

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 833 161**

51 Int. Cl.:

**G02B 7/18** (2006.01)

**G02B 7/183** (2006.01)

**G02B 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2015 E 15001095 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2020 EP 2933671**

54 Título: **Estructura portante robusta para un telescopio reflector óptico**

30 Prioridad:

**19.04.2014 DE 102014005839**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**14.06.2021**

73 Titular/es:

**MBDA DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)**

**Hagenauer Forst 27  
86529 Schrobenhausen, DE**

72 Inventor/es:

**KLAFFERT, THOMAS y  
SCHNEIDER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

**ES 2 833 161 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Estructura portante robusta para un telescopio reflector óptico

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a una estructura portante para un telescopio reflector óptico y un telescopio reflector óptico con una estructura portante semejante. El telescopio reflector es en particular un telescopio *off-axis*, direccionable de forma muy dinámica.
- 10 **[0002]** Los telescopios reflectores son telescopios que usan esencialmente elementos ópticos reflectores (espejos). Un telescopio reflector se compone esencialmente de un espejo principal y un espejo colector montado en el mismo tubo, que también se designan como espejo primario y espejo secundario. Contrariamente al objetivo de un catalejo, no se refracta la luz incidente, sino que se refleja por el espejo primario. El tubo o la estructura portante está realizado la mayoría de las veces como construcción tubular o tubular de rejilla, en la que el espejo primario está dispuesto en un extremo y el espejo secundario en el otro extremo.
- 15 **[0003]** El documento US 2011/310502 (A1) da a conocer un sistema óptico de supervisión espacial con un espejo primario, un espejo secundario, una base portante y un medio de medición óptico.
- 20 **[0004]** El documento US 5 058 993 (A) da a conocer un banco óptico con un par de placas finales, que están conectadas entre sí de forma rígida mediante una pluralidad de elementos de conexión tubulares.
- 25 **[0005]** Los telescopios reflectores ópticos se pueden implementar en principio como «óptica axial» u «óptica fuera de eje», también denominadas «óptica *on-axis*» u «óptica *off-axis*». En este caso, la diferencia esencial es si los ejes ópticos de las superficies de espejo coinciden con sus ejes geométricos (*on-axis*) o no (*off-axis*).
- 30 **[0006]** En ambos casos, el espejo primario y secundario se deben posicionar de forma muy precisa entre sí, de modo que, por un lado, sus ejes ópticos (situados de forma centrada o fuera de las superficies de espejo) estén alineados de forma exactamente coaxial en el caso ideal y, por otro lado, la distancia de enfoque ajustada debería ser lo más invariable posible bajo todas las condiciones exteriores. Además, en el caso de espejos *off-axis*, el ángulo de balanceo a ajustar se debe mantener de forma robusta a lo largo del tiempo respecto a la dirección longitudinal del telescopio.
- 35 **[0007]** Las desviaciones de la coaxialidad provocarían distorsiones de la imagen o empeorarían la calidad de punto y el radio de punto, las modificaciones de la distancia de enfoque tendrían como consecuencia un cambio del plano de enfoque. Además, los grandes ángulos de pivotación de telescopio en el campo gravitatorio de la tierra plantean en conexión con altas aceleraciones direccionales grandes desafíos en las propiedades de rigidez de masa de la estructura portante, que debe satisfacer al mismo tiempo altos requisitos térmicos. Además, las ópticas *off-axis* dificultan la capacidad de implementación de una estructura robusta térmica y mecánicamente debido a la disposición asimétrica de elementos ópticos, así como el grado de libertad a ajustar adicionalmente.
- 40 **[0008]** El objetivo de la presente invención es por ello la facilitación de una estructura portante mejorada y de un telescopio reflector mejorado, que implemente una robustez térmica y mecánica especialmente alta.
- 45 **[0009]** Este objetivo se consigue mediante una estructura portante y un telescopio reflector según las características de las reivindicaciones independientes. Formas de realización y perfeccionamientos ventajosos se pueden deducir de las reivindicaciones dependientes y de la descripción siguiente.
- 50 **[0010]** Se propone proporcionar una estructura portante para un telescopio reflector óptico. La estructura portante comprende una entrada de rayo, un soporte primario para un espejo primario, un soporte secundario para un espejo secundario, riostras que discurren entre el soporte primario y el soporte secundario, y una salida de rayo. La estructura portante presenta el contorno de un hiperboloide de una capa. La estructura portante también puede presentar el contorno de más de un hiperboloide de una capa. Un hiperboloide de una capa es en el caso más sencillo una superficie, que se origina por la rotación de una recta alrededor del eje del hiperboloide. El hiperboloide puede presentar una estructura cerrada o una abierta o segmentada. Conforme a la parametrización de un hiperboloide de una capa, todas las secciones presentan exactamente la misma longitud a lo largo de estas rectas tangenciales. Siempre y cuando la estructura portante no se recorte de otra manera en sus extremos, por consiguiente, sus riostras también presentan esencialmente la misma longitud, y pueden ser segmentos o fibras de un material cualquiera, preferiblemente material compuesto. Esencialmente la misma longitud significa desviaciones de las longitudes de diferentes riostras de menos del 10 %, más preferiblemente menos del 5 %.
- 55 **[0011]** El soporte primario, el soporte secundario y las riostras pueden estar configurados para portar el espejo primario y el espejo secundario de manera que al menos el eje óptico de uno de los espejos se desvía de su eje geométrico. Ventajosamente este es el espejo primario. El soporte primario, el soporte secundario y las riostras también pueden estar configurados para portar el espejo primario y el espejo secundario, de modo que ambos ejes ópticos de los dos espejos se desvíen de su eje geométrico respectivo.
- 60
- 65

**[0012]** El soporte primario, el soporte secundario y las riostras están configurados además para portar el espejo primario y el espejo secundario de una manera que se logre una trayectoria de rayo en forma de z entre la entrada de rayo, el espejo primario, el espejo secundario y la salida de rayo. La entrada de rayo y salida de rayo son los lugares, en los que entran los rayos, p. ej. rayos de luz, en la estructura portante o la abandonan de nuevo. La entrada de rayo y la salida de rayo se pueden intercambiar a voluntad.

