



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

ПАТЕНТ

№ 2112263

на ИЗОБРЕТЕНИЕ

"Устройство для построения монохроматического изображения"

Патентообладатель (ли): Государственный санкт
-Петербургский институт точной механики и оптики (технический
университет)

Автор (авторы): Кузьмин Александр Константинович и Чиков
Константин Никитич

Приоритет изобретения 14 декабря 1995г.

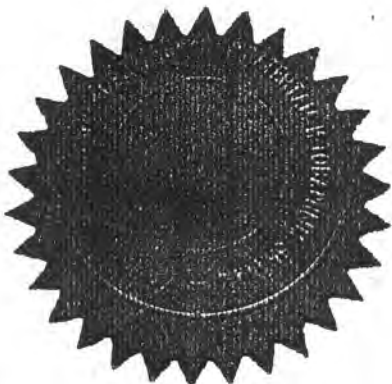
Дата поступления заявки в Роспатент 14 декабря 1995г.

Заявка № 95121093

Зарегистрирован в Государственном
реестре изобретений

27 мая 1998г.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР





(19) RU (11) 2112263 (13) C1

(51) 6 G 02 B 27/10

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

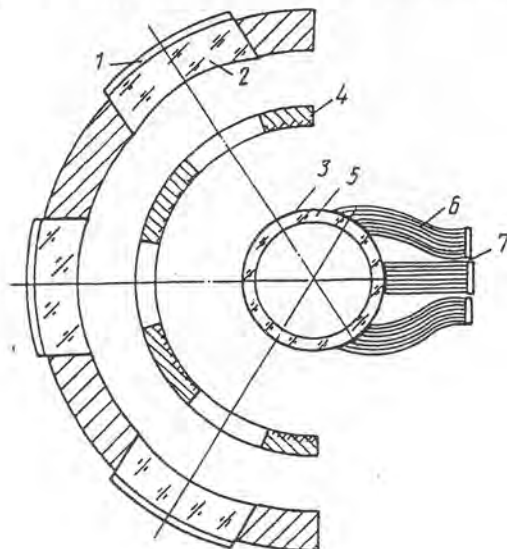
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Российской Федерации

1

2

- (21) 95121093/28 (22) 14.12.95
(46) 27.05.98 Бюл. № 15
(72) Кузьмин А.К., Чиков К.Н.
(71) Государственный Санкт-Петербургский институт точной механики и оптики (технический университет)
(73) Государственный Санкт-Петербургский институт точной механики и оптики (технический университет)
(56) Geophys. Res. Lett. V.14, 1987, p.387-390.
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ
(57) Изобретение обеспечивает высокую информативность за счет увеличения углового поля с одновременным повышением качества монохроматического изображения. Сущность изобретения: устройство содержит расположенные по ходу луча интерференционный фильтр, проектирующий объектив,

содержащий concentрические выпуклый и вогнутый зеркальные компоненты, и регистрирующую систему, содержащую волоконно-оптический элемент, соединенный с одним или группой фотоприемников. Выпуклый компонент объектива выполнен в виде нанесенной на внешнюю поверхность полый прозрачной сферы зеркальной полусферы с кольцеобразными прозрачными зонами. Вогнутый компонент выполнен в виде полусферы с центральным и периферийными входными отверстиями равного диаметра. Число кольцеобразных прозрачных зон на выпуклом компоненте равно числу их оппозитно расположенных входных отверстий вогнутого компонента и соответственно равно числу установленных перед входными отверстиями интерференционных фильтров. Фильтры расположены на поверхностях concentрических менисков. Общий центр кривизны оптических поверхностей каждого из менисков



Фиг.1

RU
2112263
C1

RU
2112263
C1

совмещен с центром соответствующего входного зрачка. 7 ил.

