



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 608** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **G 02 B 23/02, 7/183, 5/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2001110744/28, 18.04.2001

(24) Дата начала действия патента: 18.04.2001

(46) Дата публикации: 27.03.2003

(56) Ссылки: МАКСУТОВ Д.Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984, с.63-87. МИХЕЛЬСОН Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976, с.3 84-401. SU 1697038 A1, 07.12.1991. DE 3940924 A1, 13.06.1991. DE 9106196 U, 04.07.1991. US 5383168 A, 17.01.1995. US 5557474 A, 17.09.1996. WO 01/06294 A1, 25.01.2001.

(98) Адрес для переписки:
630049, г.Новосибирск-49, ул. Д. Ковальчук,
179/2, ГУП ПО "НПЗ", отд.63

(71) Заявитель:

Государственное унитарное предприятие
"Производственное объединение
"Новосибирский приборостроительный завод"

(72) Изобретатель: Клевцов Ю.А.

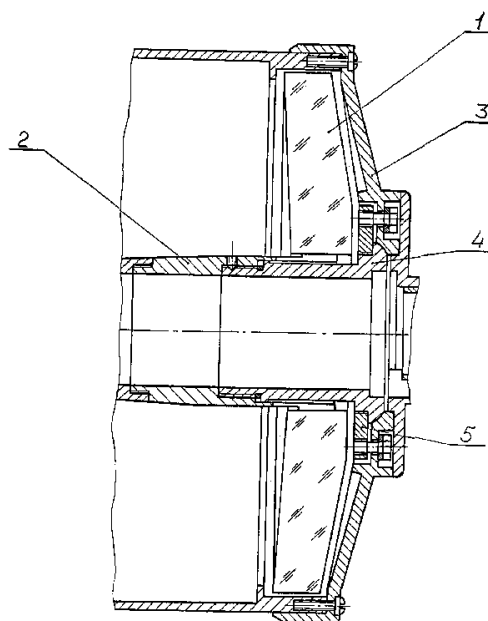
(73) Патентообладатель:

Государственное унитарное предприятие
"Производственное объединение
"Новосибирский приборостроительный завод"

(54) СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОГО ЗЕРКАЛА В ТРУБЕ ТЕЛЕСКОПА

(57)

Изобретение относится к области астрономического приборостроения и может быть использовано в серийных малогабаритных телескопах для крепления главных зеркал, имеющих центральное отверстие. Изобретение позволяет разгрузить зеркало от собственного веса без каких-либо сложных разгрузочных приспособлений, исключить децентрировки зеркала и компенсировать влияние температуры в процессе наблюдений на форму его поверхности. Это обеспечивается за счет того, что в процессе крепления астрономического зеркала с центральным отверстием в трубе телескопа это зеркало приклеивают ободом центрального отверстия к опорным площадкам упругих лепестков разрезной втулки. Предлагается приклеивание производить термостойким клеем со степенью усадки не более 3%, а разрезную втулку выполнять из углеродистой стали с последующей термической обработкой. 1 з.п.ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 608** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **G 02 B 23/02, 7/183, 5/08**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001110744/28 , 18.04.2001

(24) Effective date for property rights: 18.04.2001

(46) Date of publication: 27.03.2003

(98) Mail address:
630049, g.Novosibirsk-49, ul. D. Koval'chuk,
179/2, GUP PO "NPZ", otd.63

(71) Applicant:
Gosudarstvennoe unitarnoe predpriятие
"Proizvodstvennoe ob"edinenie "Novosibirskij
priborostroitel'nyj zavod"

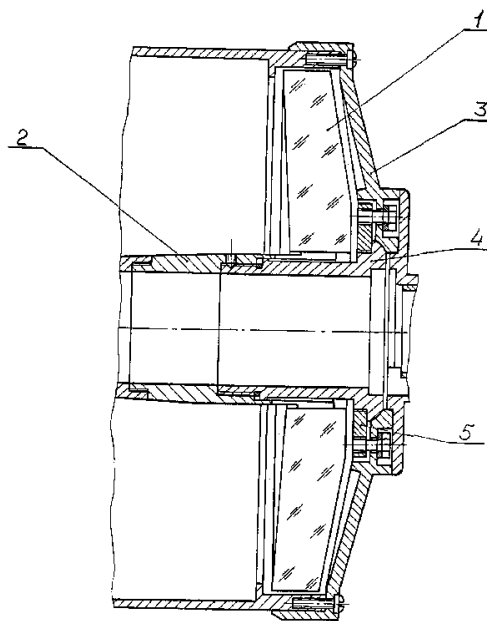
(72) Inventor: Klevtsov Ju.A.