**[0013]** De esta manera se proporciona una estructura portante y un telescopio reflector, que se destaca por una alta estabilidad o robustez térmica y mecánica y al mismo tiempo por un diseño estructural apropiado permite movimientos direccionales muy dinámicos del telescopio en el campo gravitatorio de la tierra, sin empeorar de forma significativa la calidad óptica del telescopio. Así, p. ej. una instrucción, seguimiento y combate de objetivos muy dinámicos también se posibilita con telescopios reflectores fuera de eje, de lo que se producen numerosas ventajas operacionales.

**[0014]** En otras palabras: si, independientemente de la disposición de espejos excéntrica geoméricamente (*off-axis*), todas las riostras (en cualquier número) siempre tienen la misma longitud, en el caso de coeficientes de dilatación longitudinal iguales, módulos de elasticidad iguales y secciones transversales de riostras iguales también se pueden conseguir siempre propiedades simétricas con vistas a los puntos de unión de las riostras. La dilatación térmica o mecánica respecto al módulo de elasticidad y la sección transversal de riostras similares (p. ej. por su peso propio en el campo gravitatorio de la tierra o por fuerzas centrífugas con altas velocidades de pivotación) provoca por consiguiente exclusivamente un cambio de enfoque del telescopio a lo largo de la trayectoria de rayo en forma de z, en tanto que el estado de ajuste de los espejos de telescopio se comporta de forma invariable mecánica y térmicamente entre sí en los cinco grados de libertad restantes.

**[0015]** De esta manera se consigue una estructura portante para un telescopio reflector óptico *off-axis* con una robustez pasiva, lo más alta posible tanto de forma térmica como también mecánica estructural.

**[0016]** La presente invención posibilita además una previsibilidad sencilla de forma mecánica estructural y por consiguiente controlabilidad de la estructura portante o del telescopio, dado que no se requieren riostras o fibras curvadas o acodadas. De este modo se limita el peligro de combado o dislocación a un mínimo, lo que es la condición previa para una alta calidad óptica en el caso de fluctuaciones de temperatura y con altas aceleraciones transversales.

**[0017]** También se consigue una controlabilidad térmica sencilla debido a coeficientes de dilatación lineales en un eje, dado que solo el coeficiente de dilatación térmica longitudinal del material de la estructura es relevante en una dirección, es decir, en la dirección longitudinal de la riostra o a lo largo de la fibra.

**[0018]** Además, una dilatación térmica longitudinal de riostras similares provoca exclusivamente un cambio de enfoque del telescopio a lo largo de la trayectoria de rayo en forma de z. En otras direcciones, la estructura se comporta de forma invariable térmicamente, lo que conduce a otras propiedades que minimizan los errores.

**[0019]** El número de riostras es a voluntad. Preferentemente se usan al menos tres o cuatro riostras. Las riostras pueden discurrir respectivamente esencialmente de forma coaxial a las tangentes del hiperboloide.

**[0020]** La estructura portante puede comprender además al menos un soporte de desvío para un espejo de desvío. El soporte de desvío está dispuesto preferiblemente para guiar el trazado de rayo en la entrada y salida de rayo a lo largo de una tangente del hiperboloide. La dirección de irradiación o emisión entre los espejos de desvío se realiza entonces sin sombreado a lo largo de la tangente de la estructura portante hiperboloide, de modo que en un telescopio montado de forma pivotable no se requiere una ruptura de la pared de la estructura en la zona del eje de pivotación e igualmente se puede lograr la mejor neutralización de errores posible conforme a la dilatación mecánica y térmica longitudinal. De este modo, el eje de pivotación se puede poner siempre en la posición óptima de forma mecánica estructural, lo que al mismo tiempo representa una condición previa esencial para la minimización de errores ópticos en el caso de mayor dinámica direccional.

**[0021]** La estructura portante puede comprender además al menos un soporte de orientación fina para un espejo de orientación fina. El soporte de orientación fina está dispuesto preferiblemente, de modo que un eje óptico del espejo de orientación fina se sitúa esencialmente sobre un primer plano de corte 12 (véase la fig. 3b) del hiperboloide o en paralelo a este, donde este primer plano de corte se genera a través de dos rectas que se cruzan, de las que cada una de estas rectas genera el hiperboloide de una capa por rotación.

**[0022]** Además, el soporte de orientación fina está dispuesto preferiblemente de modo que el espejo de orientación fina se puede situar en paralelo a la dirección de irradiación o emisión y se debe situar en paralelo respecto al primer plano de corte explicado arriba del hiperboloide. En paralelo a este primer plano de corte se puede encontrar una posición óptima, que neutraliza lo mejor posible los errores ópticos debido a deformaciones de la estructura bajo fuerzas de aceleración. De esta manera se logra una dirección de irradiación tangencial, por lo que se neutralizan lo mejor posible los errores ópticos debido a deformaciones de la estructura bajo condiciones de fuerza de aceleración.

**[0023]** Además, se propone proporcionar un telescopio reflector óptico. Comprende un espejo primario, un espejo secundario y la estructura portante. La estructura portante comprende de nuevo una entrada de rayo, un soporte primario para el espejo primario, un soporte secundario para el espejo secundario, riostras que discurren entre el soporte primario y el soporte secundario, y una salida de rayo.