RU 2112263 (1) (2) в 04.12.10



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ
к патенту Российской Федерации

RU 2112263 (1) (2) в 04.12.10

Изобретение относится к оптике, в частности к оптике сферических линз, и касается способа изготовления линзы, обладающей заданными оптическими свойствами. Согласно изобретению линза изготавливается из материала, обладающего заданными оптическими свойствами, и имеет заданную форму. При этом линза имеет заданную толщину и заданный радиус кривизны. Изобретение позволяет изготавливать линзы, обладающие заданными оптическими свойствами, и имеет заданную форму. При этом линза имеет заданную толщину и заданный радиус кривизны.

Изобретение относится к оптике, в частности к оптике сферических линз, и касается способа изготовления линзы, обладающей заданными оптическими свойствами. Согласно изобретению линза изготавливается из материала, обладающего заданными оптическими свойствами, и имеет заданную форму. При этом линза имеет заданную толщину и заданный радиус кривизны. Изобретение позволяет изготавливать линзы, обладающие заданными оптическими свойствами, и имеет заданную форму. При этом линза имеет заданную толщину и заданный радиус кривизны.



RU 2112263 (1) (2) в 04.12.10

Изобретение относится к области оптического и оптико-электронного приборостроения, а именно к устройствам дистанционного зондирования, предназначенным, в частности для получения монохроматических изображений верхних слоев атмосферы при выполнении исследований магнитосферно-ионосферных процессов, отображающихся в полярных сияниях.

В последнее время при дистанционном зондировании используются различного рода оптические и оптико-электронные приборы [1 - 3], обладающие двумя существенными недостатками. Одним из этих недостатков является небольшая величина углового поля в пространстве предметов. Другим существенным недостатком является невысокая спектральная фильтрующая способность, снижающая качество формируемых монохроматических изображений.

Из известных устройств наиболее близким по технической сущности к изобретению является устройство [4] для построения монохроматического изображения, предназначенное для исследования полярных сияний (авроральных эмиссий) с борта космического аппарата "Викинг". Это устройство выбрано в качестве прототипа и состоит из расположенных по ходу луча интерференционного фильтра на плоскопараллельной подложке, проецирующего объектива, содержащего два концентрических оптических компонента в виде выпуклого и вогнутого зеркал, общий центр кривизны которых совмещен с центром входного зрачка, и регистрирующей системы, включающей последовательно расположенные микроканальную пластину и волоконно-оптический элемент, соединенный с двумерной ПЗС-матрицей. Такое устройство, предназначенное для использования в ультрафиолетовой области спектра, формирует изображение, расположенное на сфере, концентричной общему центру кривизны зеркал и имеющей радиус, приближенно равный фокусному расстоянию проецирующего объектива.

Недостатками этого устройства являются небольшое угловое поле, а также невозможность получения монохроматических (с полосой 15 - 30 Å) изображений верхних слоев атмосферы в границах аврорального овала. В частности последний из указанных недостатков обусловлен тем, что установленный на входе данной оптической системы плоский интерференционный фильтр при рабочих углах поля зрения $\approx 25^\circ$ заметно ухудшает свои характеристики для наклонных пучков лучей, идущих под углом $\pm 12,5^\circ$

к оси системы. При этом у интерференционного фильтра значительно увеличивается спектральная ширина полосы пропускания, а для наклонных пучков лучей максимум пропускания фильтра смещается в коротковолновую область спектра по отношению к тому спектральному положению максимума, который соответствует осевому пучку, падающему на плоский интерференционный фильтр нормально, т.е. вдоль оптической оси системы. Оба эти недостатка не позволяют обеспечить высокую информативность при дистанционном зондировании.

Задача изобретения - повышение информативности устройств дистанционного зондирования, строящих монохроматические изображения.

