(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 552 763**

(51) Int. CI.:

G02B 17/06 (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2010 E 10710288 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2488910**

(54) Título: **Sistema multiespectral de barrido compacto**

(30) Prioridad:

15.10.2009 ES 200901996

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2015

(73) Titular/es:

ALFA IMAGING S.A. (100.0%)
C/ General Pardiñas 91
28006 Madrid, ES

(72) Inventor/es:

CALLEJERO ANDRÉS, CARLOS

(74) Agente/Representante:

SAHUQUILLO HUERTA, Jesús

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

Sistema multiespectral de barrido compacto

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere al campo de la ingeniería óptica y, en particular, al campo de los sistemas de barrido para formar imágenes. El sistema de barrido objeto de esta invención puede operar con una velocidad de refresco suficiente para considerarlas de tiempo real y en un amplio rango de longitudes de onda en las que se incluyen las ondas milimétricas, terahercianas, infrarrojas, microondas y de rayos X.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Un requisito deseable en cualquier sistema de barrido para formación de imágenes es barrer la escena con un patrón lineal y con la mayor rapidez posible. Una manera sencilla de conseguirlo es por medio de espejos planos en movimiento. Hay diversas soluciones basadas en espejos, entre las que se encuentran el espejo oscilante (de una sola cara) movido por medio de distintos dispositivos como, por ejemplo, de tipo galvanométrico, o un polígono rotatorio con múltiples caras espejadas. Estas técnicas se emplean en sistemas que trabajan con radiación de longitudes de onda pequeñas tal como el infrarrojo o el visible.

En el infrarrojo las aperturas ópticas son típicamente del orden de 100 mm y con la ayuda de lentes se reducen a aperturas efectivas para el sistema de barrido, típicamente un orden de magnitud menor. En los sistemas de ondas milimétricas, las aperturas son del orden de 500 mm de diámetro, tamaño que no hace posible ni el uso de espejos planos oscilantes ni de polígonos rotatorios.

Es conocido lograr un patrón de barrido lineal utilizando dos discos reflectores que giren en sentidos opuestos a la misma velocidad, estando inclinados con respecto a sus ejes de rotación un ángulo idéntico para ambos. Un disco reflector, giratorio e inclinado produce por sí solo un patrón de barrido cónico cuando gira 360º. Sin embargo, cuando la radiación alcanza el segundo disco, el patrón cónico se puede convertir en elíptico si los ejes y la fase de rotación entre ambos están correctamente ajustados. Si el eje menor de la elipse descrita por el patrón de barrido es menor que la resolución del sistema, entonces el patrón de barrido puede considerarse como lineal, dado que la resolución del sistema es la separación mínima entre puntos del plano objeto, que puede distinguirse en la imagen proporcionada por el sistema.

Esto ocurre, por ejemplo, en la patente “Aparato de escáner” de Alan H. Lettington (US7154650B2). Dicha patente describe cómo dos discos reflectores montados en estructuras con ejes de giro independiente y no alineado, giran a la misma velocidad en sentido contrario. La radiación llega a uno de los espejos, que la refleja al segundo espejo, que a su vez la devuelve al primer espejo. Este primer espejo la dirige entonces hacia una zona donde se ubica el detector. Con el fin de lograr barrer la escena, ambos espejos están inclinados respecto a sus ejes de rotación. Para conseguir un barrido lineal se ha de satisfacer que $\alpha = 2\theta\cos\varphi$, donde el primer espejo está inclinado un ángulo α, el segundo espejo está inclinado un ángulo θ y φ es el ángulo entre los ejes de rotación de los espejos.

El ejemplo en la patente US 7,154,650 B2 tiene la ventaja de que no necesita utilizar ningún elemento selectivo en frecuencia (polarizador lineal, lámina de cuarto de onda, rotador de Faraday, etc.). Sin embargo, el sistema es intrínsecamente grande.