5

**[0024]** El soporte primario, el soporte secundario y las riostras pueden estar configurados para portar el espejo primario y el espejo secundario de manera que al menos el eje óptico de uno de los espejos se desvía de su eje geométrico. El soporte primario, el soporte secundario y las riostras están configurados para portar el espejo primario y el espejo secundario de una manera que se logre una trayectoria de rayo en forma de z entre la entrada de rayo, el espejo primario, el espejo secundario y la salida de rayo.

10

**[0025]** La estructura portante presenta el contorno de un hiperboloide de una capa. Las riostras presentan además la misma longitud.

15 **[0026]**

Como resultado, el telescopio reflector obtiene propiedades que minimizan los errores de forma mecánica estructural. Así, p. ej. se posibilita que pese a la disposición asimétrica de las masas de espejo no se originen momentos de torsión dentro de la estructura portante en el caso de una suspensión cardán a lo largo del eje de inercia principal del telescopio con aceleración de pivotación en acimut y elevación

20 **[0027]**

La geometría de riostra sencilla y preferentemente recta permite además la capacidad de utilización de perfiles normalizados. En analogía se puede fabricar una estructura cerrada de forma ventajosa de materiales compuestos reforzados con fibras con fibras rectas, sujetas tangencialmente de exactamente la misma longitud, de lo que al mismo tiempo resultan la posibilidad de la fabricación de estructuras tipo sándwich o de combinaciones de estas posibilidades.

25

**[0028]** Preferiblemente, los puntos finales de las riostras o los puntos de unión de la estructura portante hiperbólica están dispuestos esencialmente de forma simétrica a los ejes geométricos del espejo primario y del espejo secundario junto a sus soportes. De esta manera se pueden implementar propiedades ampliamente ortotrópicas o al menos no anisotrópicas de forma mecánica estructural.

30

**[0029]** La estructura portante está configurada de modo que una sección de la trayectoria de rayo en forma de z discurre esencialmente en paralelo a un segundo plano de corte del hiperboloide. El segundo plano de corte 9 (véase la fig. 3a) se denomina mediante dos rectas paralelas, de las que cada una de estas dos rectas paralelas genera el hiperboloide de una capa por rotación. De esta manera, el telescopio obtiene propiedades que minimizan los errores de forma térmica.

35

**[0030]** Además, la estructura portante está configurada de modo que el segundo plano de corte del hiperboloide discurre esencialmente en un eje de inercia principal del telescopio reflector, por lo que el telescopio reflector obtiene las propiedades que minimizan los errores de forma mecánica estructural. Una línea de conexión geométrica del espejo primario y del espejo secundario también discurre esencialmente en el eje de inercia principal del telescopio reflector. Así, p. ej. se posibilita que pese a la disposición asimétrica de las masas de espejo no se originen momentos de torsión dentro de la estructura portante en el caso de una suspensión cardán a lo largo del eje de inercia principal del telescopio con aceleración de pivotación simultánea en acimut y elevación

40

45 **[0031]**

Tanto para la rigidización transversal adicional del telescopio como también para la facilitación de interfaces para la unión del telescopio y de sistemas y componentes ópticos y mecatrónicos se pueden añadir desde puntos de vista mecánicos estructurales otras riostras o elementos de conexión en longitud y disposición divergente, siempre y cuando se seleccionen sus puntos de unión de modo que por ello no se lesiona el principio básico descrito anteriormente de la robustez térmica y mecánica.

50

**[0032]** Adicionalmente, es posible una suspensión pivotable del telescopio con trayectoria de rayo acodada (Coudé) aguas arriba o aguas abajo, sin que la estructura portante se deba interrumpir para la reflexión hacia dentro o hacia fuera. De esta manera se consigue una capacidad de posicionamiento óptima del eje de pivotación bajo aspectos mecánicos estructurales y respecto al eje de pivotación del telescopio se puede implementar una simetría térmica o mecánica de la estructura portante.

55

**[0033]** Además, de ello resulta la posibilidad de una unión sin arriostamiento de la estructura portante hiperbólica en la posición óptima dentro de cualquier estructura envolvente exterior para la protección respecto al entorno, donde bajo aspectos térmicos se realiza la unión fija óptima entre ambas estructuras en el plano que coincide perpendicularmente al eje del telescopio con el eje de pivotación de telescopio.

60

**[0034]** Adicionalmente, existe una posibilidad para una instalación de un dispositivo para la regulación de enfoque esencialmente a lo largo del segundo plano de corte del hiperboloide. Existe de manera inalterada la posibilidad de la integración de un dispositivo para el ajuste fino del espejo en analogía al telescopio *on-axis* clásico.

65

**[0035]** Otras características, ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención se deducen de la descripción siguiente de los ejemplos de realización y de las figuras. A este respecto, todas las características descritas y/o representadas gráficamente en sí y en cualquier combinación constituyen el objeto de la invención también independientemente de su composición en las reivindicaciones individuales o sus referencias. En las figuras, las mismas referencias representan objetos iguales o similares.

**[0036]** A continuación, mediante los dibujos adjuntos se entra más en detalle en los ejemplos de realización de la invención. Muestran:

10 **La fig. 1** muestra una representación esquemática de una disposición de espejos y de una trayectoria de rayo a través de un telescopio reflector óptico *off-axis*.

**Las figs. 2a y b** muestran representaciones esquemáticas de una estructura de telescopio *off-axis* hiperbólica cerrada.

15 **Las figs. 3a y b** muestran esquemáticamente dos planos de corte que se definen por dos rectas, de las que cada una de estas rectas genera el hiperboloide de una capa por rotación.