Техническим результатом решаемой задачи служат увеличение углового поля с одновременным повышением качества монохроматического изображения. Этот технический результат достигается тем, что в предлагаемом устройстве для построения монохроматического изображения, состоящем из расположенных по ходу луча интерференционного фильтра, проецирующего объектива, содержащего концентрические выпуклый и вогнутый зеркальные компоненты, и из оптически сопряженной с объективом регистрирующей системы, содержащей волоконно-оптический элемент, соединенный с одним или группой фотоприемников, выпуклый компонент объектива выполнен в виде нанесенной на внешнюю поверхность полый прозрачной сферы зеркальной полусферы с кольцеобразными прозрачными зонами, внутренний диаметр каждой из которых равен диаметру входного зрачка D , а наружный D_n определяют из соотношения

$$D_n = 2r_3 \sin \left[5 \arcsin \frac{D}{2r_3} - 2 \arcsin \left[\frac{D}{r_4} \sqrt{1 - \frac{D^2}{4r_3^2}} \right] \right],$$

где r_3 - радиус выпуклого компонента;

r_4 - радиус вогнутого компонента, а вогнутый компонент выполнен в виде полусферы с центральным и периферийными входными отверстиями равного диаметра $D_{вх}$, определяемого из соотношения

$$D_{вх} = D \frac{r_4}{r_3},$$

причем геометрическим местом их центров служат окружности с угловым шагом центров этих отверстий φ , определяемым из соотношения

$$\varphi = 2 \left[3 \arcsin \frac{D}{2r_3} - \arcsin \left(\frac{D}{r_4} \sqrt{1 - \frac{D^2}{4r_3^2}} \right) \right].$$

При этом число кольцеобразных прозрачных зон на выпуклом компоненте равно числу им оппозитно расположенных входных отверстий вогнутого компонента и соответственно равно числу установленных перед входными отверстиями интерференционных фильтров, выполненных сферическими на подложках в виде концентрических менисков, общий центр кривизны оптических поверхностей каждого из которых совмещен с центром соответствующего входного зрачка.

В заявляемом устройстве сферический интерференционный фильтр может быть нанесен либо на выпуклую, либо на вогнутую поверхность концентрического мениска, в функции которого входит не только служить подложкой для такого фильтра, но и исправлять сферическую aberrацию проецирующего объектива. Аналогичную функцию в предлагаемом устройстве выполняет полая прозрачная сфера, которая служит подложкой для зеркальной полусферы выпуклого компонента объектива и одновременно является компенсатором aberrационных искажений монохроматического изображения, формируемого на последней, близфокальной оптической поверхности проецирующего объектива. В этом случае нанесенный на одну из поверхностей концентрического мениска сферический интерференционный фильтр, концентричный центру входного зрачка, сохраняет свои характеристики (ширину полосы пропускания и спектральное положение максимума пропускания) как для осевого, так и для внеосевых (наклонных) пучков лучей. Последнее обстоятельство приводит к значительному улучшению спектральной фильтрующей способности устройства.

Для защиты интерференционного фильтра от вредных атмосферных и механических воздействий можно, не ухудшая качества формируемого изображения, выполнить концентрический мениск в виде дублета, т. е. в виде двух концентрических оптических элементов, разделенных тонкой воздушной прослойкой. При этом суммарная толщина обоих концентрических оптических элементов равна толщине исходного концентрического мениска. В данном случае интерференционный фильтр можно расположить внутри дублета на одной из сферических поверхностей составляющих этот дублет концентрических оптических элементов.

У выпуклого компонента его прозрачные участки, окружающие зеркальные круги и образующие вокруг них кольцеобразные прозрачные зоны, предназначены для прохода через полую прозрачную сферу тех лучей, которые предварительно отразились от вогнутого зеркального компонента, а входные отверстия в вогнутом компоненте, с установленными перед ними концентрическими менисками, предназначены для поступления лучей в объектив. Совмещение общего центра кривизны поверхностей каждого из таких концентрических менисков с центром входного зрачка, т. е. с центром соответствующего зеркального круга выпуклого компонента, позволяет минимизировать экранирование центральной части входного зрачка, а следовательно, повысить эффективность светосилу проецирующего объектива.