En la solicitud de patente WO 03/009048 A1 se logra un sistema más compacto. El sistema consta de dos cuerpos que giran alrededor del mismo eje en sentido contrario a la misma velocidad. El primer cuerpo contiene un polarizador y dos láminas de cuarto de onda, mientras que el segundo cuerpo es un espejo. La radiación llega al primer cuerpo con la polarización adecuada para ser transmitida y reflejada por el segundo cuerpo, de tal forma que cuando vuelve al primer cuerpo su polarización es ortogonal a la polarización de transmisión del polarizado lineal, lo que significa que se refleja de vuelta hacia el espejo (segundo cuerpo). Después de este segundo reflejo en el espejo, la radiación tiene la polarización adecuada para ser transmitida por el primer cuerpo y dirigirse finalmente hacia el detector. La inclinación del primer cuerpo es el doble que la del segundo, para compensar las veces que la radiación refleja en cada superficie y conseguir un barrido lineal. El dispositivo descrito en la patente WO 03/009048 A1 permite lograr un sistema más compacto que el de la patente US 7,154,650 B2 pero presenta dos desventajas. La primera es que no puede utilizarse para una variedad de detectores (ondas visibles, infrarrojas, milimétrica, terahercianas, etc.) sólo una banda de frecuencia. La segunda es que la relación señal-ruido empeora, debido principalmente a las pérdidas intrínsecas por transmisión en las láminas de cuarto de onda.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención propone utilizar dos espejos reflectores, uno primario con una superficie cóncava con respecto a la radiación incidente y uno secundario y hacerlos girar en sentidos opuestos a la misma velocidad. El espejo secundario es menor que el espejo primario. Ambos espejos están inclinados con respecto a sus ejes de giro para poder barrer la escena y sus ejes de rotación están alineados. De este modo, se proporciona un sistema de barrido más compacto que los citados anteriormente, mientras que al mismo tiempo puede operarse una amplia zona del espectro electromagnético. Así, el sistema de barrido será compatible con detectores de ondas milimétricas, terahercianas, infrarrojas, microondas y de rayos X. El espejo primario refleja la radiación de la escena y la hace converger, y el espejo secundario recibe dicha radiación concentrada y la hace focalizar en un detector puntual, lineal o matricial.

Este sistema de barrido puede utilizarse también para irradiar simultáneamente el plano objeto y detectar la radiación reflejada del plano objeto. El sistema es compatible con emisores de una amplia zona del espectro electromagnético (por ejemplo, ondas milimétricas, ondas terahercianas, radiación infrarroja, rayos X y microondas). En este caso, la salida de una fuente artificial se coloca en el plano focal, desde donde irradia el espejo secundario que refleja la radiación hacia el espejo primario, donde la radiación se refleja hacia el plano objeto y se distribuye siguiendo un patrón de barrido dado por la inclinación de ambos espejos. Cuando esta radiación llega al plano objeto entonces se refleja. El sistema de barrido también está dotado de un detector en el plano focal (cerca del emisor o incluso compartiendo la misma antena) de modo que el sistema estará simultáneamente irradiando el plano objeto y detectando la radiación (reflejada y/o emitida por el propio objeto) del plano objeto, siguiendo el mismo patrón de barrido.

Los ejes de rotación de ambos espejos están alineados. Los dos espejos están inclinados con respecto a sus ejes de rotación y rotan en sentido contrario con la misma velocidad angular. La inclinación de cada espejo es un parámetro diseñado. Esta inclinación con respecto al eje de rotación de cada espejo, junto con la rotación produce un barrido cónico desde cada espejo. Dado que los dos espejos se enfrentan entre sí, los ejes de rotación de los espejos están alineados y los espejos giran a igual velocidad en sentido contrario, el resultado de la combinación de estos barridos cónicos es un barrido lineal o elíptico.

La superficie del espejo primario es siempre cóncava (esférica, parabólica, hiperbólica, elipsoidal, asférica) con objeto de hacer converger la radiación en el espejo secundario. La superficie del espejo secundario puede ser plana, cóncava o convexa (esférica, parabólica, hiperbólica, elipsoidal, asférica).

Existen dos posibilidades para la colocación del detector, entre los dos espejos o detrás del espejo primario. La primera configuración facilita el uso de una pluralidad de detectores cubriendo así un amplio campo de visión. Por otro lado, colocar el detector detrás del espejo primario (que está dentro de una abertura) elimina cualquier restricción de tamaño a la hora de integrar un sistema radiante como, por ejemplo, un transceptor de radar o un sistema LADAR o LIDAR. De esta forma, el sistema puede emitir radiación que distribuirá en la escena con un patrón de barrido lineal o elíptico y, al mismo tiempo, recogerá la radiación tal y como se ha descrito anteriormente.

