

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 385**

51 Int. Cl.:

**G02B 17/08** (2006.01)

**G02B 23/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2015** **PCT/US2015/021996**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015** **WO15148371**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2015** **E 15769292 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2022** **EP 3123229**

54 Título: **Telescopio y conjunto de telescopios para su uso en naves espaciales**

30 Prioridad:

**25.03.2014 US 201414224134**

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

**03.08.2022**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH  
FOUNDATION, INC. (100.0%)  
223 Grinter Hall  
Gainesville, FL 32611, US**

72 Inventor/es:

**ZHAO, BO y  
GUZMAN, RAFAEL**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 920 385 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

Telescopio y conjunto de telescopios para su uso en naves espaciales

La invención se refiere a los telescopios y, más particularmente, se refiere a telescopios ópticos que son capaces de operar en las porciones visibles y cercanas a infrarrojos del espectro electromagnético. En su sentido más inmediato, la invención se refiere a telescopios ópticos y a conjuntos de telescopios ópticos que son adecuados para su uso en naves espaciales (tales como satélites) y otras aplicaciones de detección remota.

Las universidades utilizan nanosatélites para la investigación en astronomía, climatología y ciencias de la tierra. Y se ha contemplado el uso de nanosatélites para fines comerciales y gubernamentales. Por ejemplo, una red de nanosatélites podría utilizarse para monitorizar toda la longitud de una tubería para evitar robos de petróleo o de gasolina mediante la detección de las personas que llevan vehículos de tamaño de camión no autorizados en las proximidades de la tubería. Alternativamente, los nanosatélites se pueden utilizar para el control fronterizo, por ejemplo, (la monitorización de aeronaves que pueden estar transportando drogas, monitorización de movimientos de guerrilla) o la prevención de desastres ambientales (tales como incendios internacionales en grandes extensiones de bosques protegidos).

Un telescopio óptico destinado para ser utilizado en una nave espacial, tal como un nanosatélite, debe hacer frente a restricciones exigentes. Debe ser pequeño, ligero, bien equilibrado, y mecánicamente robusto. También debe poder personalizarse fácilmente; algunas aplicaciones de nanosatélites requerirán un amplio campo de visión, mientras que otras requieren imágenes de alta resolución, e incluso otras requerirán la capacidad de adquirir datos espectroscópicos o datos de polarimetría.

Por lo tanto, los objetos de la invención son proporcionar un telescopio óptico y un conjunto de telescopios ópticos para su uso en naves espaciales y aplicaciones de detección remota, tales como nanosatélites, telescopio y conjunto que sean pequeños, ligeros y bien equilibrados, mecánicamente robustos y fácilmente personalizables.

Los telescopios ópticos catadióptricos convencionales del tipo Maksutov-Cassegrain tienen excelentes características mecánicas; son pequeños, ligeros, bien equilibrados y mecánicamente robustos. Sin embargo, cuando se utilizan en longitudes de onda de entre 400 y 1000 nm (visibles a una radiación cercana a la infrarroja, que son necesarias para las aplicaciones de nanosatélites) tienen niveles inaceptables de astigmatismo, coma y aberraciones esféricas de color. Y la personalización de un telescopio Maksutov-Cassegrain convencional para reunir los requisitos de diferentes aplicaciones de nanosatélites sería bastante difícil. Los telescopios ópticos catadióptricos convencionales se dan a conocer en el documento US 4 342 503 A, en el que (Figura 7) un espejo primario Mangin refleja rayos de luz entrante hacia una lente correctora de menisco. Sin embargo, dicho telescopio no desvela la combinación de un corrector que es esférico, siendo el espejo primario un menisco negativo, y una lente aplanadora de campo.

Otros telescopios ópticos catadióptricos convencionales se dan a conocer en los documentos US 2008/019022 A1, US 3 527 526 A, US 4 523 816 A, US 4 273 425 A y la publicación "Fast catadioptric telescopes for CCD observation of transient events and space surveillance", OPTICAL COMPLEX SYSTEMS: OCS11, SPIE, vol. 8172, no. 1 de YUDIN, A. y col. Sin embargo, estos documentos no desvelan, entre otras características, una lente correctora de menisco esférico que comprende un revestimiento reflector situado en el centro, configurado para dispersar rayos entrantes hacia el exterior en la entrada del telescopio.