В предлагаемом устройстве за полую прозрачную сферу установлен волоконно-оптический элемент. При этом в заявляемом устройстве проецирующий объектив формирует изображение бесконечно удаленного предмета вблизи последней оптической поверхности объектива, на входной поверхности волоконно-оптического элемента, которая выполнена в виде вогнутой полусферы с радиусом, близким по величине к фокусному расстоянию объектива f' . Выбор именно такой формы для входной поверхности волоконно-оптического элемента связан с обеспечением aberrационной коррекции (в частности с компенсацией кривизны поверхности изображения), что позволяет в свою очередь увеличить угловое поле устройства в целом. Выходная поверхность волоконно-оптического элемента может представлять собой плоскость, вплотную к которой присоединяется либо фотокатод вакуумной передающей телевизионной трубки, либо светочувствительная площадка твердотельного формирователя видеосигнала, например, зона изображения двумерной ПЗС-матрицы.

Предлагаемое устройство может быть отнесено к оптическим системам с синтезированным угловым полем, а это означает, что суммарное угловое поле складывается из угловых полей составляющих частей проецирующего объектива, конструктивно выполненного как единое целое. Вследствие этого на выходе системы может быть использован либо один фотоприемник с большой приемной площадкой (или фотокатодом), либо группа фотоприемников, у которых размеры каждой чувствительной площадки (каждого фотокатода) определяются угловым полем составляющих частей объектива, а суммарная площадь поверхности всех чувствительных

площадок (фотокатодов) будет соответствовать суммарному угловому полю оптической системы в целом. Синтезированное угловое поле предлагаемой оптической системы обусловило предельно допустимое значение каждого из угловых полей $2w$ составляющих частей проецирующего объектива, причем

$$2w = 2 \left\{ \arcsin \frac{D}{2r_3} + \arcsin \left[\frac{D}{2r_2} \cos \left[\arcsin \frac{D}{2r_3} \right] \right] - \arcsin \left[\frac{D}{2nr_2} \cos \left[\arcsin \frac{D}{2r_3} \right] \right] + \arcsin \left[\frac{D}{2nr_1} \cos \times \left[\arcsin \frac{D}{2r_3} \right] \right] - \arcsin \left[\frac{D}{2r_1} \cos \left[\arcsin \frac{D}{2r_3} \right] \right] \right\},$$

где r_1 и r_2 - радиусы соответственно первой и второй оптических поверхностей концентрического мениска.

Все приведенные формулы получены расчетным путем, исходя из условия одновременного оптимального согласования нескольких противоречивых требований: обеспечения заданных величин относительного отверстия и синтезированного углового поля, размещения на выпуклом компоненте необходимого количества зеркальных кругов и кольцеобразных прозрачных зон, образующихся около каждого из них, выполнения взаимной ориентации выпуклого и вогнутого компонентов, при которой оппозитно каждому зеркальному кругу выпуклого компонента располагается входное отверстие в вогнутом компоненте с установленным перед таким отверстием сферическим интерференционным фильтром на подложке в виде концентрического мениска, и при учете прохождения через объектив требуемого количества энергии излучения при заданном экранировании и исключении паразитных засветок. При этом принималось во внимание то обстоятельство, что порядок элементов - концентрический мениск с нанесенным на него сферическим интерференционным фильтром, входное отверстие в вогнутом зеркальном компоненте и кольцеобразная прозрачная зона с зеркальным кругом внутри нее на выпуклом зеркальном компоненте - представляет собой центрированную осесимметричную последовательность.

Выпуклый компонент проецирующего объектива имеет важную особенность: образующиеся на нем кольцеобразные прозрачные зоны пересекаются между собой так, что часть кольца каждой из них является общей для соседних.

Аналогичной особенностью обладает вогнутый компонент, у которого зеркальное пространство между входными отверстиями является общим для пучков лучей, прошедших через каждое из таких входных

отверстий и далее отразившихся от оппозитно этим отверстиям расположенных зеркальных кругов выпуклого компонента, а затем падающих на зеркальную поверхность вогнутого компонента.