Para hacer rotar los espejos, pueden posicionarse o bien uno o bien dos motores. El sistema puede comprender sensores de posición para controlar la posición relativa de los espejos y ajustar desviaciones, especialmente en caso de utilizar dos motores.

Entre las múltiples realizaciones que permite esta invención se encuentran aquellas que utilicen elementos separadores de haz. Estos elementos separan los haces en dos o más haces, cada uno de los cuales converge entonces en un detector diferente (puntual, lineal o matricial). Estas realizaciones pueden funcionar con diferentes estados de polarización y/o en diferentes rangos espectrales. De esta manera, la invención puede proporcionar información multiespectral, polarimétrica y espectrométrica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción y a fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran realizaciones preferidas de la invención, que no deben interpretarse como restrictivas del alcance de la invención, sino sólo como un ejemplo de cómo puede realizarse la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

La figura 1 muestra una vista lateral de una realización de la invención en la que el detector está colocado detrás del espejo primario.

La figura 2 muestra una vista área de otra realización de la invención en la que el detector está colocado entre los dos espejos.

La figura 3 muestra una vista lateral de una realización de la invención que utiliza un dispositivo separador de haz para separar el haz en dos con polarizaciones ortogonales.

La figura 4 muestra una vista lateral de un posible montaje mecánico para las realizaciones en las figuras 1 y 2.

La figura 5 muestra una vista lateral de una realización de la invención que irradia el plano objeto y simultáneamente detecta la radiación del plano objeto, siguiendo el mismo patrón de barrido, y según la figura 1.

La figura 6 muestra una vista lateral de otro posible montaje mecánico para esta invención según la figura 1 o 2.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La figura 1 muestra una realización de la invención en la que un detector está colocado detrás del espejo primario. El espejo primario (1) es cóncavo, mientras que el secundario (2) es convexo. La radiación focaliza en el eje detrás del espejo primario en el foco (3) donde se encuentra el detector. Esta realización, sin que pueda ser considerada como una restricción de la invención, está diseñada para facilitar la integración de un detector de un solo píxel y/o un transceptor de radar o un sistema LADAR o LIDAR.

La figura 2 muestra una realización de la invención en la que un detector está colocado entre los dos espejos. En este caso el espejo primario (1) es cóncavo y el secundario (2) es plano. Esta otra posible realización está diseñada para un sistema que utiliza una línea de detectores y sus correspondientes antenas. Al colocar una línea de detectores en el plano focal, el sistema cubre un campo de visión (en el mismo sentido) proporcional a la longitud de esta línea de detectores, a pesar del hecho de que el dibujo sólo representa el trazado de los rayos que corresponde a la antena central y las dos antenas a cada extremo de la línea. Pueden usarse canales de detección simultáneos, alternativos o sucesivos.

La figura 3 muestra una realización de la invención que utiliza un dispositivo separador de haz para separar el haz en dos con polarizaciones ortogonales. Este caso es un ejemplo de la realización descrita en la figura 1, pero se podría aplicar también a la realización descrita en la figura 2. El espejo primario es (1), el espejo secundario es (2). Cuando la radiación llega al separador de haz (ej.: polarizador lineal 5), éste filtra una componente del campo eléctrico (que representa aproximadamente el 50% de la energía) y rechaza la componente ortogonal. Colocando las dos antenas (4) y (6) con polarizaciones ortogonales, se integra la mayor cantidad de energía de cada punto de la escena barrida y consecuentemente se mejora la sensibilidad térmica de la imagen. Otro ejemplo, sin limitar la invención, es utilizar uno o varios dispositivos que separen el haz filtrando la radiación de una longitud de onda específica (ej.: onda milimétrica) y reflejando radiación correspondiente a otra longitud de onda (ej.: infrarroja), para posteriormente redirigir cada uno de los diferentes haces a diferentes detectores y de esa forma lograr imágenes multiespectrales.