La invención parte de dos realizaciones. La primera de ellas es la realización de que si un diseño convencional de telescopio Maksutov-Cassegrain se modifica para emplear la reflexión de segunda superficie para el espejo primario y el espejo secundario de punto (en lugar de la reflexión de la primera superficie, que es convencional) las aberraciones ópticas del diseño original pueden llevarse dentro de límites aceptables, conservando al mismo tiempo sus características ventajosas en lo que se refiere al tamaño, peso, equilibrado y carácter robusto.

La segunda realización es que, mediante el uso de un conjunto binocular formado por dos telescopios que tienen un diseño de este tipo modificado, la personalización se puede realizar fácil y económicamente. Esto se puede hacer cambiando la orientación de los telescopios entre sí, cambiando los revestimientos en las lentes, y cambiando los filtros que se utilizan. Si, por ejemplo, los telescopios son paralelos entre sí de manera que sus campos de visión coinciden para ser los mismos en la distancia deseada desde el satélite, se puede obtener una imagen de alta resolución. Alternativamente, si se desea una imagen de un área grande, los telescopios pueden desinclinarse de manera precisa para que los campos de visión a la distancia deseada no se solapen. La adquisición de datos espectroscópicos y de polarimetría se puede lograr mediante el uso de revestimientos adecuados en las lentes y filtros adecuados, y es posible adquirir datos de imagen y datos espectroscópicos o de polarimetría mediante la configuración de un telescopio para adquirir una imagen, mientras se configuran los otros para adquirir los datos de no imagen deseados.

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes dibujos ilustrativos y no limitativos, en los que:

la Figura 1 es una representación esquemática de la operación de un telescopio óptico catadióptrico Maksutov-Cassegrain convencional;

la Figura 2 es una representación esquemática de la operación de un telescopio óptico catadióptrico de acuerdo con la invención;

la Figura 3 es un diagrama esquemático de un telescopio de acuerdo con una realización ejemplar de la invención;

la Figura 4 es un diagrama esquemático de un conjunto de telescopios binoculares de acuerdo con la invención;

la Figura 5A es una ilustración esquemática de la operación de una primera realización ejemplar de un conjunto de telescopios binoculares de acuerdo con la invención; y

la Figura 5B es una ilustración esquemática de la operación de una primera realización ejemplar de un conjunto de telescopios binoculares de acuerdo con la invención.

### **Descripción detallada de diversas realizaciones**

En todas las Figuras, cada elemento está siempre identificado por el mismo número de referencia, y los elementos correspondientes se identifican usando los mismos números de referencia. Las Figuras no están a escala; las dimensiones se han ampliado o reducido por motivos de claridad.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de cómo funciona un telescopio óptico catadióptrico Maksutov-Cassegrain convencional en el rango de longitud de onda de 400 nm a 1000 nm. Los rayos entrantes 2, 4, 6, y 8 entran en el extremo de entrada 200 del telescopio a través de su lente correctora de menisco esférico 10, que está hecha de vidrio óptico y los dispersa radialmente hacia el exterior. A continuación, chocan con la superficie reflectante esférica del espejo primario 12 (que tiene una abertura 16 en su centro) y se reflejan de vuelta hacia la lente correctora 10, en la que se hacen incidir sobre un espejo secundario de "punto" 14. Después de la reflexión desde el espejo secundario de punto 14, los rayos 2, 4, 6, y 8 se dirigen hacia una abertura circular 16 que se encuentra en el centro del espejo primario 12.

Cada uno de los espejos 12 y 14 está formado por una capa de material reflectante que se encuentra en la primera superficie del espejo. (El término "primera superficie" se utiliza debido a que el rayo de luz se refleja desde la primera superficie que encuentra.) Como resultado, en el momento en que los rayos 2, 4, 6 y 8 se han reflejado en el espejo secundario de punto 14, la imagen formada por los rayos sufre de aberraciones, que incluyen distorsión, astigmatismo, coma y aberración esférica de color. Se utilizan lentes correctoras 18 para corregir estas aberraciones, y los rayos 2, 4, 6, y 8 pasan a continuación a través de una lente aplanadora de campo 20 para llegar a incidir sobre un sensor 22 (tal como un sensor CMOS) en el extremo de salida 210 del telescopio.