Ценное свойство предлагаемому устройству придает совмещение поверхности изображения объектива с его последней оптической поверхностью, что превращает ее в близфокальную. Данное обстоятельство позволяет при необходимости простым приемом корригировать кривизну поля (кривизну поверхности изображения).

Этот прием основан на нарушении концентричности близфокальной преломляющей поверхности объектива и трансформации ее в коррекционно-силовой элемент, аналогичный линзе Смита. При этом величины всех оставшихся элементарных аберраций не претерпевают существенных изменений в сторону их увеличения [5].

На основании вышеизложенного заявляемая совокупность позволяет решить поставленную задачу: создать устройство с высокой информативностью за счет увеличения углового поля с одновременным повышением качества монохроматического изображения.

На фиг. 1 изображен общий вид устройства в сечении;

на фиг. 2 - схема расположения концентрических менисков с нанесенными на них сферическими интерференционными фильтрами;

на фиг. 3 - схема расположения входных отверстий на вогнутом зеркальном компоненте объектива;

на фиг. 4 - схема расположения зеркальных кругов и кольцеобразных прозрачных зон, образующихся около каждого из этих кругов на выпуклом зеркальном компоненте объектива;

на фиг. 5 - оптическая схема устройства с ходом лучей в главном сечении;

на фиг. 6 - таблица с конструктивными параметрами варианта устройства;

на фиг. 7 - графики остаточных аберраций объектива системы.

Устройство для построения монохроматического изображения (фиг. 1) содержит последовательно расположенные сферический интерференционный фильтр 1, нанесенный на подложку в виде концентрического мениска 2, проецирующий объектив, которому принадлежат концентрические выпуклый и вогнутый зеркальные компоненты 3 и 4, а также поляя прозрачная сфера 5 с нанесенным на нее выпуклым зеркальным компонентом 3, и регистрирующую систему, состоящую из волоконно-оптического элемен-

та 6 и группы фотоприемников 7. Вогнутый компонент 4 выполнен в виде полусферы с центральным и периферийными отверстиями 8 (фиг. 3), оппозитно которым на выпуклом компоненте 3 расположены зеркальные круги 9, представляющие собой выпуклые отражательные элементы, вокруг которых расположены кольцеобразные перекрывающиеся прозрачные зоны 10 (фиг. 4).

Устройство для построения монохроматического изображения работает следующим образом.

Параллельные пучки лучей от предмета поступают в оптическую систему через отверстия 8, перед каждым из которых размещен сферический интерференционный фильтр 1 на подложке в виде концентрического мениска 2, пройдя через которые пучки лучей попадают на выпуклые отражательные элементы, т.е. зеркальные круги 9 выпуклого компонента 3, зеркальная поверхность которого нанесена на внешнюю поверхность полой прозрачной сферы 5.

После отражения от зеркальных кругов 9 рассматриваемые пучки лучей далее отражаются от зеркальной поверхности вогнутого компонента 4, после чего эти пучки идут через кольцеобразные прозрачные зоны 10 на полой прозрачной сфере 5, пройдя через которую эти пучки лучей образуют изображение предмета на вогнутой входной поверхности волоконно-оптического элемента 6, передающего это изображение к светочувствительным площадкам рабочей группы фотоприемников 7. В качестве таких фотоприемников могут быть использованы, в частности двумерные ПЗС-матрицы.

Видеосигналы, поступившие от различных приемников из рабочей группы, затем суммируются, например, в памяти ЭВМ, в результате получаем полную информацию от системы с синтезированным угловым полем.

Предлагаемое устройство отличается конструктивной простотой. Оно представляет собой концентрично группируемые около одной прозрачной сферы две вложенные друг в друга жесткие полусферы с соответственно расположенными на них сферическими интерференционными фильтрами на подложках в виде концентрических менисков, отверстиями и зеркальными зонами. Для улучшения технологии изготовления устройства его полая прозрачная сфера может быть сделана составной, т.е. состоящей из двух половин, склеенных или соединенных на оптическом контакте. Это устройство обладает круговой симметрией, вследствие чего отличается простотой в сборке и юстировке и практически является нерасстраиваемым.

