

**TELESCOPIO Y CONJUNTO DE TELESCOPIOS PARA SU USO EN NAVES
ESPACIALES**

DESCRIPCIÓN

5

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a los telescopios y, más particularmente, se refiere a telescopios ópticos que son
10 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 vehículos espaciales (tal como satélites) y otras
15 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
20 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.
25 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
30 grandes extensiones de bosques protegidos).

Un telescopio óptico destinado a ser utilizado en una nave

espacial, tal como un nanosatélite, debe cumplir con restricciones exigentes. Debe ser pequeño, ligero, bien equilibrado, y mecánicamente robusto. También debe ser fácilmente personalizable; 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.

10 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, tal como nanosatélites, cuyo telescopio y conjunto sean pequeños, ligeros y bien equilibrados, mecánicamente robustos, y fácilmente adaptables.

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 la 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 personalización de un telescopio Maksutov-Cassegrain convencional para cumplir con los requisitos de las diferentes aplicaciones de nanosatélites sería bastante difícil.

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 de punto secundario (en lugar de la reflexión de la primera superficie, que es convencional) las aberraciones ópticas del diseño original pueden colocarse dentro de límites aceptables, conservando al mismo tiempo sus características
5 ventajosas en el tamaño, el peso, el equilibrado y su carácter robusto.

La segunda realización es que mediante el uso de un conjunto binocular formado por dos telescopios que tienen un diseño de
10 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
15 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 colocarse de manera precisa, de modo que los campos de visión
20 a la distancia deseada no se solapan. La adquisición de datos espectroscópicos y de polarimetría se puede lograr mediante el uso de revestimientos adecuados en los lentes y filtros adecuados, y es posible adquirir datos de imagen y datos espectroscópicos o de polarimetría mediante la configuración
25 de un telescopio para adquirir una imagen, mientras se configuran los otros para adquirir los datos de no imagen deseados.

Breve descripción de los dibujos:

30

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 convencional Maksutov-Cassegrain;

5

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

10 La figura 3 es un diagrama esquemático de un telescopio de acuerdo con un modo de realización ejemplar de la invención;

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

15

La figura 5A es una ilustración esquemática de la operación de un primer modo de realización ejemplar de un conjunto de telescopios binoculares de acuerdo con la invención; y

20 La figura 5B es una ilustración esquemática de la operación de un primer modo de realización ejemplar de un conjunto de telescopios binoculares de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de varios modos de realización

25

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 para mayor claridad.

30

La figura 1 muestra una representación esquemática de cómo un

telescopio óptico catadióptrico convencional Maksutov-Cassegrain funciona 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 esférica 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 de matriz 10, en la que se hacen incidir sobre un espejo secundario de "punto" 14. Después de la reflexión desde el espejo secundaria 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.

15

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 de matriz 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. Unas lentes correctoras 18 se utilizan para corregir estas aberraciones, y los rayos 2, 4, 6, y 8 a continuación pasan a través de una lente aplanadora de campo 20 para convertirse en incidente sobre un sensor 22 (tal como un sensor CMOS) en el extremo de salida 210 del telescopio.

30

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 esférica 10' en el extremo de entrada 200' del telescopio y son incidentes sobre el espejo primario 12'. El espejo primario 12' es del tipo Mangin; se trata de una lente de menisco negativo con una abertura 16' circular 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. El espejo primario 12' de este modo actúa no solo como un espejo, sino también como una lente triplete (debido a que los rayos de luz son desviados dos veces, una vez cuando entran en el espejo primario 12' y una vez cuando salen del mismo).

15

Después de la reflexión desde la segunda superficie del espejo primario 12', los rayos 2, 4, 6, y 8 se inciden 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 esférica.

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.

30

La figura 3 es un diagrama que ilustra esquemáticamente las dimensiones de un modo de realización ejemplar de un telescopio

de acuerdo con la invención. En este ejemplo de modo de realización:

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 de matriz 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 para ser capturado por el detector 22.

20

El vidrio utilizado en el ejemplo de modo de realización mostrado en la figura 3 es N-BK7, que tiene un índice de refracción $n = 1,5168$. La longitud focal de este ejemplo de modo de realización 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) el ejemplo de modo de realización 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 el ejemplo de modo de realización

descrito 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.