La Figura 2 es una ilustración esquemática de la operación de un telescopio de acuerdo con la invención. Aquí, los rayos 2, 4, 6, y 8 se dispersan radialmente hacia el exterior mediante una lente correctora de menisco esférico 10' en el extremo de entrada 200' del telescopio e inciden sobre el espejo primario 12'. El espejo primario 12' es del tipo Mangin; se trata de una lente de menisco negativo con una abertura circular 16' en su centro. Aquí, la reflexión es desde la segunda superficie del espejo primario 12'; el espejo primario 12' está hecho de vidrio óptico y los rayos 2, 4, 6, y 8 pasan a través de su primera superficie y se reflejan solamente cuando llegan a su segunda superficie. De este modo, el espejo primario 12' no solo actúa como un espejo, sino también como una lente triplete (debido a que los rayos de luz son desviados dos veces, una cuando entran en el espejo primario 12' y otra cuando salen del mismo).

Después de la reflexión desde la segunda superficie del espejo primario 12', los rayos 2, 4, 6, y 8 se hacen incidir sobre un espejo secundario de punto 14' que se encuentra en la segunda superficie de la lente correctora 10'. Como en el caso del espejo primario 12', el espejo secundario de punto 14' también funciona como una lente porque la lente correctora 10' es una lente de menisco esférico.

Como se puede ver mediante la comparación de la Figura 1 y la Figura 2, un telescopio de acuerdo con la invención no requiere lentes correctoras situadas entre la lente correctora 10 o 10' y el espejo primario 12 o 12'. Solo se requiere de una lente aplanadora de campo 20', que se encuentra por delante del sensor CMOS 22 en el extremo de salida 210' del telescopio.

La Figura 3 es un diagrama que ilustra esquemáticamente las dimensiones de una realización ejemplar de un telescopio de acuerdo con la invención. En esta realización ejemplar:

un deflector cilíndrico 30 está situado frente a la lente correctora 10';

otro deflector cilíndrico 32 está situado frente al espejo primario 12';

un deflector cónico 34 está situado detrás de la lente correctora 10'; y

un filtro 24 está interpuesto entre la lente aplanadora de campo 20' y el detector 22.

Deflectores tales como 30, 32 y 34 se utilizan convencionalmente en los telescopios ópticos Maksutov-Cassegrain; los deflectores están hechos de aluminio y bloquean la luz parásita. Como se verá más adelante, el filtro 24 se selecciona de acuerdo con los datos que capturará el detector 22.

El vidrio utilizado en la realización ejemplar mostrada en la Figura 3 es N-BK7, que tiene un índice de refracción  $n = 1,5168$ . La longitud focal de esta realización ejemplar es de 1500 mm y su velocidad es de  $f/10$ . A una distancia de observación prevista de 700 kilómetros (es decir, la distancia entre un microsatélite en una órbita 700 kilómetros y en

la tierra) la realización ejemplar tiene un campo de visión que es de 20 km de diámetro.

De acuerdo con la invención, se construye un conjunto binocular de telescopios ópticos catadióptricos. Ventajosamente, cada uno de los telescopios es la realización ejemplar analizada anteriormente de un telescopio de acuerdo con la invención. Como se pondrá de manifiesto más adelante, esto permite que el conjunto se personalice fácil y económicamente para aplicaciones particulares.

Un conjunto de acuerdo con la realización ejemplar está formado por dos telescopios como se ha descrito anteriormente. Los telescopios 100 y 110 están montados en una carcasa 120 (Figura 4) hecha de una cerámica que tiene el mismo coeficiente térmico que el cristal en las lentes correctoras 10' y los espejos primarios 12'. La carcasa 120 tiene un extremo de entrada 120A donde están situadas las lentes correctoras 10' y un extremo de salida 120B donde están situados los sensores CMOS 22.

Si una aplicación particular requiere una imagen visual de alta definición, la carcasa 120 se puede construir con los ejes de los telescopios 100 y 110 sin que sean paralelos, con lo que los telescopios 100 y 110 tienen el mismo campo de visión de aproximadamente 20 km a una distancia de observación prevista de 700 km (Figura 5A). A esa distancia, un conjunto de acuerdo con la realización ejemplar puede producir una imagen que tiene una resolución de aproximadamente 3 m. Alternativamente, si es más importante tener un campo de visión más amplio, la carcasa 120' se puede construir con los ejes de los telescopios 100 y 110 paralelos, con lo que el conjunto tiene un campo de visión que es de aproximadamente 40 km de ancho (Figura 5B).