Соседние элементы объектива в силу круговой симметрии идентичны. Устройство обладает высоким качеством изображения. При этом могут быть достигнуты синтезированные угловые поля вплоть до 180°C . Материалом для изготовления вогнутого компонента объектива может быть выбран композиционный материал типа углерод - углерод. Кроме того, этот вогнутый компонент может быть выполнен металлокерамическим на титановой или бериллиевой основе.

Конструктивные параметры одного из примеров реализации устройства для фокусного расстояния объектива 17,9 мм при относительном отверстии 1 : 2,2 представлены в таблице на фиг. 6. Интерференционный фильтр здесь выполнен с использованием многослойных диэлектрических зеркал и предназначен для выделения длины волны 0,5577 мкм. Схема объектива такого устройства показана на фиг. 5, а графики остаточных аберраций - на фиг. 7.

Поперечная сферическая аберрация этого объектива минимизирована; объектив имеет небольшую величину астигматизма, комы и дисторсии. Местоположение входного зрачка совпадает с каждым зеркальным кругом на выпуклом компоненте проецирующего объектива.

Кроме обеспечения синтезированного углового поля, т.е. широкоугольности, устройство обладает дополнительными техническими преимуществами, к которым относятся пространственная инвариантность, надежность, нерасстраиваемость.

Устройство для построения монохроматического изображения предполагается использовать при дистанционном зондировании космических и земных объектов в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной спектральных областях с несложной перестройкой рабочего диапазона при больших угловых полях.

Возможно применение предлагаемого устройства в качестве устройства кругового обзора, например, в системах технического зрения в робототехнике для очувствления адаптивных роботов.

Источники информации.

1. Goetz A.F.H., Wellmann J.B., Barnes W.L. Optical remote sensing of the Earth - Proc. of the IEEE June 1985, v.73, N 6, p.p. 950-969.

2. Чиков К.Н. и др. Оптическая система видеоспектрометрического комплекса. - Изв. вузов СССР "Приборостроение", т. XXXI, N 12, 1988.

3. Avanesov G.A., Chikov K.N. et al. Television observation of Phobos. - Nature, v.341, N 6243, 19 October 1989, p.p.585-587.

4. Anger C.D., Rabey S.K., Broadfoot A.L., Brown R.G., Cogger L.L., Gattinger R., Haslett J.W., King R.A., McEwen D.HJ, Murphree

T.S., Richardson E.H., Sandell B.R., Smith K., Jones F.V. An ultraviolet auroral imager for the Viking Spacecraft. - Geophys.Res. Lett., v.14, N 4, 1987, p.p.387-390.

5. Русинов М. М. Композиция оптических систем. - Л.: Машиностроение, 1989.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для построения монохроматического изображения, состоящее из расположенных по ходу луча интерференционного фильтра, проецирующего объектива, содержащего концентрические выпуклый и вогнутый зеркальные компоненты, и из оптически сопряженной с объективом регистрирующей системы, содержащей волоконно-оптический элемент, отличающееся тем, что волоконно-оптический элемент соединен с одним или группой фотоприемников, выпуклый компонент объектива выполнен в виде нанесенной на внешнюю поверхность полой прозрачной сферы зеркальной полусферы с кольцеобразными прозрачными зонами, внутренний диаметр каждой из которых равен диаметру входного зрачка D , а наружный диаметр D_n определяют из соотношения

$$D_n = 2r_3 \sin \left[5 \arcsin \frac{D}{2r_3} - 2 \arcsin \left[\frac{D}{r_4} \sqrt{1 - \frac{D^2}{4r_4^2}} \right] \right],$$