(73) Proprietor:
Gosudarstvennoe unitarnoe predpriятие
"Proizvodstvennoe ob"edinenie "Novosibirskij
priborostroitel'nyj zavod"

(54) **WAY TO ANCHOR ASTRONOMICAL MIRROR IN TELESCOPE TUBE**

(57) Abstract:

FIELD: astronomical instrumentation.
SUBSTANCE: invention can find use in quantityproduced small-sized telescopes to anchor main mirrors possessing central hole. It enables to unload mirror of own weight without any intricate unloading fixtures, to prevent misalignment of mirror and to compensate for temperature effect on form of its surface in process of observation. In process of anchoring of astronomical mirror with central hole in telescope tube this mirror is cemented with rim of central hole on to supporting lands of spring tabs of split bushing. It is suggested that temperatureresistant cement with shrinkage degree under 3% is recommended, split bushing should be made of carbon steel with subsequent thermal treatment. EFFECT: enhanced efficiency of way. 1 cl, 4 dwg



Фиг. 1

RU 2 201 608 C2

RU 2 201 608 C2

Предлагаемое изобретение относится к области астрономических приборов и может быть использовано в серийных малогабаритных телескопах для крепления главных зеркал, имеющих центральное отверстие.

В литературе описаны способы крепления астрономических зеркал в оправе, включающие разгрузочные приспособления и элементы компенсации термического зазора между зеркалом оправой [1].

Известные способы крепления астрономических зеркал в оправках приводят к конструктивно сложным, массивным и габаритным узлам крепления главного зеркала, требующим, к тому же, значительного времени на его отстойку при изменении температуры окружающей телескоп среды.

Способ крепления астрономического зеркала в оправе без компенсации термического зазора [2], применяющийся в серийных телескопах небольшого действующего отверстия (до 300 мм), требует жесткой массивной стальной оправы с элементами разгрузки зеркала по тыльной стороне от собственного веса, позволяющими сохранять точную форму зеркала во всех его положениях (или без них, если зеркало имеет достаточную толщину). Между зеркалом и оправой оставляется небольшой термический зазор, в пределах которого главное зеркало может свободно перекачиваться при перекалках инструмента в процессе наблюдений, что является серьезным недостатком такого способа крепления зеркала.

Ничем не ограниченное перемещение главного зеркала в пределах термического зазора и эластичность разгрузочных приспособлений приводят к значительным и недопустимым, особенно в случае светосильных систем, децентрировкам зеркала, возникающим как при изменениях температуры окружающей телескоп воздуха, так и при перекалках инструмента, что, в конечном итоге, приводит к потере качества изображения и к необходимости частой переюстировки инструмента. Попытки зафиксировать зеркало в оправе, вводя, например, в зазор герметик в нескольких точках диаметра зеркала, неизбежно приводят к искажению формы его поверхности при изменении температуры окружающей телескоп среды.

Предлагаемый способ крепления зеркала дает возможность избавиться от массивной оправы и разгрузить зеркало от собственного веса без каких-либо сложных разгрузочных приспособлений, полностью исключить децентрировки зеркала и компенсировать влияние изменения температуры в процессе наблюдений на форму его поверхности.

Это обеспечивается приклеиванием зеркала ободом центрального отверстия к опорным площадкам упругих лепестков разрезной втулки, которая берет на себя функцию элемента разгрузки зеркала от собственного веса и одновременно является термокомпенсатором.

Автору не известен способ крепления астрономических зеркал за центральное отверстие при помощи жестко приклеенной к нему разрезной втулки, поэтому предложенный способ крепления зеркала

обладает новизной.

Предложенное изобретение иллюстрируется следующими графическими материалами:

5 фиг. 1 - вариант крепления главного зеркала с центральным отверстием в трубе телескопа, способом приклеивания его ободом центрального отверстия к опорным площадкам лепестков разрезной втулки;

10 фиг.2 - интерферограммы зеркала до вклейки в него разрезной втулки;

15 фиг.3 - интерферограммы зеркала после вклейки в него разрезной втулки;

20 фиг. 4 - интерферограммы зеркала с вклеенной в него разрезной втулкой после локального термического удара в центре.

На фиг.1 изображен конструктивный вариант крепления астрономического зеркала с центральным отверстием в трубе телескопа по предлагаемому способу. Зеркало 1 жестко приклеено по ободу центрального отверстия к опорным площадкам упругих лепестков разрезной втулки 2, которая соединена с задним фланцем трубы телескопа 3 через элементы сферического шарнира 4, 5, служащие для юстировки зеркала.

