

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 680 656** (13) **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G02B 17/08 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.02.2019)

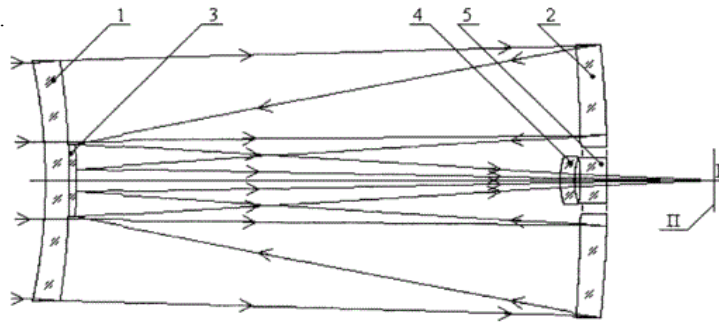
<p>(21)(22) Заявка: 2018113014, 10.04.2018</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 10.04.2018</p> <p>Дата регистрации: 25.02.2019</p> <p>Приоритет(ы):</p> <p>(22) Дата подачи заявки: 10.04.2018</p> <p>(45) Опубликовано: 25.02.2019 Бюл. № 6</p> <p>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2003145 C1, 15.11.1993. RU 2012907 C1, 15.05.1994. US 2730926 A1, 17.01.1956. US 4061420 A1, 06.12.1977. US 3438695 A1, 15.04.1969.</p> <p>Адрес для переписки: 188540, Ленинградская обл., г. Сосновый Бор, ул. Ленинградская, 29, литер Т, АО "НИИ ОЭП", зам. Генерального директора-главный инженер Дундин Павел Иванович</p>	<p>(72) Автор(ы): Лебедев Олег Анатольевич (RU), Солк Сергей Вольдемарович (RU), Шевцов Сергей Евгеньевич (RU)</p> <p>(73) Патентообладатель(и): Акционерное общество "Научно-исследовательский институт оптико-электронного приборостроения" (АО "НИИ ОЭП") (RU)</p>
--	---

(54) ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ ТЕРМОНЕРАССТРАИВАЕМЫЙ ОБЪЕКТИВ

(57) Реферат:

Объектив может быть использован в оптико-электронных системах и при необходимости высокого уровня термостойкости. Объектив содержит установленные по ходу луча мениск, обращенный вогнутостью к пространству предметов, линзу Манжена в виде вогнутого мениска с отверстием в центральной зоне, обращенного вогнутостью к пространству предметов, вторичное выпуклое зеркало, обращенное выпуклостью к пространству изображений, двухлинзовый компенсатор, первая линза которого - отрицательная выпукловогнутая, вторая - отрицательная. Эквивалентное фокусное расстояние компенсатора - $(0,15-0,20)f$, где f - фокусное расстояние объектива. Все оптические элементы изготовлены из одного оптического материала с коэффициентом дисперсии $60 \leq v_d \leq 70$ и температурным коэффициентом линейного расширения $0,2 \times 10^{-6} \leq \alpha_t \leq 8,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, который отличается от температурного коэффициента линейного расширения материала, из которого изготовлены механические части объектива, не более чем на $1,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Технический результат - создание длиннофокусного объектива, термонерасстраиваемого в диапазоне от -40°C до $+50^\circ\text{C}$, с высоким качеством изображения в широком спектральном диапазоне по всему полю зрения и сохраняющего герметизацию при значительных перепадах температур, упрощение конструкции и уменьшение габаритов и массы. 1 з.п. ф-лы, 3

ил., 2 табл.



Фиг.1

Изобретение относится к области оптического приборостроения, а именно к классу зеркально - линзовых объективов, в том числе длиннофокусных, и может быть использовано в оптико- электронных системах обнаружения и наблюдения удаленных объектов, а также в других областях техники, где необходимы оптические объективы, обладающие высоким уровнем термостойкости.

Известен малолинзовый термонерасстраиваемый объектив, принятый за аналог к заявляемому изобретению [Авт. Свид. SU №1744682, МПК G02B 9/04, дата приор. 18.08.1989, опубл. 30.06.1992, Бюл. №24]. Объектив выполнен в виде двух оптических компонентов, последовательно расположенных на оптической оси. Первый компонент состоит из отрицательного мениска, обращенного выпуклой поверхностью к предмету. Второй компонент положительный, состоит из плосковыпуклой линзы, обращенной плоской поверхностью к изображению, и киноформного оптического элемента, выполненного ионной полировкой на плоской поверхности положительной линзы. Как указывается в описании объектива, он обеспечивает ахроматическую коррекцию в широком температурном диапазоне.