5

Un conjunto de acuerdo con el ejemplo de modo de realización está formado por dos telescopios como se describe anteriormente. Los telescopios 100 y 110 están montados en una carcasa 120 (figura 4) hecha de una cerámica que tiene el mismo
10 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.

15

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 siendo no paralelos, con lo que los telescopios 100 y 110 tienen el mismo campo de visión
20 de aproximadamente 20 km a una distancia de observación prevista de 700 km (figura 5A). A esa distancia, un conjunto de acuerdo con el ejemplo de modo de realización puede producir una imagen que tiene una resolución de aproximadamente 3 m. Alternativamente, si es más importante tener un campo de visión
25 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).

30 Un telescopio de acuerdo con el ejemplo de modo de realización 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(s) porción(es) del espectro electromagnético que es o son de interés. Ventajosamente, un revestimiento antirreflectante BBAR se utiliza en las superficies de las lentes que transmiten luz, y plata protegida se utiliza para las superficies que reflejan luz. Filtros 24 típicos 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 una manera tal que uno de los telescopios está optimizado para operar en la parte visual del espectro electromagnético, mientras que el otro está optimizado para funcionar cercano a infrarrojos para recoger datos espectroscópicos o de polarimetría. Alternativamente, el conjunto se puede personalizar de una manera tal 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 modo 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:

5

a. una carcasa axialmente alargada que tiene un interior generalmente cilíndrico y unos extremos de entrada y de salida;

10 b. una lente correctora montada en el extremo de entrada de la carcasa, comprendiendo la lente correctora:

i. una primera y segunda superficies, y

ii. un revestimiento reflectante situado de manera centrada en la segunda superficie;

15 c. un espejo primario montado en el extremo de salida de la carcasa, siendo el espejo primario un espejo Mangin y que comprende

i. una abertura central,

ii. una primera y segunda superficies, y

20 iii. un revestimiento reflectante en la segunda superficie; y

d. la lente correctora y el espejo primario están alineados axialmente y tienen sus primeras superficies una frente a la otra en el interior de la carcasa.

25 2. El telescopio de la reivindicación 1, que comprende además una lente aplanadora de campo situada dentro de la abertura central del espejo primario y que está alineada axialmente con la lente correctora y el espejo primario.

30 3. El telescopio de la reivindicación 2, que comprende además un sensor CMOS que está en alineación axial con la lente aplanadora de campo y está situado hacia atrás de la misma.

4. El telescopio de la reivindicación 2, que comprende además un filtro que está en alineación axial con la lente aplanadora de campo y está situado hacia atrás de la misma.

5

5. El telescopio de la reivindicación 1, en el que la carcasa, la lente correctora, el espejo primario, y los revestimientos reflectantes se eligen para optimizar el telescopio para su uso con radiación que tienen longitudes de onda de
10 aproximadamente 400 nm a 1000 nm.

6. El telescopio de la reivindicación 1, en el que la carcasa es de un material cerámico, las lentes son de vidrio, y en el que el coeficiente térmico de la cerámica es el mismo que el
15 coeficiente térmico del vidrio.

7. El telescopio de la reivindicación 1, que comprende además:
a. un deflector cónico situado adyacente a la primera superficie de la lente correctora;
20 b. un deflector cilíndrico situado adyacente a la primera superficie del espejo primario; y
c. un deflector cilíndrico situado adyacente a la segunda superficie de la lente correctora.

25 8. Un conjunto de telescopios binoculares para su uso en una nave espacial, que comprende:

a. dos telescopios ópticos catadióptricos, teniendo cada uno una estructura óptica Maksutov-Cassegrain modificada
30 y comprendiendo cada uno:

i. una carcasa axialmente alargada que tiene un interior generalmente cilíndrico y unos extremos de

entrada y de salida;

ii. una lente correctora montada en el extremo de entrada de la carcasa, comprendiendo la lente correctora:

- 5 1. una primera y segunda superficies, y
 2. un revestimiento reflectante situado de manera centrada en la segunda superficie;

 iii. un espejo primario montado en el extremo de salida de la carcasa, siendo el espejo primario un espejo
10 Mangin y que comprende

1. una abertura central,
 2. una primera y segunda superficies, y
 3. un revestimiento reflectante en la segunda superficie; y

15 iv. la lente correctora y el espejo primario de cada telescopio están alineados axialmente en el telescopio y tienen sus primeras superficies una frente a la otra en el interior de la carcasa.

