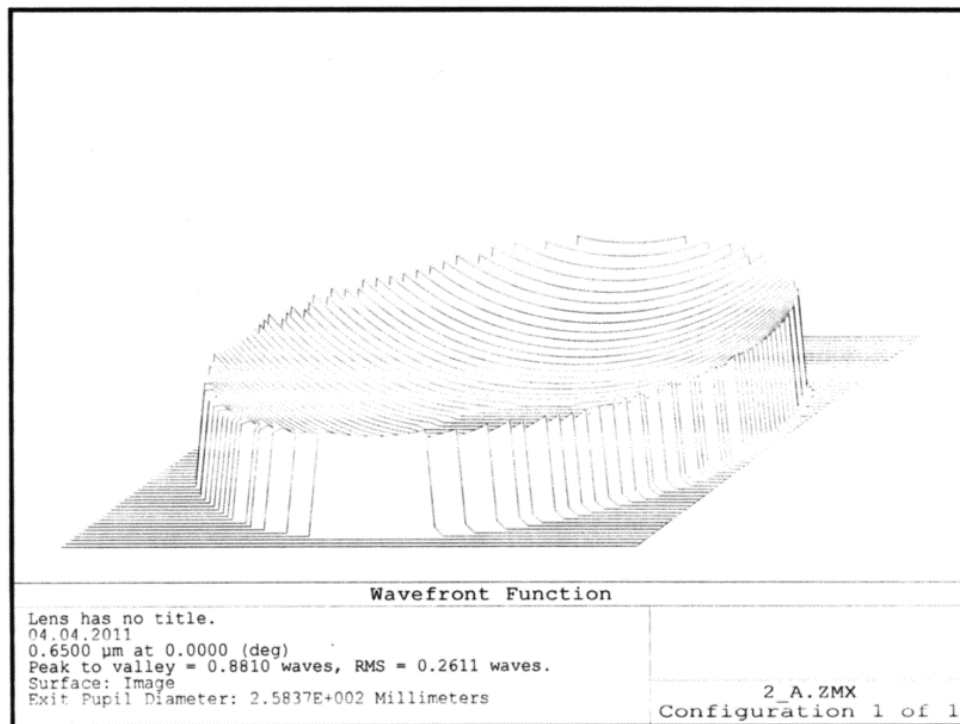


Фиг. 4

BY 21002 C1 2017.04.30



Фиг. 5



Фиг. 6