Un telescopio de acuerdo con la realización ejemplar puede operar en las porciones visuales y cercanas a infrarrojos del espectro electromagnético, entre longitudes de onda de 400 nm y 1000 nm. Para personalizar un telescopio y un conjunto de telescopios de acuerdo con la invención, los revestimientos sobre las diversas lentes y los filtros 24 se eligen para que correspondan para optimizar el rendimiento del telescopio y el conjunto en la porción o porciones del espectro electromagnético que es o sean de interés. Ventajosamente, un revestimiento antirreflectante BBAR se utiliza en las superficies de las lentes que transmiten luz, y se utiliza plata protegida para las superficies que reflejan luz. Filtros 24 habituales son filtros de paso de banda de precisión que trabajan en diferentes bandas de longitud de onda, tales como 400 nm - 700 nm y 700 nm - 1000 nm. Además, un conjunto de acuerdo con la invención se puede personalizar de tal manera que uno de los telescopios está optimizado para operar en la porción visual del espectro electromagnético, mientras que el otro está optimizado para operar cercano a infrarrojos para recoger datos espectroscópicos o de polarimetría. Alternativamente, el conjunto se puede personalizar de tal manera que uno de los telescopios está optimizado para recoger datos espectroscópicos, mientras que el otro se optimiza para recoger datos polarimétricos. En tales casos, los dos telescopios suelen compartir el mismo campo de visión, por lo que los datos de imagen adquiridos se correlacionan con datos de infrarrojos adquiridos, y de manera que los datos adquiridos a partir de una porción del espectro electromagnético se correlacionan con los datos adquiridos a partir de otra porción.

## REIVINDICACIONES

1. Un telescopio óptico catadióptrico que tiene una estructura óptica Maksutov-Cassegrain modificada, que comprende:
  - una carcasa axialmente alargada que tiene un interior generalmente cilíndrico y extremos de entrada y de salida; una lente correctora de menisco esférico (10') montada en el extremo de entrada de la carcasa, comprendiendo la lente correctora:
    - una primera superficie esférica y una segunda superficie esférica, y un revestimiento reflectante situado en el centro, dispuesto en la segunda superficie; y
    - un espejo primario (12') montado en el extremo de salida de la carcasa, siendo el espejo primario un espejo Mangin y que comprende una abertura central, primera y segunda superficies, y un revestimiento reflectante situado en la segunda superficie; y
    - una lente aplanadora de campo (20') situada dentro de la abertura central del espejo primario y que está alineada axialmente con la lente correctora y el espejo primario; estando la lente correctora y el espejo primario alineados axialmente y teniendo sus primeras superficies una frente a la otra en el interior de la carcasa,
  - en el que la lente correctora está configurada para dispersar rayos entrantes radialmente hacia el exterior hacia el espejo primario,
  - en el que el espejo primario (12') es una lente de menisco negativo con una abertura circular (16') en su centro, estando el espejo primario configurado para que los rayos se reflejen solamente desde su segunda superficie, en el que el espejo primario está configurado para que, después de la reflexión desde la segunda superficie del espejo primario (12'), los rayos se hagan incidir sobre el revestimiento reflector (14') que está situado en la segunda superficie de la lente correctora de menisco esférico (10').
2. El telescopio de la reivindicación 1, que comprende además un sensor CMOS que está en alineación axial con la lente aplanadora de campo y está situado detrás de la misma.
3. El telescopio de la reivindicación 1, que comprende además un filtro que está en alineación axial con la lente aplanadora de campo y está situado detrás de la misma.
4. El telescopio de la reivindicación 1, en el que la carcasa, la lente correctora, el espejo primario y los revestimientos reflectantes están adaptados para optimizar el telescopio para su uso con radiación que tiene longitudes de onda de aproximadamente 400 nm a 1000 nm.
5. El telescopio de la reivindicación 1, en el que la carcasa es de cerámica, las lentes son de vidrio, y en el que el coeficiente térmico de la cerámica es el mismo que el coeficiente térmico del vidrio.
6. El telescopio de la reivindicación 1, que comprende además:
  - un deflector cónico situado adyacente a la primera superficie de la lente correctora;
  - un deflector cilíndrico situado adyacente a la primera superficie del espejo primario; y
  - un deflector cilíndrico situado adyacente a la segunda superficie de la lente correctora.
7. Un conjunto de telescopios binoculares para su uso en una nave espacial, que comprende: dos telescopios ópticos catadióptricos de acuerdo con la reivindicación 1.
8. El conjunto de telescopios de la reivindicación 7, en el que ambos telescopios están orientados para tener el mismo campo de visión a una distancia de observación deseada.
9. El conjunto de telescopios de la reivindicación 7, en el que ambos telescopios están orientados para tener diferentes campos de visión a una distancia de observación deseada.
10. El conjunto de telescopios de la reivindicación 8, en el que uno de los telescopios está configurado para emitir datos de imagen y el otro de los telescopios está configurado para emitir datos de espectroscopia.
11. El conjunto de telescopios de la reivindicación 8, en el que uno de los telescopios está configurado para emitir datos de imagen y el otro de los telescopios está configurado para emitir datos de polarimetría.
12. El conjunto de telescopios de la reivindicación 8, en el que los telescopios están configurados para observar diferentes porciones del espectro electromagnético.