20 9. El conjunto de telescopios de la reivindicación 8, en el que ambos telescopios están orientados para tener el mismo campo de visión a una distancia de observación deseada.

10. El conjunto de telescopios de la reivindicación 8, en el
25 que ambos telescopios están orientados para tener diferentes campos de visión a una distancia de observación deseada.

11. El conjunto de telescopios de la reivindicación 9, en el que uno de los telescopios está configurado para emitir datos
30 de imagen y otro de los telescopios está configurado emitir datos de espectroscopia.

12. El conjunto de telescopios de la reivindicación 9, en el que uno de los telescopios está configurado para emitir datos de imagen y otro de los telescopios está configurado emitir datos de polarimetría.

5

13. El conjunto de telescopios de la reivindicación 9, en el que los telescopios están configurados para observar diferentes porciones del espectro electromagnético.

10

15

20

25

30

RESUMEN

Un telescopio catadióptrico es una versión modificada de un telescopio óptico convencional Maksutov-Cassegrain. De acuerdo
5 con la invención, las superficies reflectantes del espejo primario y el espejo secundario de punto están en las segundas superficies del espejo primario y la lente de corrección, respectivamente. De acuerdo adicionalmente con la invención, dos de estos telescopios se pueden unir entre sí para formar
10 un conjunto de telescopios binoculares. El conjunto se puede personalizar fácilmente para adaptarse a diferentes aplicaciones de detección remota/satélite.