где r_3 - радиус выпуклого компонента;

r_4 - радиус вогнутого компонента,

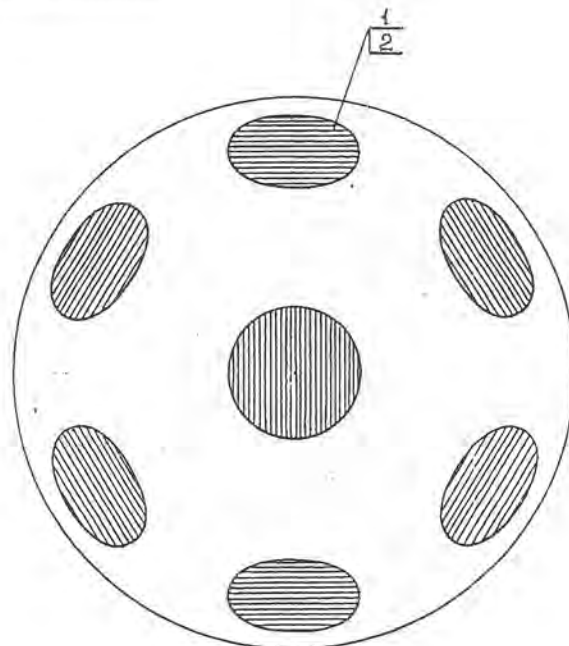
а вогнутый компонент выполнен в виде полусферы с центральным и периферийными входными отверстиями равного диаметра $D_{вх}$, определяемого из соотношения

$$D_{вх} = D \cdot r_4 / r_3,$$

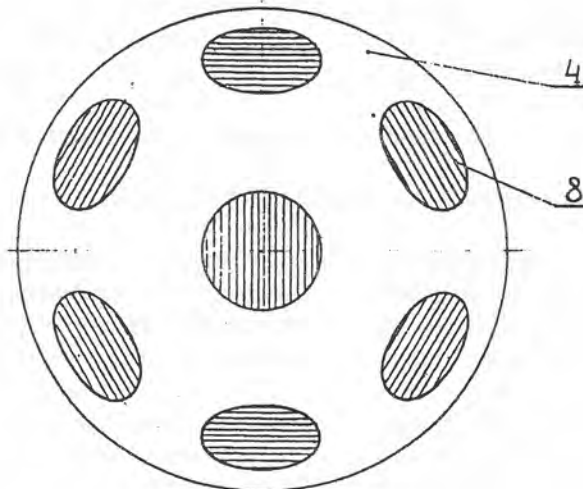
причем геометрическим местом их центров служат окружности с угловым шагом центров этих отверстий, определяемым из соотношения

$$\varphi = 2 \left[3 \arcsin \frac{D}{2r_3} - \arcsin \left[\frac{D}{r_4} \sqrt{1 - \frac{D^2}{4r_4^2}} \right] \right],$$

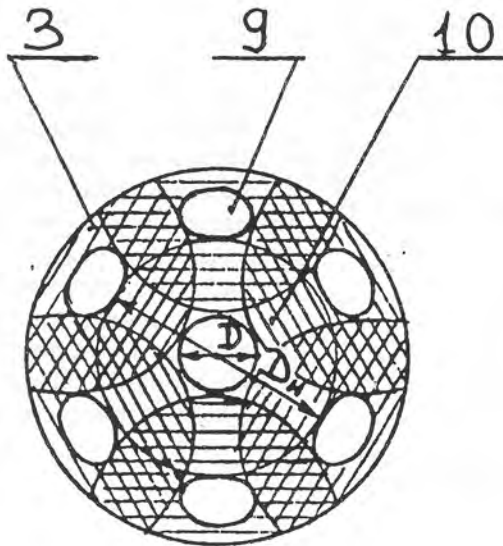
при этом число кольцеобразных прозрачных зон на выпуклом компоненте равно числу оппозиционно им расположенных входных отверстий вогнутого компонента и соответственно равно числу установленных перед входными отверстиями интерференционных фильтров, выполненных на подложках в виде концентрических менисков, общий центр кривизны оптических поверхностей каждого из которых совмещен с центром соответствующего входного зрачка.