Основные недостатки объектива-аналога заключаются в том, что он сложен в изготовлении, усложнение возникает вследствие необходимости выполнения киноформного элемента ионной полировкой на плоской поверхности линзы с обеспечением глубины обработки зон киноформного элемента, не превышающей 1,5 мкм. Использование киноформного элемента, обладающего невысокой дифракционной эффективностью в широком спектральном диапазоне, может приводить к появлению ложных изображений. Объектив имеет малое относительное отверстие (1:16), большое расстояние от первой поверхности объектива до фокальной плоскости 4024 мм, большие весогабаритные характеристики.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к предлагаемому изобретению является зеркально - линзовый объектив [Патент RU №2003145, МПК G02B 17/08, дата приор. 27.03.1992, опубл. 15.11.1993, Бюл. №41-42], выбранный нами в качестве прототипа. Объектив состоит из последовательно установленных по ходу луча двухлинзового коррекционного элемента, линзы Манжена, вторичного зеркала и двухлинзового компенсатора, расположенного между вторичным зеркалом и плоскостью изображения. Фокусное расстояние объектива 1000 мм. Недостатками объектива является его терморасстраиваемость, недостаточно большое фокусное расстояние, значительное количество оптических элементов, что обуславливает уменьшение светопропускания, усложняет изготовление и юстировку.

Сущность изобретения заключается в следующем.

Задачей изобретения является создание длиннофокусного объектива, термонерасстраиваемого в широком температурном диапазоне, обеспечивающего высокое качество изображения в широком спектральном диапазоне.

Техническим результатом, достигаемым при осуществлении изобретения, является создание длиннофокусного объектива, термонерасстраиваемого в широком температурном диапазоне (от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$), обеспечивающего высокое качество изображения в широком спектральном диапазоне, сохраняющего герметизацию при значительных перепадах температур и высокое качество изображения по всему полю зрения. Значительное увеличение фокусного расстояния объектива достигается при упрощении и удешевлении конструкции, уменьшении габаритов и массы.

Указанный технический результат достигается тем, что в зеркально - линзовом объективе, содержащем расположенные по ходу луча мениск, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов, линзу Манжена, представляющую собой вогнутый мениск с отверстием в центральной зоне, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов, вторичное выпуклое зеркало, обращенное выпуклостью в сторону пространства изображений, двухлинзовый компенсатор, расположенный между вторичным зеркалом и плоскостью изображения, первая линза которого является отрицательной, в соответствии с заявляемым техническим решением первая линза компенсатора выполнена выпукловогнутой, вторая линза компенсатора выполнена отрицательной, а эквивалентное фокусное расстояние двухлинзового компенсатора составляет $(0,15-0,20)F$, где F - фокусное расстояние объектива, все оптические элементы объектива изготовлены из одного оптического материала, коэффициент дисперсии v_d и температурный коэффициент линейного расширения α_t которого выбираются, соответственно, из условий $60 \leq v_d \leq 70$ и $0,2 \times 10^{-6} < \alpha_t < 8,5 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$, при этом механические части объектива также изготовлены из одного материала, температурный коэффициент линейного расширения которого отличается от температурного коэффициента линейного расширения оптического материала не более, чем на $1,5 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Если в заявляемом зеркально-линзовом объективе вторая линза компенсатора выполнена плосковогнутой, обращенной вогнутостью в сторону пространства предметов, то это характеризует одну из частных форм реализации объектива, обеспечивающую упрощение и более высокую технологичность процесса изготовления объектива.

На фиг. 1 представлена принципиальная оптическая схема зеркально-линзового термонерасстраиваемого длиннофокусного объектива, где 1 - мениск, направленный вогнутостью в сторону пространства предметов, 2 - линза Манжена, представляющая собой вогнутый мениск с отверстием в центральной зоне, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов, 3 - вторичное выпуклое зеркало, обращенное выпуклостью в сторону пространства изображений, двухлинзовый компенсатор, состоящий из первой отрицательной линзы 4, выполненной выпукловогнутой, и второй линзы 5, выполненной отрицательной и плосковогнутой, обращенной вогнутостью в сторону пространства предметов, F' - точка фокуса в плоскости изображения, П - плоскость изображения.

На фиг. 2 представлены зависимость значения концентрации энергии в относительных единицах от радиуса кружка в пятне рассеяния в плоскости изображения для угла поля зрения $\omega=0^\circ$.

На фиг. 3 представлены зависимости значений концентрации энергии в относительных единицах от радиуса кружка в пятне рассеяния в плоскости изображения для угла поля зрения $\omega=0,62^\circ$.

Термонерасстраиваемый длиннофокусный объектив работает следующим образом.