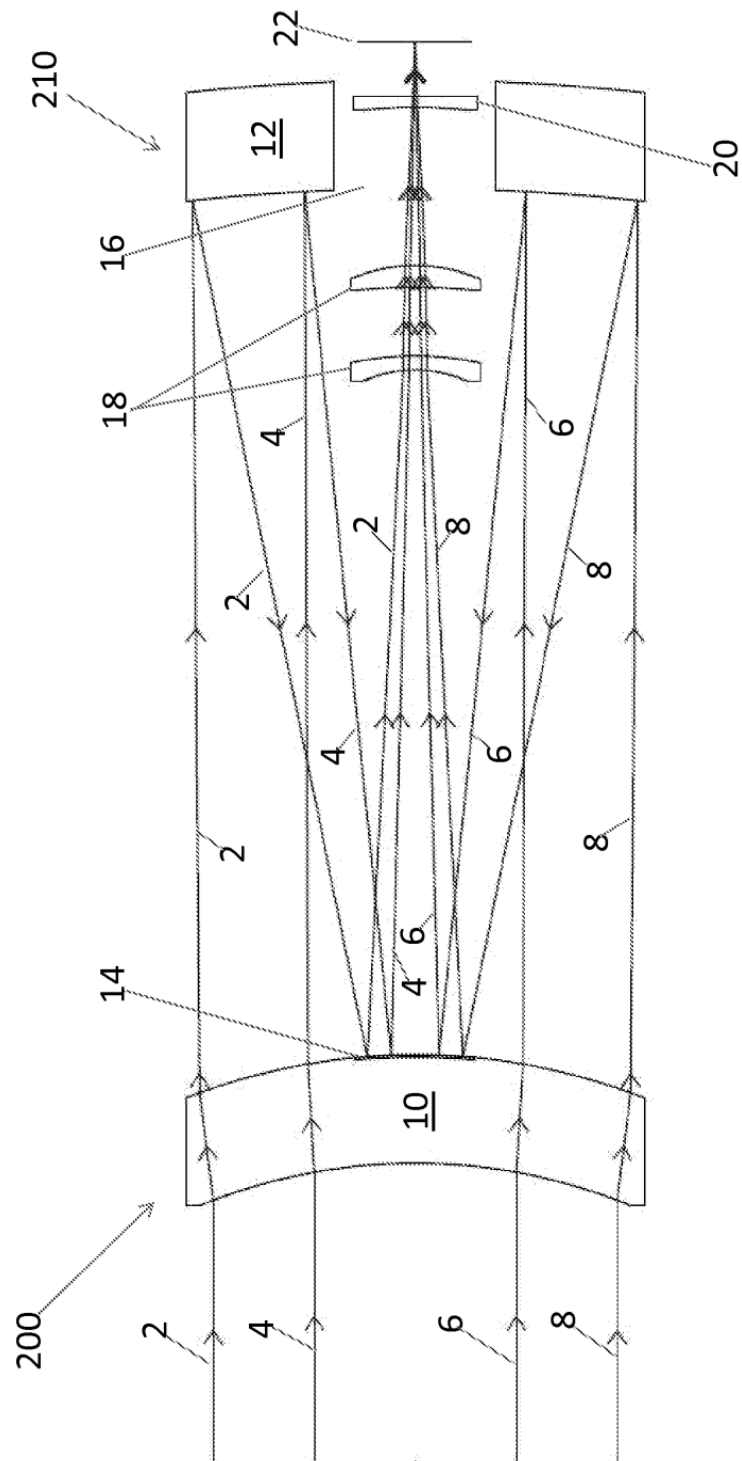