**Las figs. 4a y b** muestran representaciones esquemáticas de una estructura de telescopio *off-axis* hiperbólico, abierto o segmentado *off-axis*.

20

**[0037]** Los telescopios reflectores ópticos se pueden implementar en principio como «óptica axial» u «óptica fuera de eje», también denominadas «óptica *on-axis*» u «óptica *off-axis*». En las ópticas *on-axis* (como, por ejemplo, telescopios de Newton, Cassegrain o Nasmyth), los ejes ópticos de los componentes ópticos se sitúan de forma coaxial a su eje geométrico y por consiguiente también a aquel de la estructura del telescopio. No obstante, una desventaja de los «telescopios reflectores *on-axis*» es la zona de sombreado que se origina en el espejo principal mediante el espejo colector mismo suspendido de forma centrada. Por ejemplo, en el telescopio de Cassegrain se puede utilizar esta zona en forma de una escotadura en el centro del espejo principal para el reflejo hacia dentro, por lo tanto, se eleva el diámetro de telescopio requerido referido a la apertura óptica alcanzable exactamente en este valor. En particular, en telescopios de emisión se agrava este estado adicionalmente porque se produciría el sombreado exactamente en la zona de la intensidad máxima del haz de luz saliente.

30

**[0038]** Las así denominadas ópticas *off-axis* ofrecen a este respecto un enfoque alternativo. Siempre y cuando las superficies recortadas de los componentes *off-axis* se sitúen completamente junto al eje óptico (referido a su función de salida matemática de la superficie), estas se pueden disponer de forma asimétrica, de modo que mediante los trazados de rayo en forma de *z*, planos o espaciales se evitan sombreados mutuos de los componentes ópticos entre sí.

35

**[0039]** En el caso de los telescopios reflectores de ello resulta, por un lado, la ventaja de que el espejo secundario junto a su suspensión (y eventuales dispositivos adicionales y de suministro para el ajuste y regulación de enfoque) ya no deben estar dispuestos en la zona de la apertura de entrada y salida del telescopio. Al contrario de las ópticas *on-axis*, por consiguiente, la superficie de espejo primario completa se puede utilizar libre de sombras sin dispositivos adicionales ópticos aguas arriba, lo que ofrece ventajas especialmente decisivas en el caso de telescopios de emisión de alta potencia respecto a la prevención de luz dispersa.

40

45 **[0040]** Por otro lado, de este modo aumentan los requerimientos en la estructura del telescopio de dos formas: por un lado, la óptica del telescopio *off-axis* se debe ajustar en todos los seis grados de libertad y a continuación sujetarse de forma robusta térmica y mecánicamente (en las ópticas *on-axis* solo hay cinco grados de libertad, dado que sus componentes se comportan de forma invariante respecto a una rotación alrededor de su eje óptico). En segundo lugar, debido a la disposición asimétrica geoméricamente de los componentes ópticos respecto al eje del telescopio (donde los ejes geométrico y óptico están separados uno de otro) ya no se producen propiedades de neutralización o reducción a la mitad de los errores al contrario a las ópticas *on-axis*.

50

**[0041]** **La fig. 1** muestra una representación esquemática de una disposición de espejos y de una trayectoria de rayo a través de un telescopio reflector óptico *off-axis*. El telescopio reflector 30 se muestra en **las fig. 2 y 4**. Comprende un espejo primario 1, un espejo secundario 2 y una estructura portante 20. La estructura portante 20 comprende de nuevo una entrada o salida de rayo 24, un soporte primario 21 para el espejo primario 1, un soporte secundario 22 para el espejo secundario 2, riostras 23 que discurren entre el soporte primario 21 y el soporte secundario 22, una entrada o salida de rayo 25 y una reflexión hacia dentro o hacia fuera 6. La entrada de rayo 24 y la salida de rayo 25 se pueden intercambiar a voluntad, de modo que se puede tratar de telescopios de emisión o recepción.

60

**[0042]** El soporte primario 21, el soporte secundario 22 y las riostras 23 portan el espejo primario 1 y el espejo secundario 2 de una manera tal que la dirección de rayo *O* entre los espejos 1, 2 se desvía del eje de telescopio o de la dirección de irradiación o emisión. El soporte primario 21, el soporte secundario 22 y las riostras 23 portan el espejo primario 1 y el espejo secundario 2 de una manera que se logra una trayectoria de rayo en forma de *z* 11 entre la

65

entrada de rayo 24, el espejo primario 1, el espejo secundario 2 y la salida de rayo 25. La dirección de la flecha de la trayectoria de rayo 11 reproduce la dirección visual de un usuario o la dirección de un rayo emitido. La entrada de rayo y salida de rayo son los lugares, en los que entran los rayos, p. ej. rayos de luz en el telescopio reflector 30 o lo abandonan de nuevo.

5

**[0043]** La estructura portante 20 comprende además dos espejos de desvío 4, 5 y sus soportes de desvío 41, 51. Los espejos de desvío 4, 5 también se sitúan en la trayectoria de rayo 11. La estructura portante 20 comprende además un espejo de orientación fina integrado 3 y un soporte de orientación fina 31. El espejo de orientación fina 3 se sitúa igualmente en la trayectoria de rayo 11.

10

**[0044]** Las figs. 2a y b muestran representaciones esquemáticas de una estructura de telescopio *off-axis* hiperbólico cerrado. La estructura portante 20 presenta el contorno de un hiperboloide de una capa 7a. El telescopio reflector 30 comprende entre otros el espejo primario 1, el espejo secundario 2, el espejo de orientación fina 3 y eventualmente riostras adicionales 23 de la estructura portante 20. Estas riostras rectas adicionales discurren en este caso a lo largo de las tangentes del hiperboloide cerrado entre los espejos 1, 2 y presentan esencialmente la misma longitud. El telescopio reflector 30 presenta un eje de rotación 10 de la cubierta hiperboloide cerrada y una trayectoria de rayo en forma de z 11 (fig. 2b). La trayectoria de rayo en forma de z 11 (fig. 2b) discurre entre la entrada y salida de rayo de gran apertura, el espejo primario 1, el espejo secundario 2 y el espejo de orientación fina 3.