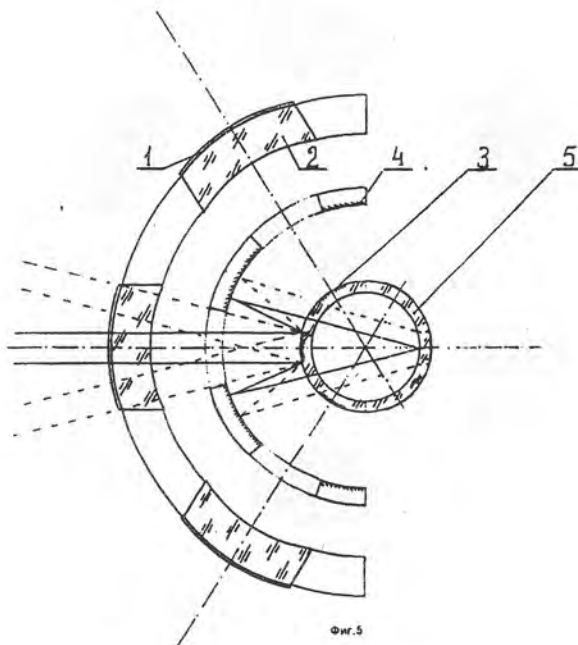
Фиг.2



ФИГ.3



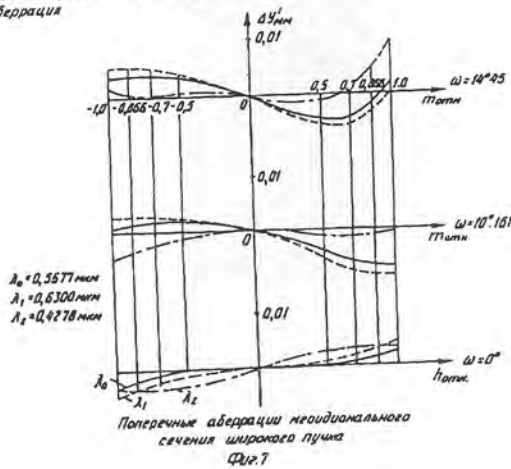
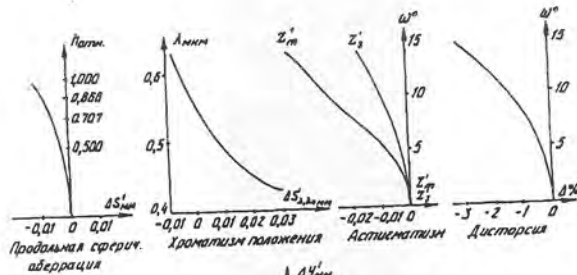
ФИГ.4



ФИГ.5

Радиусы кривизны поверхностей, мм	Осевые расстояния, мм	Показатели преломления
$r_1=54,95$		$n_1=1$
	$d_1=11,1$	$n_2=1,459591$ (кварц КВ-Р $\lambda=0,5577$ мкм)
$r_2=43,85$		
	$d_2=43,85$	$n_3=1$
$r_3=18,408$		
	$d_3=-23,472$	$n_4=-1$
$r_4=41,88$		
	$d_4=23,472$	$n_5=1$
$r_5=18,408$		
	$d_5=2,112$	$n_6=1,459591$ (кварц КВ-Р $\lambda=0,5577$ мкм)
$r_6=15,996$		
	$d_6=31,992$	$n_7=1$
$r_7=-15,996$		
	$d_7=2,412$	$n_8=1,459591$ (кварц КВ-Р $\lambda=0,5577$ мкм)
$r_8=-18,408$		
		$n_9=1$

Фиг. 6



Фиг. 7

Заказ *ЛБМ* Подписное
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб. 4/5

121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.
 Производственное предприятие «Патент»