FIG. 1

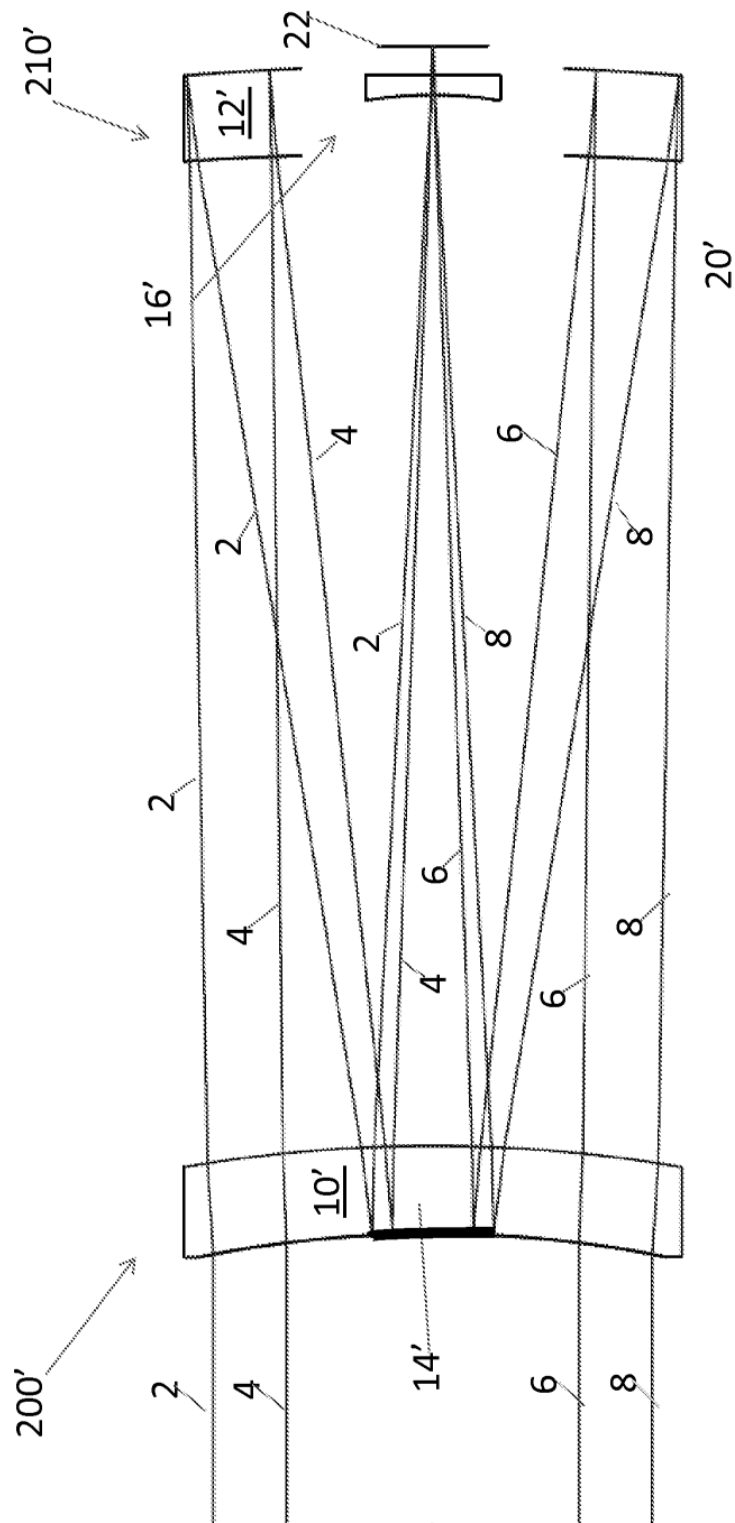