15

**[0045]** Entre dos secciones o brazos de la trayectoria de rayo 11 se sitúa un ángulo  $\alpha$ . Una sección de la trayectoria de rayo en forma de z 11 discurre esencialmente en paralelo a un segundo plano de corte 9 del hiperboloide 7. Según se muestra en la fig. 3a, este segundo plano de corte 9 se define por dos rectas paralelas, de las que cada una de estas dos rectas paralelas genera el hiperboloide de una capa por rotación. De esta manera, toda la estructura del telescopio obtiene adicionalmente propiedades que minimizan los errores, es decir, las mismas magnitudes de deformación de la estructura portante tienen solo efectos ópticos negativos mínimos.

20

**[0046]** Las figs. 4a y b muestran representaciones esquemáticas de una estructura de telescopio *off-axis* hiperbólico, abierto o segmentado. La estructura portante 20 comprende en este caso las riostras 23 que discurren tangencialmente en el hiperboloide 7a. La estructura portante 20 presenta una trayectoria de rayo en forma de z 11 (fig. 4B) y comprende entre otros el espejo primario 1, el espejo secundario 2, el espejo de orientación fina 3, el espejo de desvío 4, 5, la reflexión hacia dentro 6 y las riostras 23. Los soportes de desvío 41, 51 o espejos de desvío 4, 5 están dispuestos de modo que guían la entrada y/o salida de rayo a lo largo de una tangente 8 del hiperboloide. Una línea de conexión geométrica L del espejo primario 1 y del espejo secundario 2 discurre esencialmente sobre el eje de inercia principal 10 del telescopio reflector 30 o a pequeña distancia en paralelo a este.

30

**[0047]** Las riostras rectas 23 discurren entre los espejos 1, 2 y presentan esencialmente las mismas longitudes. En otras palabras, independientemente de la disposición de espejos excéntrica geoméricamente (*off-axis*), todas las riostras (en cualquier número) siempre tienen la misma longitud y están dispuestas de forma simétrica a los ejes geoméricos de los espejos 1 y 2 junto a sus soportes 21 y 22, de modo que en conexión con los mismos coeficientes de dilatación longitudinal y mismos módulos de elasticidad de estas riostras 23 también se pueden conseguir siempre propiedades simétricas respecto a la unión de los espejos 1, 2. La dilatación longitudinal térmica o mecánica de riostras similares 23 (p. ej. por su peso propio en el campo gravitatorio de la tierra o por fuerzas centrífugas con altas velocidades de pivotación) provoca por consiguiente exclusivamente un cambio de enfoque entre los espejos 1 y 2 a lo largo de la trayectoria de rayo en forma de z 11, donde el estado de ajuste de los espejos de telescopio 1 y 2 se comporta de forma invariante mecánica y térmicamente entre sí en los restantes cinco grados de libertad.

35

**[0048]** Las riostras 23 discurren respectivamente esencialmente de forma coaxial a las tangentes 8 del hiperboloide 7a. Los puntos finales de las riostras 23 o los puntos de unión de la estructura portante hiperbólica 20 en p. ej. una placa final 26 o el soporte primario 21 están dispuestos esencialmente de forma simétrica (X1, X2, X3, Y1, Y2) respecto a los ejes geoméricos del espejo primario 1 y del espejo secundario 2 junto a sus soportes 21 y 22. De esta manera se pueden implementar propiedades ampliamente ortotrópicas de forma mecánica estructural.

50

**[0049]** La estructura portante hiperbólica 20 está realizada de modo que una línea de conexión geométrica L del espejo primario 1 y del espejo secundario 2 discurre esencialmente sobre el eje de inercia principal 10 del telescopio reflector 30 o discurre a pequeña distancia en paralelo a este. El eje de inercia principal 10 se sitúa sobre el segundo plano de corte 9. El segundo plano de corte 9 se genera mediante dos rectas paralelas, de las que cada una de estas rectas genera el hiperboloide de una capa por rotación. Así, p. ej. se posibilita que pese a la disposición asimétrica de las masas de espejo no se originen momentos de torsión dentro de la estructura portante 20 en el caso de una suspensión cardán a lo largo del eje de inercia principal 10 del telescopio 30 con aceleración de pivotación simultánea en acimut y elevación.

55

**[0050]** Una sección de la trayectoria de rayo en forma de z 11 discurre esencialmente en paralelo a un segundo plano de corte 9 del hiperboloide 7b. Los espejos de desvío 4, 5 o sus soportes de desvío 41, 51 están dispuestos de modo que guían una sección de la trayectoria de rayo 11 a lo largo de una tangente 8 del hiperboloide 7b. La dirección de irradiación o emisión entre los espejos de desvío 4, 5 se realiza sin sombreado a lo largo de la tangente 8 de la

60

estructura portante hiperbólica 20, de modo que en el caso de un telescopio 30 montado de forma pivotable con la trayectoria de rayo acodada (Coudé) aguas arriba o abajo no se requiere una ruptura de la pared de la estructura en la zona del eje de pivotación. De este modo, el eje de pivotación se puede poner siempre en la posición óptima de forma mecánica estructural, lo que al mismo tiempo representa una condición previa esencial para la minimización de errores ópticos en el caso de mayor dinámica direccional.