Параллельный световой пучок падает на мениск 1, направленный вогнутостью в сторону пространства предметов. После преломления в мениске 1 световое излучение попадает на линзу Манжена 2, представляющую собой вогнутый мениск с отверстием в центральной зоне, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов. Затем, отразившись от линзы Манжена, излучение падает на вторичное выпуклое зеркало 3, обращенное выпуклостью в сторону пространства изображений. Отразившись от вторичного зеркала 3 излучение проходит двухлинзовый компенсатор, состоящий из первой отрицательной линзы 4, выполненной выпукловогнутой и второй линзы 5, выполненной отрицательной. Вторая линза 5 может быть выполнена плосковогнутой, обращенной вогнутостью в сторону пространства предметов. Компенсатор исправляет полевые аберрации объектива. Затем световой пучок фокусируется в плоскости изображения П.

Применение данной оптической схемы позволяет обеспечить высокое качество изображения в широком спектральном диапазоне. Выбор материалов для оптических элементов и механических частей объектива в соответствии с задаваемыми условиями обеспечивает сохранение высокого качества изображения в широком температурном диапазоне. Все оптические элементы объектива изготавливают из одного оптического материала, коэффициент дисперсии v_d и температурный коэффициент линейного расширения α_t которого выбирают, соответственно, из условий $60 \leq v_d \leq 70$ и $0,2 \times 10^{-6} \leq \alpha_t \leq 8,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Механические части объектива (корпус, оправы, крепежные элементы) также изготавливают из одного материала, температурный коэффициент линейного расширения которого отличается от температурного коэффициента линейного расширения оптического материала не более, чем на $1,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. За счет близости температурных коэффициентов линейного расширения материалов, из которых изготовлены оптические элементы и механические части объектива, также сохраняется герметизация объектива при значительных перепадах температур. Пример конкретного выполнения.

Ниже приведены расчетные параметры зеркально-линзового объектива, представленного на фиг. 1:

Фокусное расстояние, мм	2000,0
Диафрагменное число	10,0
Угловое поле зрения, угл. гр.	1,24°
Положение предмета относительно первой поверхности, мм	∞
Диаметр входного зрачка, мм	200
Спектральный рабочий диапазон, мкм	0,4-0,75

Весогабаритные размеры конструкции зеркально-линзового объектива:

Размеры объектива, мм	$\varnothing 215 \times 500$
Масса объектива, кг	9,8

В таблице 1 приведены конструктивные параметры зеркально-линзового объектива по п. 2 формулы изобретения в последовательности хода лучей.

Таблица 1. Конструктивные параметры зеркально-линзового объектива

N поз.	N пов.	Радиусы R, мм	Световой диаметр, мм	Толщины оптических элементов, мм	Воздушные промежутки, мм	Марка материала
Мениск 1	1	-477.4	200.0	19.8		ЛК6
	2	-685.6	203.2		425.2	
Линза Манжена 2	3	-1643.7	229.3	22		ЛК6
	4	-1186.5	231.1	-22		
	5	-1643.7	229.3		-419.2	
Зеркало 3	6	-487.57	63.2		402.1	ЛК6
Линза 4	7	64.14	40.4	11.7		ЛК6
	8	61.24	37.6		5	
Линза 5	9	-148.589	37.6	22.4		ЛК6
	10	∞	38.4		88.66	

Конструктивные параметры объектива подобраны так, чтобы исправить сферическую и хроматическую аберрации в широком спектральном диапазоне 0,4÷7,5 мкм. Значение эквивалентного фокусного расстояния двухлинзового компенсатора находится в пределах от $0,15f$ до $20f$, где f - фокусное расстояние объектива, что обеспечивает исправление полевых аберраций. Механические части объектива изготавливаются из титана (Ti) с температурным коэффициентом линейного расширения $8,15 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, все оптические элементы из стекла ЛК6, температурный коэффициент линейного расширения которого составляет $8,2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Рассчитанные значения концентрации энергии в относительных единицах от радиуса кружка в пятне рассеяния в фокальной плоскости для углов поля зрения $\omega=0^\circ$ и $\omega=0,62^\circ$, представленные на фиг. 2 и фиг. 3, показывают высокое качество изображения, обеспечиваемое объективом.

В Таблице 2 приведены значения концентрации энергии в относительных единицах для радиуса кружка 11 мкм в пятне рассеяния для углов поля зрения $\omega=0^\circ$ и $\omega=0,62^\circ$ зеркально-линзового объектива в диапазоне температур от -40°C до $+50^\circ\text{C}$.

Таблица 2. Рассчитанные значения концентрации энергии объектива в диапазоне температур от -40°C до $+50^\circ\text{C}$

Температура T, $^\circ\text{C}$	Концентрация энергии в кружке пятна рассеяния радиусом 11 мкм, %	
	$\omega=0^\circ$	$\omega=0,62^\circ$
-40	82.2	81.7
-20	82.3	81.8
0	82.3	81.8
20	82.4	81.8
40	82.4	81.8
50	82.4	81.8

Крайне незначительные изменения значений концентрации энергии, приведенные в табл.2, свидетельствуют о термостабильности объектива в широком диапазоне температур от -40 до 50°C .