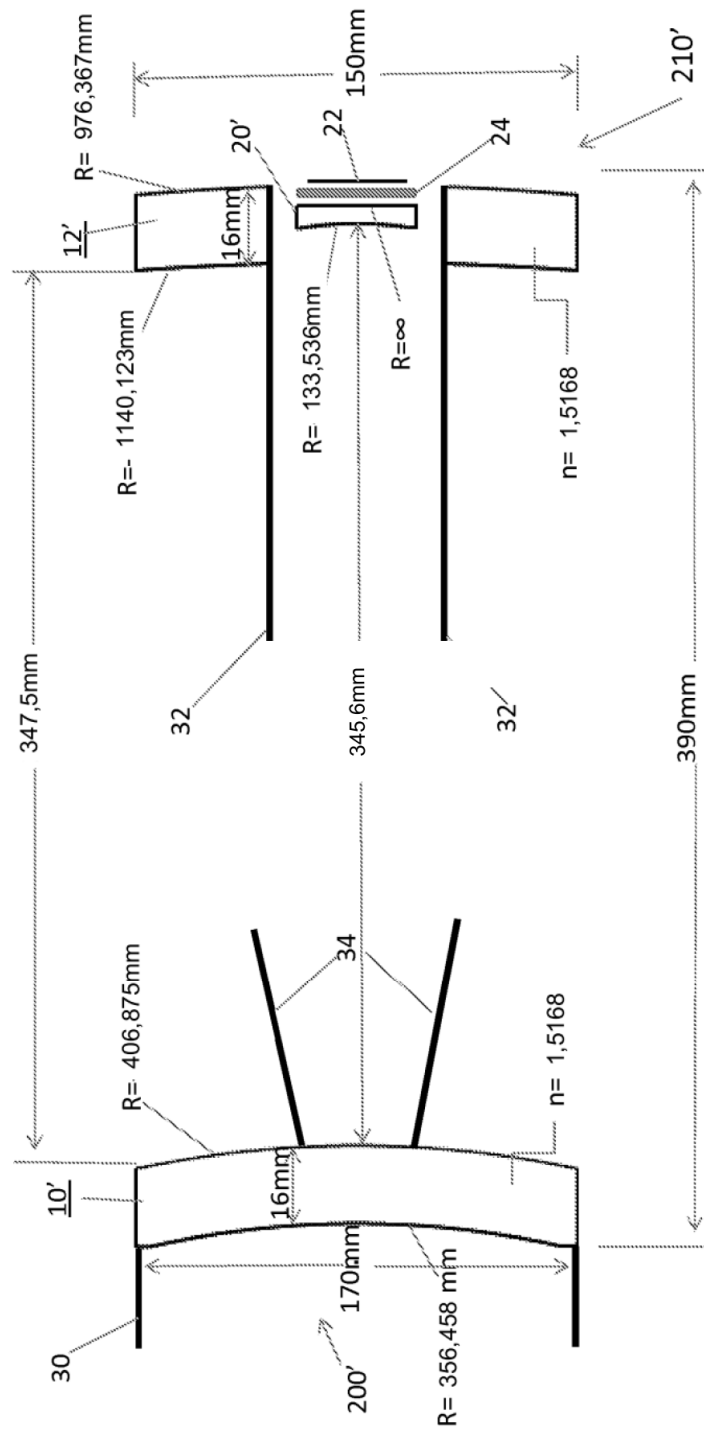