25 Обоснуем возможность достижения заявленных эффектов на примере крепления 200 мм главного сферического зеркала зеркально-линзового телескопа предлагаемым способом.

30 Прогобы поверхности зеркала, жестко закрепленного за центральное отверстие, от действия собственного веса можно проанализировать, пользуясь методикой, изложенной в литературе [3], где рассмотрены разные случаи закрепления круглых плоскопараллельных пластинок с 35 центральным отверстием. Пренебрегая кривизной зеркала и используя данные из этой литературы для прогибов плоскопараллельной пластинки в случае ее жесткого защемления по диаметру центрального отверстия, можно прийти к выводу, что при отверстии в центре зеркала 1/4-1/3 его диаметра прогибы поверхности под 40 действием собственного веса будут значительно меньше, чем при разгрузке тыльной стороны зеркала в оправе [1] на шесть или девять опорных точек (при одной и той же толщине зеркала и его диаметре) и, к 45 тому же, будут иметь осесимметричный вид. При прочих равных условиях это позволяет уменьшить толщину, а, следовательно, и вес зеркала.

50 При достаточно большом числе лепестков и малых промежутках между ними разрезная втулка 2, приклеенная опорными площадками лепестков к ободу центрального отверстия, практически эквивалентна сплошной, следовательно, может взять на себя функцию разгрузки зеркала от действия собственного 55 веса, поэтому надобность в оправе и разгрузочных приспособлениях отпадает, что упрощает узел крепления главного зеркала и уменьшает его вес.

60 Задний фланец телескопа 3 фиг.1, на который зеркальный узел опирается сферическим шарниром 4, 5, служащим для юстировки, можно выполнять из алюминиевых сплавов (что для оправы(1) совершенно недопустимо из-за больших термических зазоров). Это также существенно уменьшает вес узла крепления главного зеркала.

Подвешенное в сферическом шарнире на

разрезной втулке главное зеркало (см. фиг. 1) можно до предела сблизить с внутренним диаметром трубы телескопа. Это позволит уменьшить диаметр трубы до минимума, определяемого действующим отверстием и полем зрения, что опять-таки уменьшает габариты и массу телескопа.

По совокупности всех рассмотренных факторов можно считать обоснованным как возможность разгрузки зеркала жестко заблокированного клеем на разрезную втулку от собственного веса, так и связанное с этим значительное конструктивное упрощение узла крепления зеркала и уменьшение веса трубы телескопа.

Разрезная втулка выполняет также важную роль термического компенсатора радиальных усилий, действующих на зеркало при изменении температуры в процессе наблюдений на телескопе и, обращаясь в практически жесткую конструкцию после полимеризации клея, стабильно удерживает зеркало от каких-либо перемещений под воздействием транспортных вибраций или перепадов температуры.

При изменении температуры окружающей среды, а также в процессе усадки клея в направлении нормали к поверхности контактных площадок, упругие лепестки разрезной втулки перемещаются в радиальном направлении, компенсируя тем самым усилия, действующие на зеркало. Следует особо подчеркнуть то обстоятельство, что если бы втулка была сплошной, усилия, возникающие в паре металл-стекло от усадки клея и от перепадов температуры изменили бы поверхность зеркала так, что практически наблюдать с таким зеркалом было бы невозможно. Именно поэтому втулка делается разрезной из углеродистой стали (марки 45-60), с последующей термообработкой для повышения ее упругости.

Чтобы упругие лепестки втулки сами не оказали вредного воздействия на форму поверхности зеркала, между площадью поверхности опорных площадок, длиной и числом лепестков и толщиной их сечения должны выполняться определенные соотношения, которые сложным образом связаны со свойствами клея и окончательно устанавливаются опытным путем.

При достаточно большом числе лепестков втулки (10-12) их сечение в плоскости, перпендикулярной оси зеркала, приближается к прямоугольному. Анализ прогиба отдельного лепестка-балки прямоугольного сечения [4] позволяет сделать заключение о том, что величина радиального усилия, передаваемого опорной площадкой лепестка зеркалу, пропорциональна кубу толщины сечения лепестка в радиальном направлении в месте изгиба и обратно пропорциональна кубу его длины и числу лепестков. Следовательно, чем больше число лепестков втулки и их длина и чем меньше толщина сечения лепестка, тем меньше усилие лепесток передает зеркалу при радиальной усадке клея и колебаниях температуры. Площадь контакта опорной площадки лепестка с ободом зеркала не должна быть большой, в противном случае возможна деформация поверхности зеркала по причине усадки клея в направлении поверхности опорной площадки. Площадь контакта опорной площадки лепестка зависит

преимущественно от величины усадки клея и толщины зеркала в месте центрального отверстия. Поэтому клей нужно применять с как можно меньшей усадкой, по крайней мере, как показали исследования, не более 3%. Поскольку зеркало должно работать в широком интервале температуры без разрушения слоя клея, то необходимо использовать термостойкие клеи, не разрушающиеся при температуре до -60 градусов.