Помимо указанной пары материалов - стекло ЛК6 и Ti, возможна такая комбинация материалов как кварцевое стекло (оптический материал) и инвар (материал для механических частей объектива). Коэффициент дисперсии кварцевого стекла $\nu_d=67,6$, температурный коэффициент линейного расширения α_t равен $0,4 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, температурный коэффициент линейного расширения сплава инвар $1,3 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Таким образом, создан зеркально-линзовый длиннофокусный объектив, термостабилизированный в широком температурном диапазоне (от -40°C до $+50^\circ\text{C}$), обеспечивающий высокое качество изображения в широком спектральном диапазоне. Значительное увеличение фокусного расстояния объектива достигается при упрощении и удешевлении конструкции, уменьшении габаритов и массы.

Формула изобретения

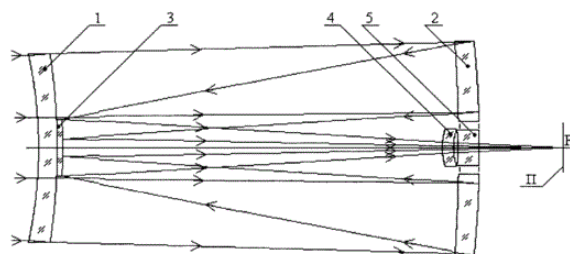
1. Зеркально-линзовый термостабилизированный объектив, содержащий расположенные по ходу луча мениск, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов, линзу Манжена, представляющую собой вогнутый мениск с отверстием в центральной зоне, обращенный вогнутостью в сторону пространства предметов, вторичное выпуклое зеркало, обращенное выпуклостью в сторону пространства изображений, двухлинзовый компенсатор, расположенный между вторичным зеркалом и плоскостью изображения, первая линза которого является отрицательной, отличающийся тем, что первая линза компенсатора выполнена выпукловогнутой, вторая линза компенсатора выполнена отрицательной, а эквивалентное фокусное расстояние двухлинзового компенсатора составляет $(0,15-0,20)f$, где f - фокусное расстояние объектива, все оптические элементы объектива изготовлены из одного оптического материала, коэффициент дисперсии ν_d и температурный коэффициент линейного расширения α_t которого выбираются, соответственно, из условий $60 \leq \nu_d \leq 70$ и $0,2 \times 10^{-6} \leq \alpha_t \leq 8,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, при этом механические части объектива также изготовлены из одного материала, температурный коэффициент линейного расширения которого отличается от

температурного коэффициента линейного расширения оптического материала не более чем на $1,5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$.

2. Зеркально-линзовый термонерасстраиваемый объектив по п. 1, отличающийся тем, что вторая линза компенсатора выполнена плосковогнутой, обращенной вогнутостью в сторону пространства предметов.

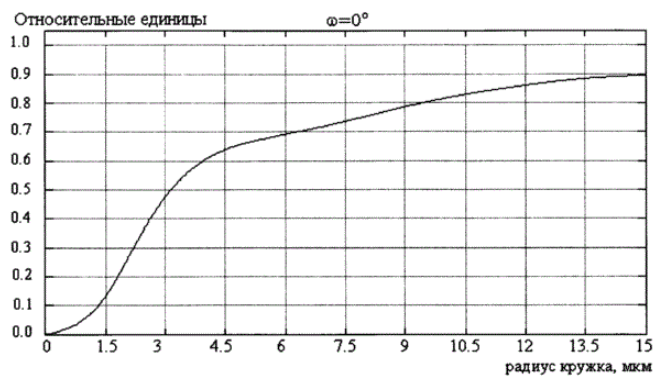
1

Зеркально-линзовый термонерасстраиваемый объектив



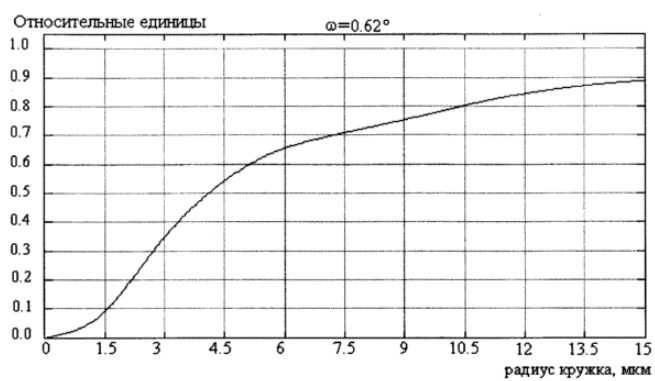
Фиг.1

Зеркально-линзовый термонерастраиваемый объектив



Фиг. 2

Зеркально-линзовый термонерастраиваемый объектив



Фиг. 3