15

20

25

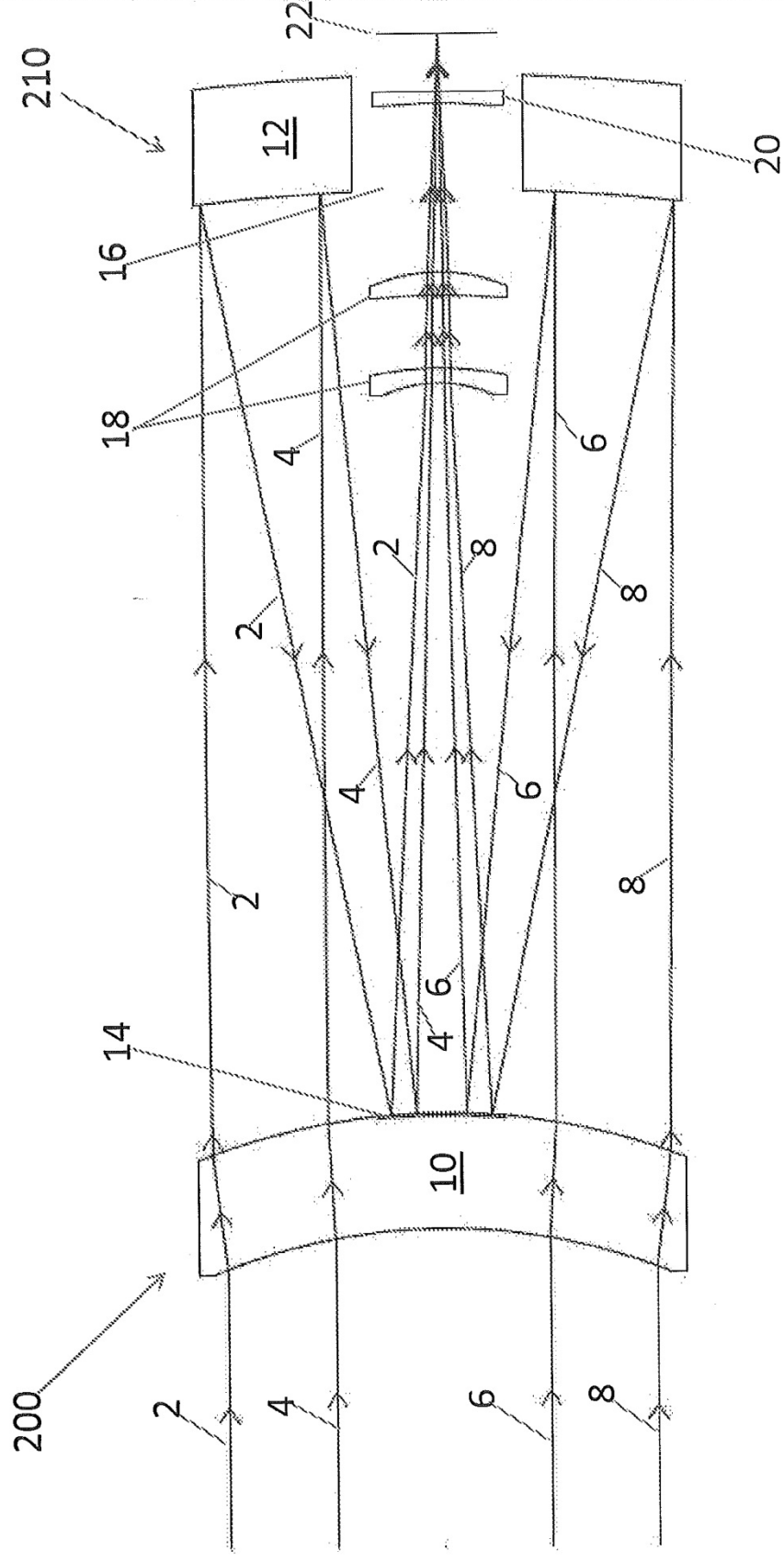


FIG. 1