Изменение формы поверхности зеркала является практическим критерием применимости предлагаемого способа крепления. На всех этапах выбора параметров разрезной втулки и клея эти изменения контролировались на интерферометре типа Физо из центра кривизны зеркала.

Интерферометрические испытания зеркала позволили установить оптимальные сочетания параметров разрезной втулки, включая ее термообработку, и выбрать подходящие марки клея. Испытания проводились с главным сферическим зеркалом из астроситалла (СО115-М) для 200 мм зеркально-линзового телескопа. Внешний диаметр зеркала - 206 мм. Толщина по центру - 20 мм, на краю - 25 мм. Диаметр центрального отверстия - 62 мм. Втулка выполнялась из углеродистой стали марки 45 с закалкой до HRC 45-50 кгс/мм.

Интерферометрическими измерениями формы поверхности установлено, что в данном случае площадь контактной площадки лепестка разрезной втулки не должна превышать величины порядка одного квадратного сантиметра при использовании термостойких (от -60 до +50 градусов) клеев со степенью усадки порядка 2%-3% (клей К-300-61 [5], с которым проводились испытания зеркала имеет усадку 2%). С данным зеркалом это соответствует разрезной втулке с десятью лепестками.

Жесткость астрономических зеркал в радиальном направлении обычно чрезмерна и такова, что допустимое радиальное усилие, приложенное на опорной площадке лепестка к ободу центрального отверстия, сопоставимое с весом зеркала, еще не вызывает заметных деформаций его поверхности. Последнее тоже проверено опытным путем: исследованием формы нагруженного зеркала из центра кривизны на интерферометре. Форма поверхности зеркала, как с нагруженным в пределах его веса центром, так и подвешенного на цилиндрическую втулку за центральное отверстие, практически не изменяется.

Таким образом, определив допустимый порядок величины усилия на лепестке разрезной втулки [4], можно рассчитать остальные ее параметры: длину и толщину сечения лепестков таким образом, чтобы снизить радиальное усилие, действующее на зеркало в диапазоне рабочей температуры от -30 до +40 градусов, до величины, заведомо не представляющей опасности для формы поверхности зеркала. Окончательные параметры разрезной втулки, как уже сказано выше, уточнены на основе интерферометрических испытаний и оказались следующими: средняя длина лепестка от центра контактной площадки до конца прорези во втулке (см. фиг.1) - 22 мм,

толщина сечения лепестка - 1 мм, число лепестков - 10. Зазор в отверстии между зеркалом и лепестками втулки не более 50 мкм. Марка клея К 300-61 [5].

На фиг. 2 приведены интерферограммы зеркала во взаимно перпендикулярных направлениях до вклейки в него разрезной втулки. Почти прямая форма интерференционных полос и среднеквадратическое отклонение волнового фронта от ближайшей сферы сравнения не превышающее 0,03 (приведенное в правом верхнем углу фиг.2) свидетельствует о высоком качестве поверхности зеркала. На фиг.3 приведены интерферограммы того же зеркала после вклейки в него разрезной втулки и полной полимеризации слоя клея. Среднеквадратическое отклонение волнового фронта от ближайшей сферы сравнения при этом составило не более 0,04. Это говорит о том, что из-за усадки клея форма поверхности зеркала практически не изменилась. На фиг.4 приведены интерферограммы того же зеркала со вклеенной в него втулкой. Во втулку заложена вынутая из кипятка 300-граммовая гиря от разновеса. Таким образом, создан локальный термический градиент температуры центр-край порядка 40-60 градусов. Тем не менее, интерферограммы показывают, что форма поверхности зеркала практически не изменяется. Из нижней интерферограммы фиг. 4 (на кольцах) хорошо видно отсутствие астигматизма поверхности (кольца круглые). Поток теплого воздуха впереди зеркала хорошо виден на всех интерферограммах фиг.4 и не имеет отношения к форме поверхности зеркала.

Если вклеенная в центральное отверстие зеркала разрезная втулка с упругими лепестками компенсирует такой явно большой и нереальный в практических условиях эксплуатации градиент температуры в паре сталь-ситалл (при разности коэффициентов линейного расширения 0,000011), то сравнительно небольшие плавные колебания температуры, имеющие место в реальных условиях наблюдений, тем более не должны отражаться на форме поверхности зеркала.