**[0051]** El espejo de orientación fina 3 está dispuesto esencialmente sobre el o en paralelo a un primer plano de corte 11 de la estructura portante hiperbólica 7. Según se muestra en la fig. 3b, este primer plano de corte 11 se genera por dos rectas que se cortan, de las que cada una de estas rectas genera el hiperboloide de una capa por rotación. En este plano se puede encontrar la posición óptima del espejo de orientación fina 3, que neutraliza lo mejor posible los errores ópticos debido a las deformaciones de la estructura bajo fuerzas de aceleración transversal.

**REIVINDICACIONES**

1. Un telescopio reflector óptico (30), que comprende
  - 5 - un espejo primario (1),  
- un espejo secundario (2), y  
- una estructura portante (20), que comprende
    - una entrada de rayo (24),
    - 10 - un soporte primario (21) para el espejo primario (1),  
- un soporte secundario (22) para el espejo secundario (2),  
- riostras (23) que discurren entre el soporte primario (21) y el soporte secundario (22), y  
- una salida de rayo (25),
  - 15 donde el eje óptico del espejo primario (1) o del espejo secundario (2) se desvía de su eje geométrico, donde la estructura portante (20) presenta el contorno de un hiperboloide de una capa (7), que posee un primer plano de corte (12) y un segundo plano de corte (9), donde el segundo plano de corte 9 se define por dos rectas paralelas, de las que cada una de estas dos rectas paralelas genera el hiperboloide de una capa por rotación, y donde el soporte primario (21), el soporte secundario (22) y las riostras (23) están configurados para portar el espejo primario (1) y el
  - 20 espejo secundario (2) de una manera tal que se consigue una trayectoria de rayo en forma de z (11) entre la entrada de rayo (24), el espejo primario (1), el espejo secundario (2) y la salida de rayo (25), y donde las riostras (23) presentan la misma longitud, donde la estructura portante (20) está configurada de modo que el segundo plano de corte (9) del hiperboloide (7) discurre en un eje de inercia principal (10) del telescopio reflector (30),
  - 25 una línea de conexión geométrica L del espejo primario (1) y del espejo secundario (2) discurre sobre un eje de inercia principal (10) del telescopio reflector (30), y una sección de la trayectoria de rayo en forma de z (11) discurre en paralelo al segundo plano de corte (9) del hiperboloide (7).
- 30 2. Telescopio reflector (30) según la reivindicación 1, donde el hiperboloide (7) se basa en la rotación de una recta y presenta una estructura cerrada o segmentada (7a; 7b).
3. Telescopio reflector (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las riostras (23) discurren respectivamente de forma coaxial a las tangentes (8) del hiperboloide (7).
- 35 4. Telescopio reflector (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que presenta, además, al menos un soporte de desvío (41, 51) para un espejo de desvío (4, 5), que está dispuesto para guiar al menos una sección de la trayectoria de rayo (11) a lo largo de una tangente (8) del hiperboloide (7).
- 40 5. Telescopio reflector (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un soporte de orientación fina (31) para una espejo de orientación fina (3), que está dispuesto de modo que el eje óptico del espejo de orientación fina (3) se sitúa sobre el primer plano de corte (12) del hiperboloide (7), donde el primer plano de corte (12) se genera mediante dos rectas que se cortan, de las que cada una de estas rectas genera el hiperboloide de una capa (7) por rotación.
- 45 6. Telescopio reflector (30) según la reivindicación anterior, donde los puntos finales de las riostras (23) están dispuestos simétricamente respecto a los ejes geométricos del espejo primario (1) y del espejo secundario (2).