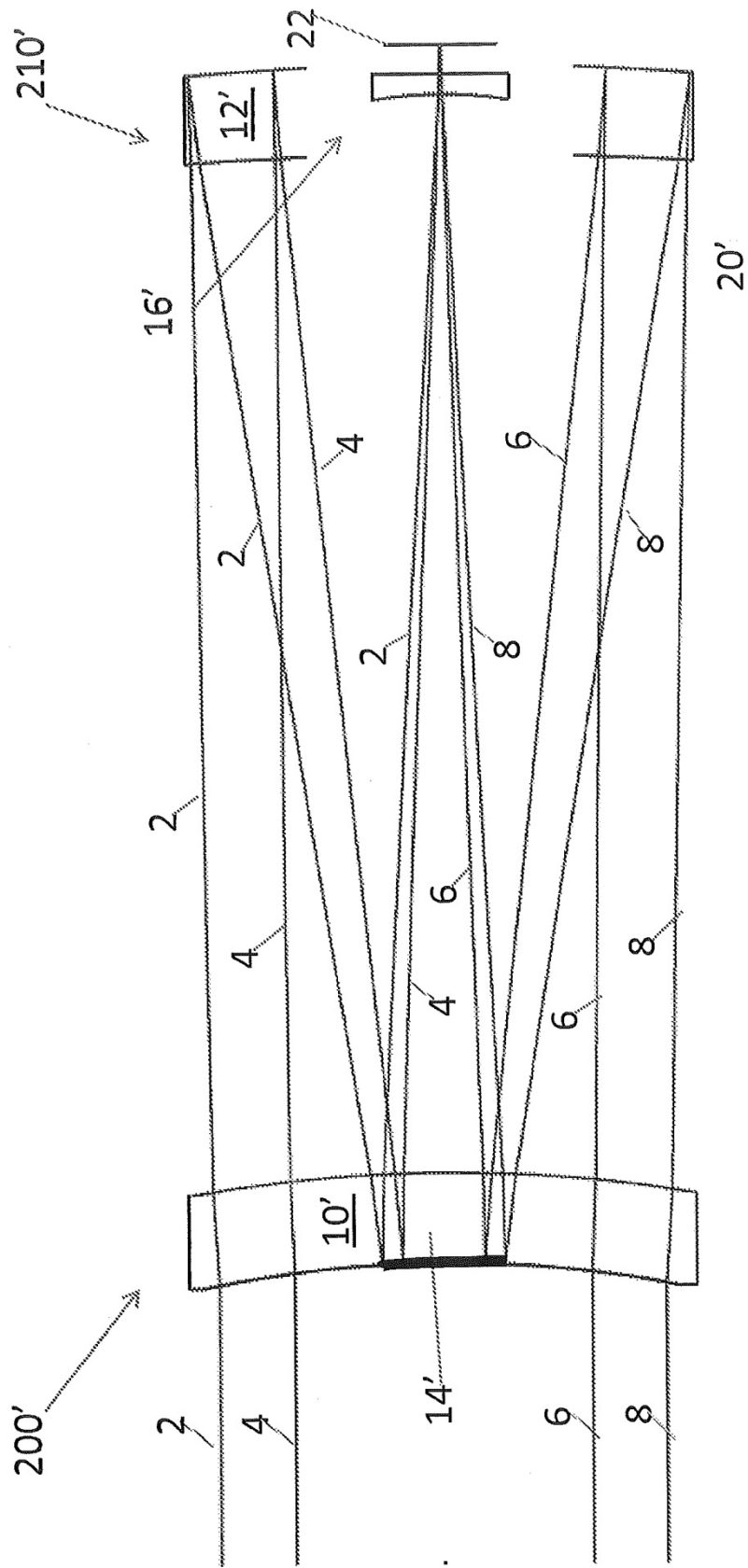


FIG. 2

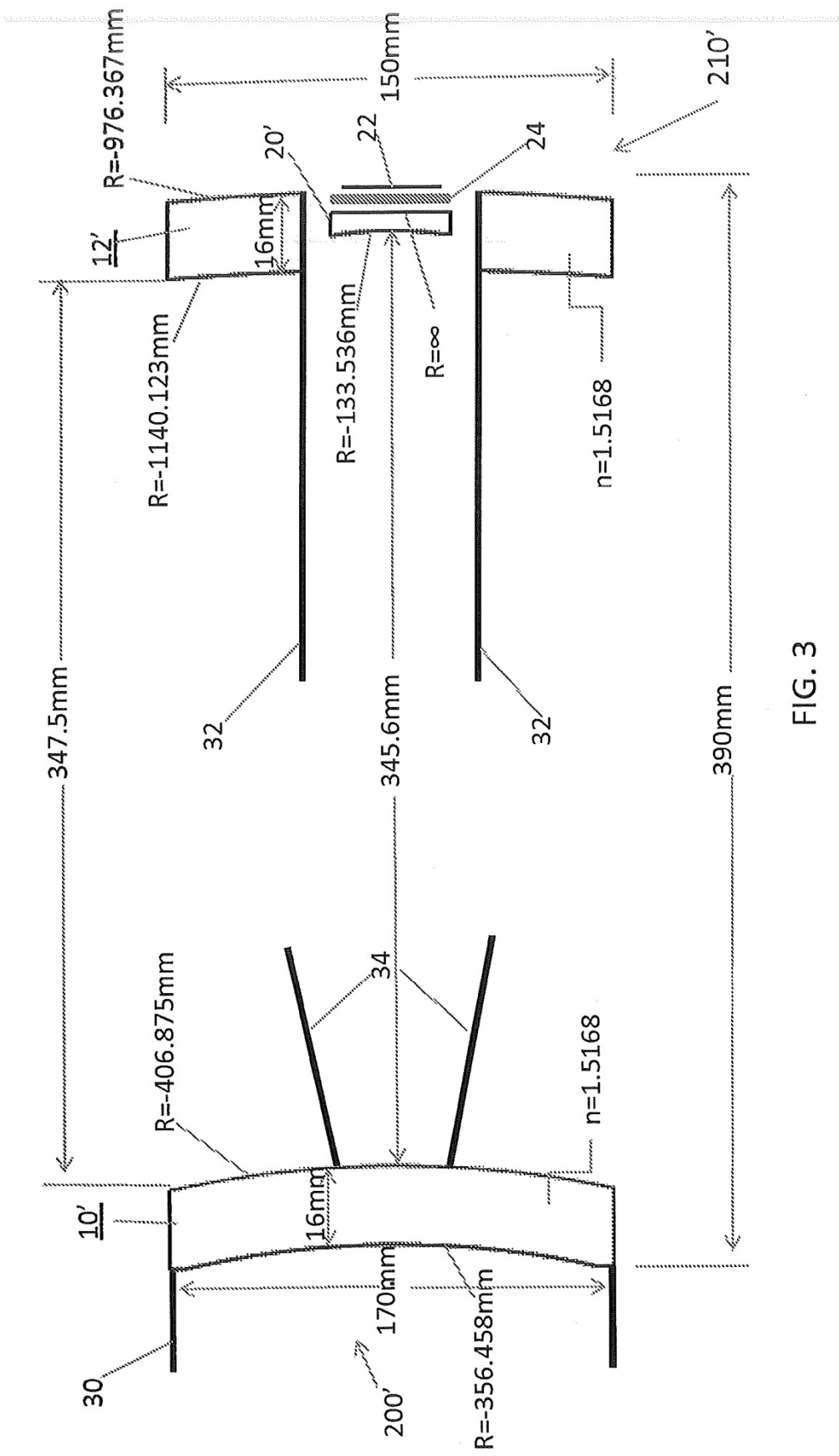