Таким образом, приведенный выше материал (см. фиг.2, 3, 4) подтверждает, что вклейка в центральное отверстие зеркала разрезной втулки при указанных выше соотношениях между ее конструктивными элементами не приводит к искажению формы поверхности зеркала, в том числе и в условиях весьма значительного градиента температуры, что подтверждает возможность использования разрезной втулки также и в качестве термокомпенсатора радиальных напряжений, возникающих в месте контакта ее лепестков с зеркалом от изменения температуры окружающей телескоп среды.

Жесткость узла крепления зеркала, заблокированного в трубе телескопа предложенным способом, проверялась

косвенным путем. Тщательно отъюстированный телескоп с заблокированным на разрезной втулке зеркалом (допуск на поворот зеркала в системе телескопа порядка 40") подвергался вибрациям на стенде с ускорениями порядка 2g (транспортная тряска) в жесткой таре без амортизаторов в течение одного часа (для сравнения: трубы телескопов такого же класса американской фирмы "MEADE" перевозятся в таре с двойной амортизацией и в вертикальном положении, чтобы снизить вредные поперечные составляющие вибраций). Контроль качества изображения точечного источника света с этим телескопом после трех циклов вибраций показал, что оно практически не изменяется. Это позволяет утверждать, что предлагаемый способ крепления обладает, помимо всего прочего, достаточной жесткостью и позволяет надежно блокировать зеркала с допусками на поворот оси по крайней мере до 30-40 угловых секунд. Таким образом, можно считать доказанным, что предложенный способ крепления позволяет разгрузить зеркало от собственного веса, упростить конструкцию узла его крепления, уменьшить габариты и вес трубы телескопа, а также обеспечить малую чувствительность инструмента к колебаниям температуры окружающей среды и к вибрациям, которым телескоп подвергается при транспортировке и во время работы.

ЛИТЕРАТУРА

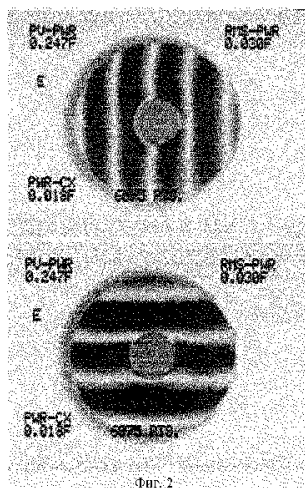
1. Максудов Д.Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984, с. 63-87.
2. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976, с. 384-401.
3. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. - М.: Наука, 1966, с. 73-79.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т., Т.1, 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. - с. 64-85.
5. ОСТ В6-5-5100-77 "Клей К-300-61".

Формула изобретения:

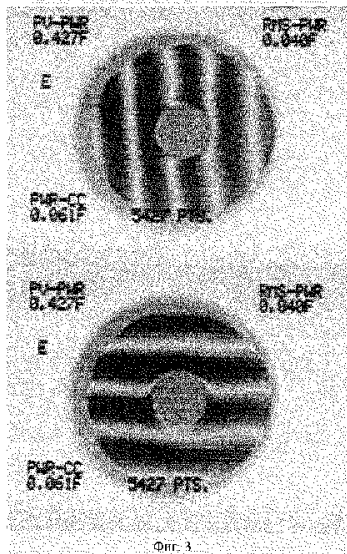
1. Способ крепления астрономического зеркала с центральным отверстием в трубе телескопа, заключающийся в том, что дает возможность разгружать зеркало без сложных разгрузочных приспособлений, отличающийся тем, что зеркало приклеивают ободом центрального отверстия к опорным площадкам упругих лепестков разрезной втулки.

2. Способ крепления по п. 1, отличающийся тем, что приклеивание производят термостойким клеем со степенью усадки не более 3%, а разрезную втулку выполняют из углеродистой стали с последующей термической обработкой.

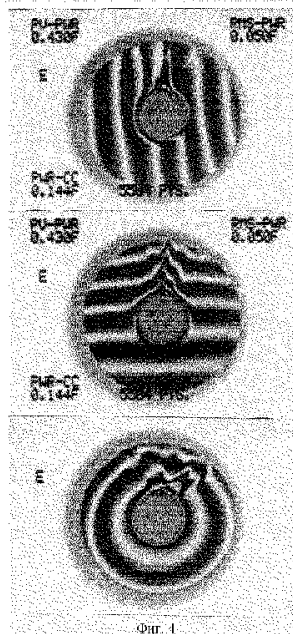
RU 2201608 C2



Qnr. 2



Qnr. 3



Qnr. 4

RU 2201608 C2