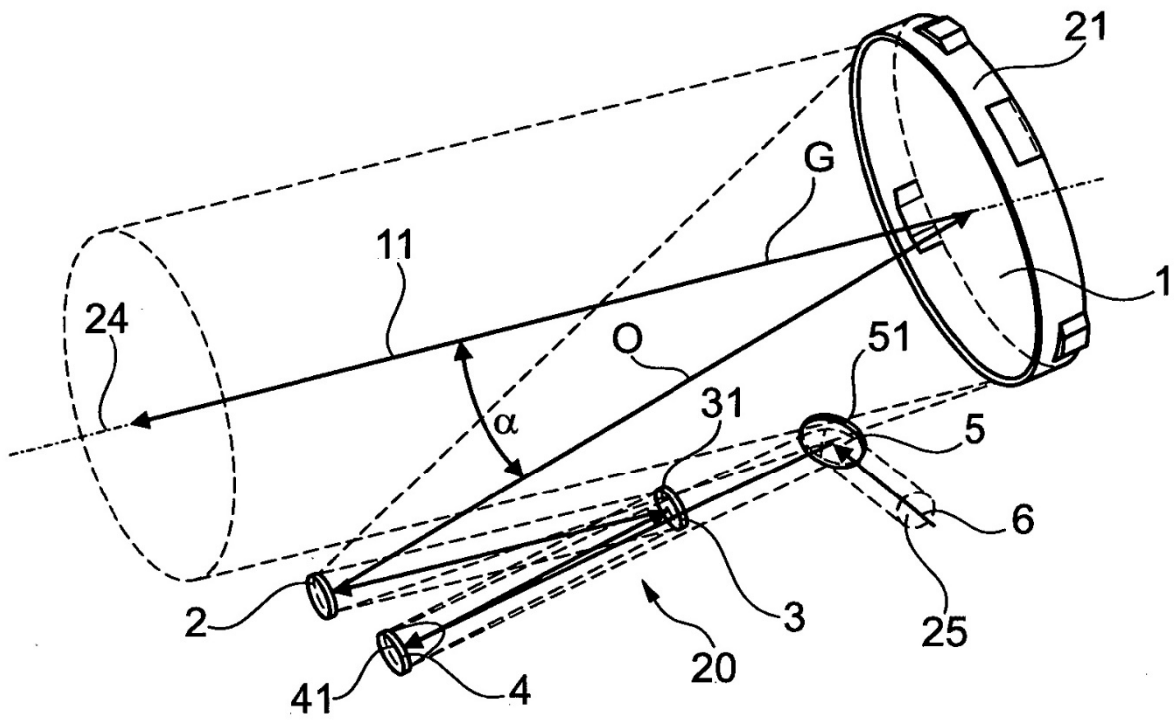


Fig. 1

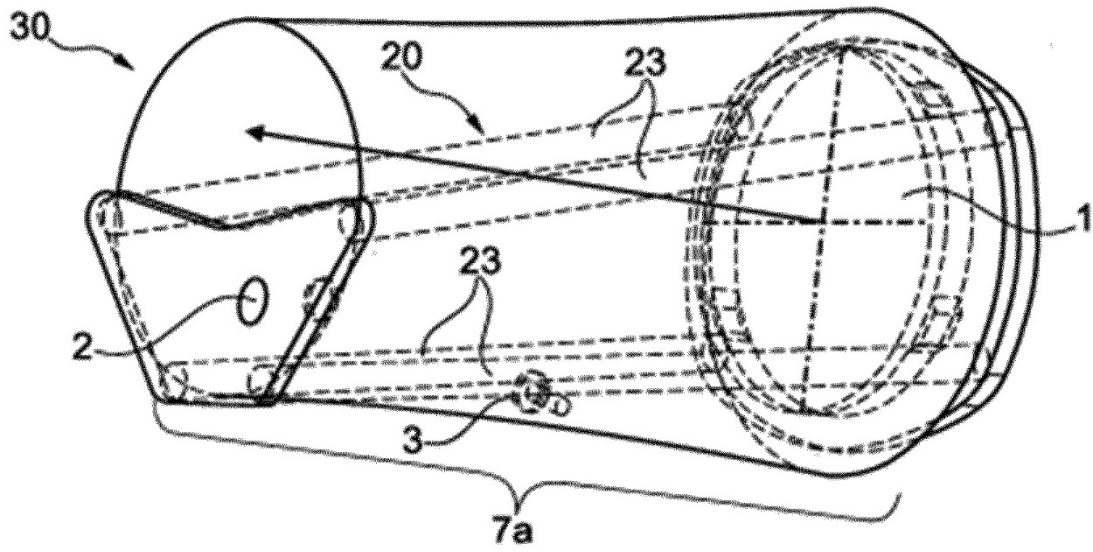


Fig. 2a

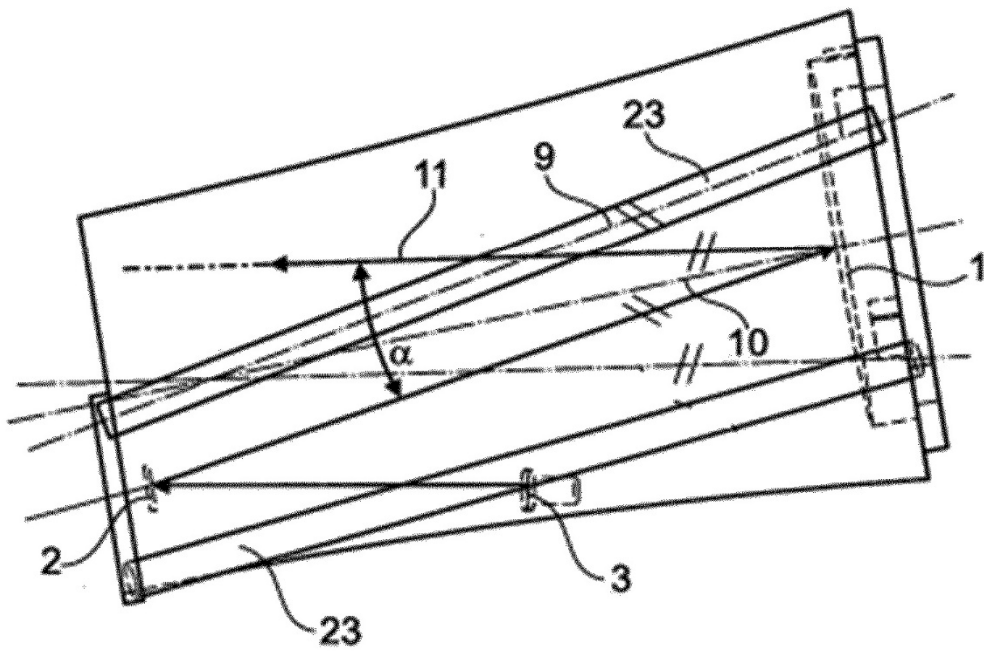
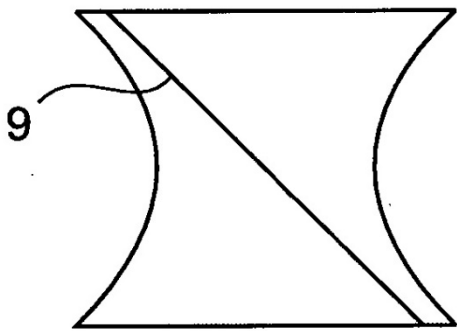
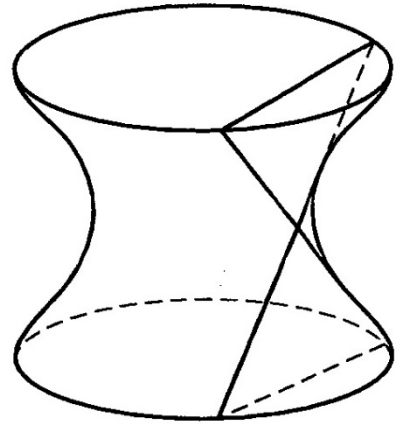
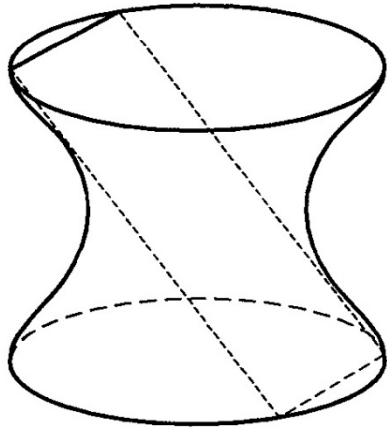
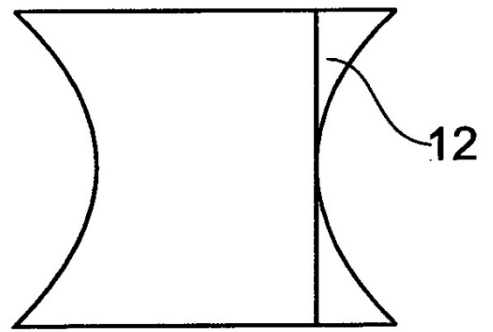