FIG. 3

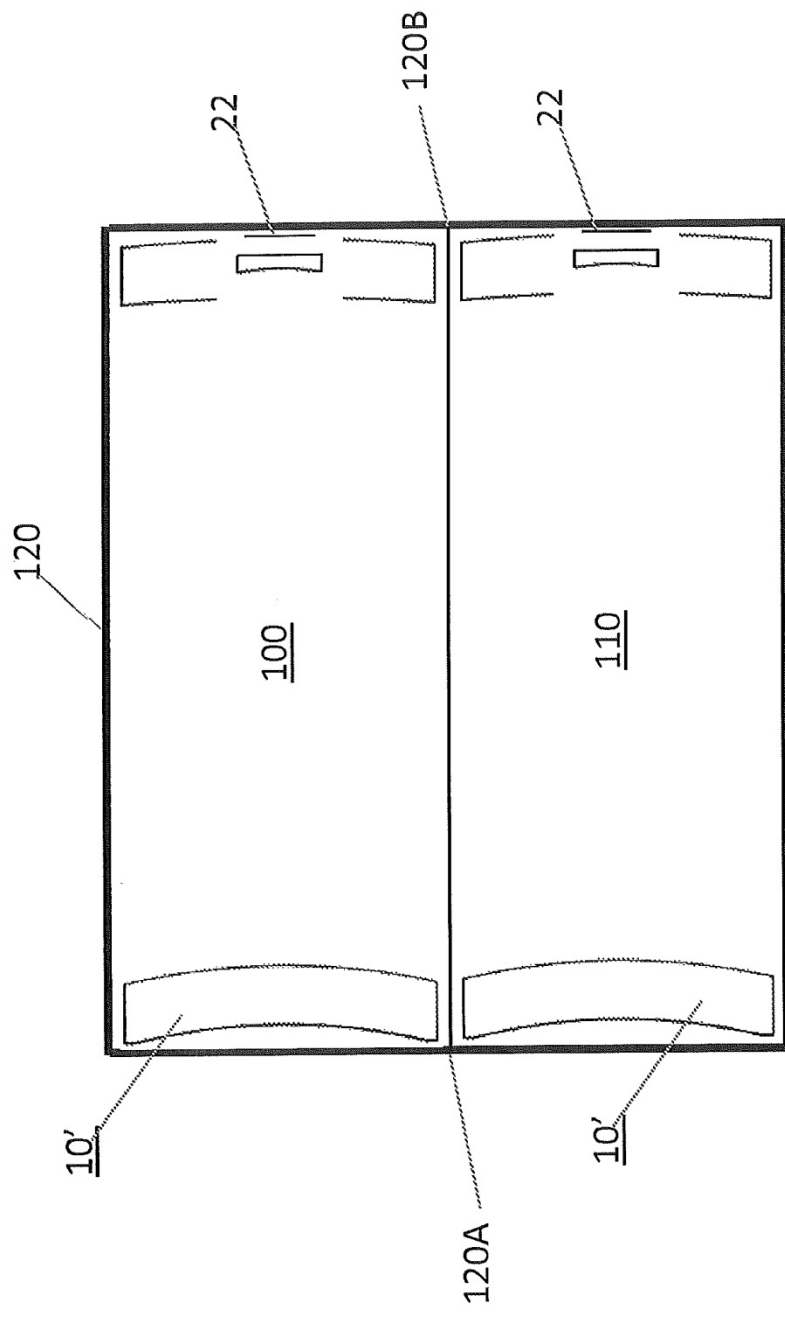


FIG. 4

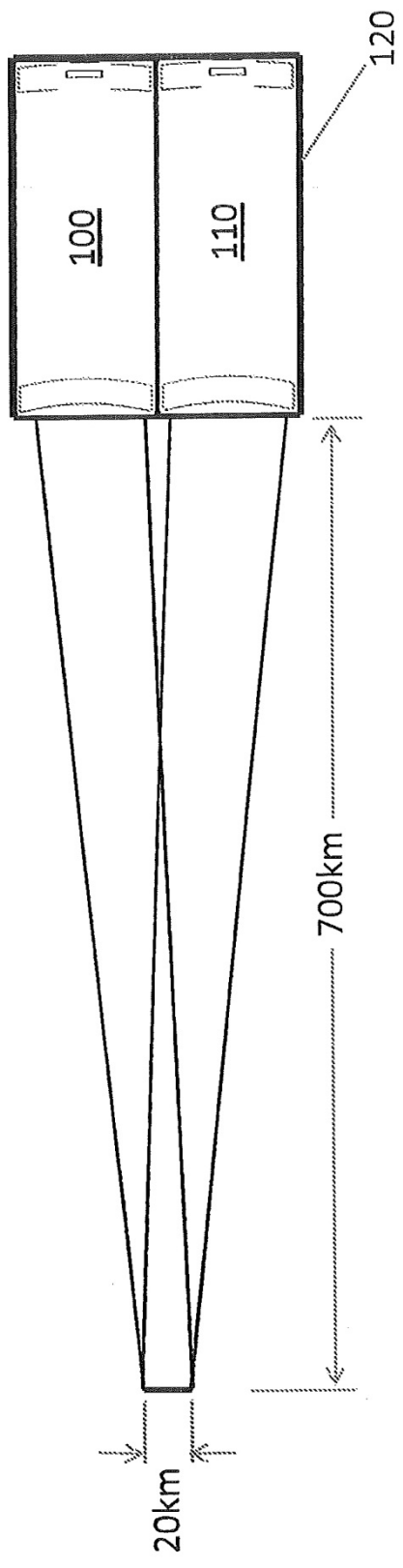