FIG. 2



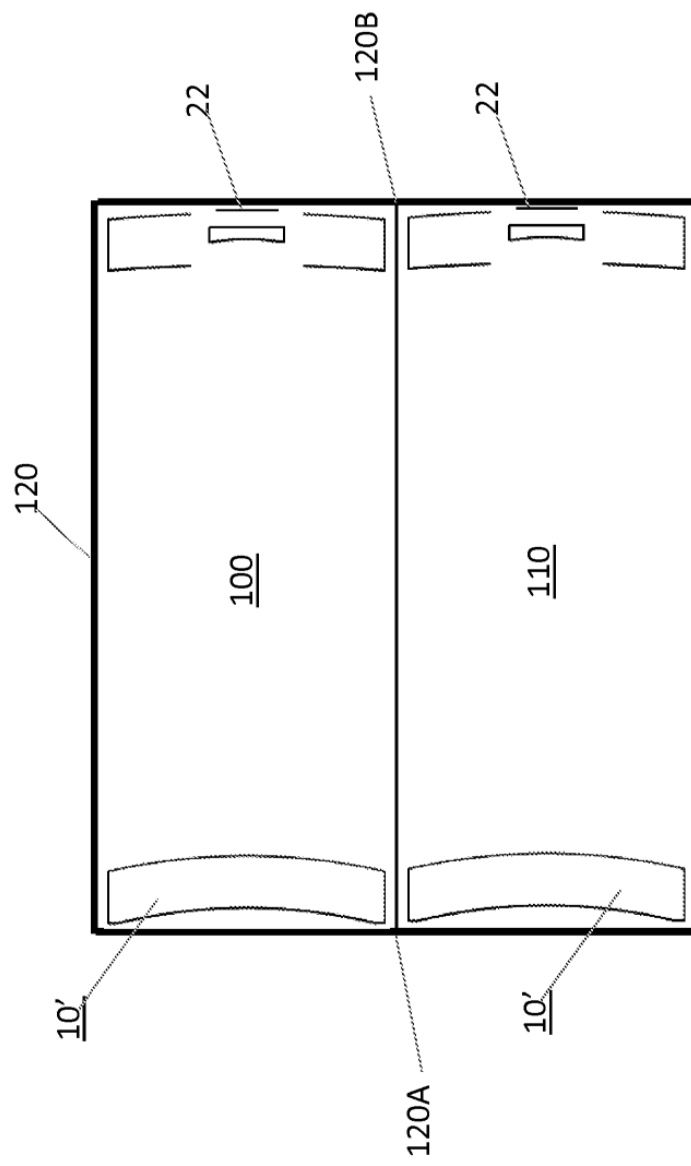


FIG. 4

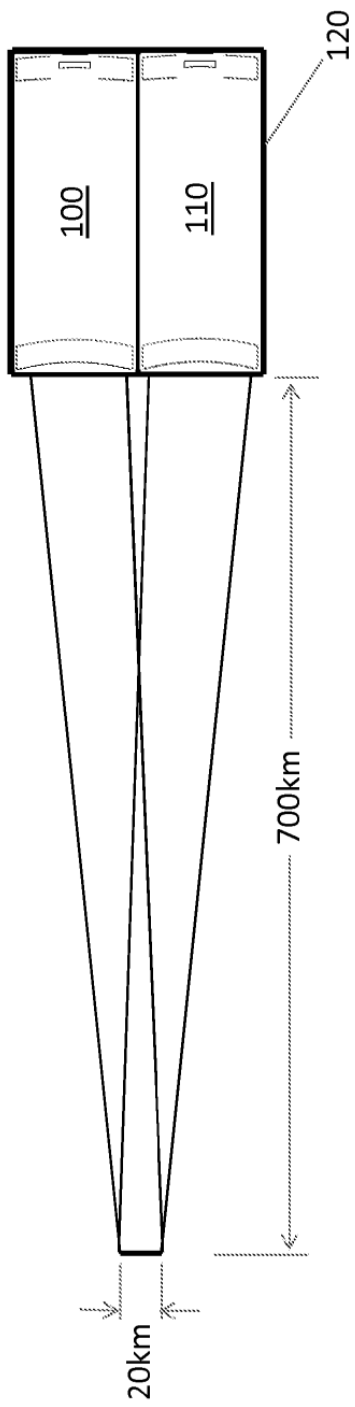


FIG. 5A

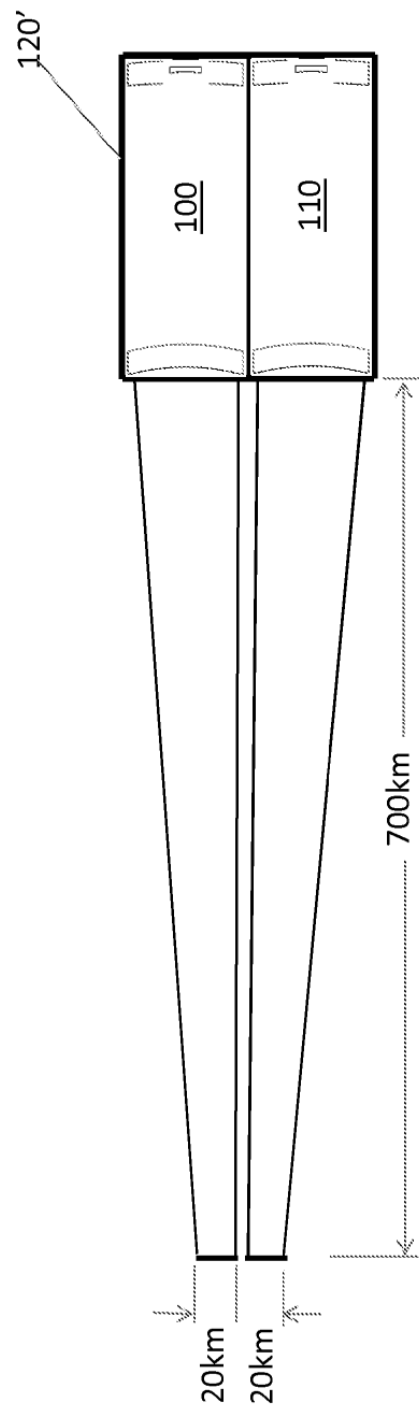


FIG. 5B