Fig. 2b



**Fig. 3a**



**Fig. 3b**

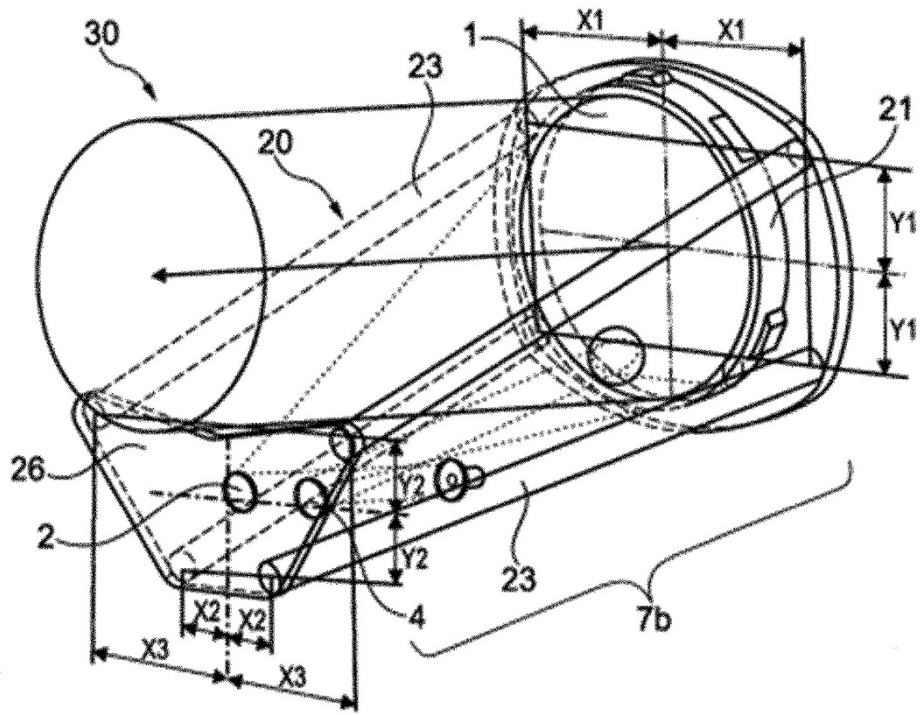


Fig. 4a

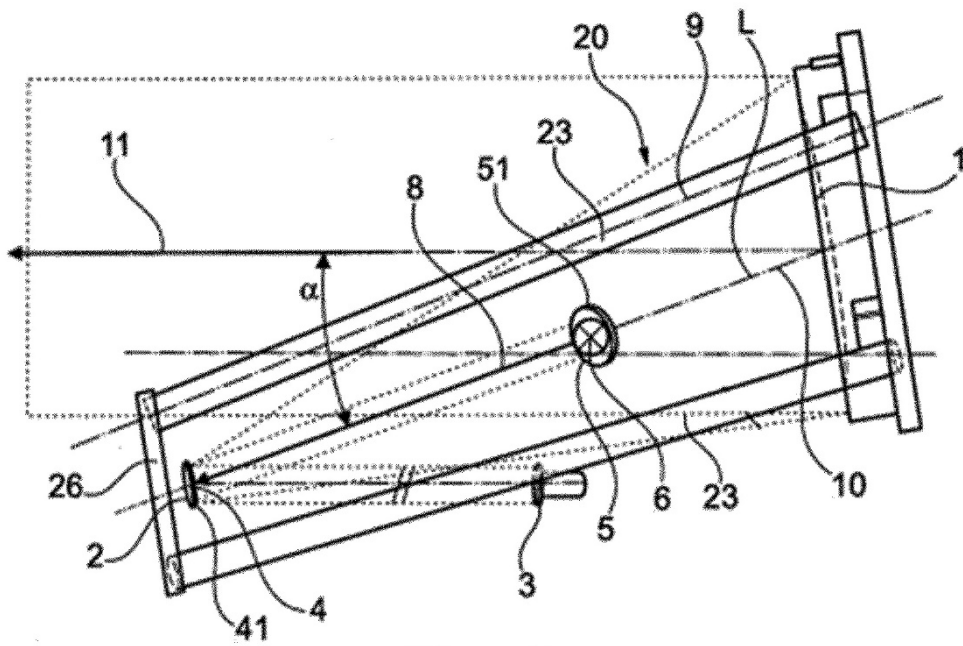


Fig. 4b