FIG. 5A

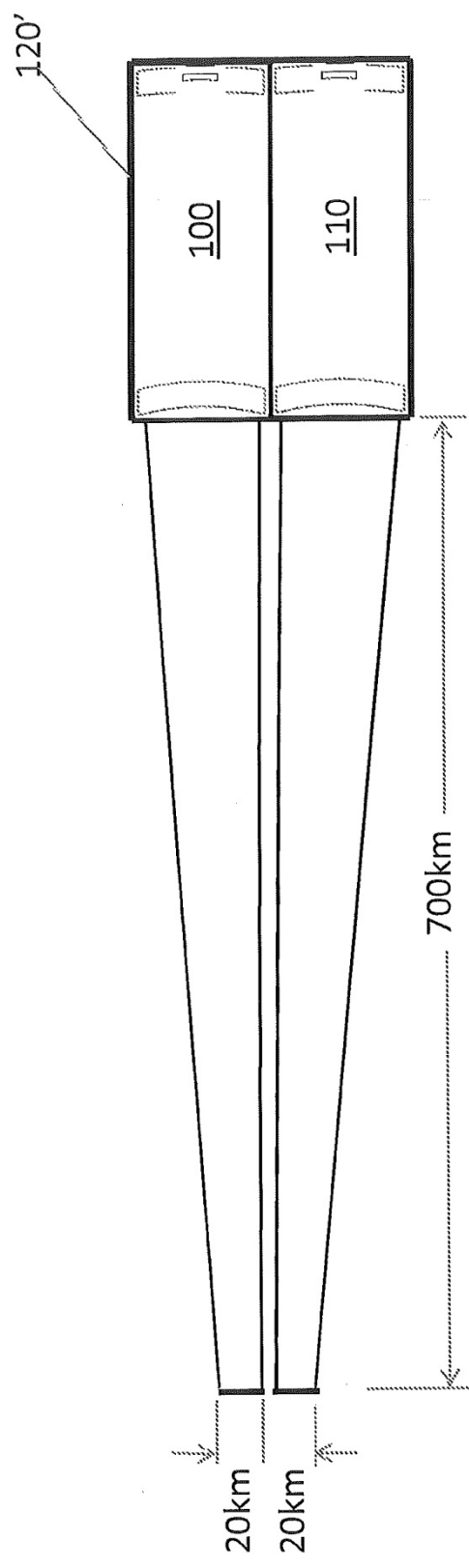


FIG. 5B