La figura 4 muestra un posible montaje mecánico para la óptica mostrada en las figuras 1 y 2, sin considerarse como una restricción de la invención. El espejo primario (1) tiene un eje de rotación (13) y una normal a su superficie (15). El espejo secundario (2) también tiene una normal (14) y un eje de rotación que está alineado con el eje (13) del espejo primario. En este caso ambos espejos (1 y 2) están esclavizados mecánicamente por medio de un conjunto de engranajes de transmisión (9). El acoplamiento al motor (17) puede hacerse o bien directamente o bien por medio de una primera etapa de transmisión a 90º respecto del eje del motor. En la siguiente etapa se hace rotar una transmisión de corona (10) que a su vez transmite la rotación a otros dos engranajes de corona (11 y 12) perpendiculares con respecto a (10). Cada uno de estos engranajes está fijado a un eje, en cuyo otro extremo está fijado otro engranaje de corona, que es el que transmite la rotación a cada uno de los espejos giratorios. De esta forma, sólo es necesario un motor. Una ventaja importante es que esta realización permite colocar el/los detector/es tanto entre los dos espejos como detrás del espejo primario (1), siempre y cuando en el espejo esté mecanizada una abertura central.

La figura 5 muestra una realización de la invención que incorpora la disposición de la figura 1. Esta realización está diseñada para irradiar el plano objeto y simultáneamente detectar la radiación (emitida y reflejada) del plano objeto, siguiendo el mismo patrón de barrido.

En este caso la salida de una fuente artificial (22) se coloca en el plano focal desde donde irradia al espejo secundario (2), que refleja la radiación hacia el espejo primario (1), en el que la radiación se refleja hacia el plano objeto (20) y se distribuye siguiendo un patrón de barrido dado por la inclinación de ambos espejos. Esta radiación se refleja cuando llega al objeto (21) en el plano objeto (20). El sistema de barrido está también dotado de un detector (23) en el plano focal cerca de la fuente artificial.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCIÓN

En la figura 6 se muestra una realización preferida. El espejo primario (1) tiene un eje de rotación (13) y una normal a su superficie (15). El espejo secundario (2) también tiene una normal (14) y un eje de rotación que está alineado con el eje (13) del espejo primario. Ambos espejos (1 y 2) están sincronizados electrónicamente ya que cada uno está acoplado a un motor que los hace rotar (6 y 5) y tiene un sensor de posicionamiento. De esta forma el dispositivo que gobierna el movimiento de los motores es capaz de detectar y corregir posibles desviaciones en el sincronismo. El espejo primario (1) está fijado a una estructura que contiene un cojinete (26). Esta estructura (19) está conectada al chasis (16), e incluye un orificio alineado con el cojinete y el orificio del espejo primario, para permitir el posicionamiento del detector y/o emisor en cualquier lugar a lo largo del eje óptico. La rotación del motor (6) se transmite al espejo (1) a través de una cinta de transmisión (25). El espejo secundario (2) está sujeto por medio de un cojinete y acoplado directamente a un motor (5). Este motor se sostiene por una estructura metálica (27), y una estructura no metálica (18) conecta la estructura (27) con el chasis (16).

En este texto, el término "comprende" y sus variantes (tales como "comprendiendo", etc.) no debe entenderse en sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo descrito y definido pueda incluir otros elementos, etapas, etc.

Por otro lado, la invención no está limitada obviamente a la(s) realización/realizaciones descrita(s) en el presente documento, sino que abarca cualquier variación que pueda considerar cualquier experto en la técnica (por ejemplo, en lo que se refiere a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, diseño mecánico, etc.), dentro del alcance general de la invención según se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de barrido compacto adaptado para trabajar en el dominio multiespectral incluyendo el rango espectral de ondas milimétricas que comprende un espejo primario (1), un espejo secundario (2) y un chasis (16), en el que los espejos están enfrentados entre sí y están adaptados para hacerse rotar a la misma velocidad angular con respecto al chasis en sentido contrario y están inclinados con respecto a sus ejes de rotación (13) y **caracterizado porque** el espejo primario es cóncavo y está adaptado para reflejar la radiación de un plano objeto de barrido, perpendicular al eje de rotación de ambos espejos y hacer converger dicha radiación, el espejo secundario es menor que el espejo primario, está adaptado para recibir dicha radiación concentrada y dirigirla hacia el detector y los ejes de rotación de ambos espejos están alineados.

2. Sistema de barrido según la reivindicación 1, en el que el espejo primario es esférico, parabólico, hiperbólico, elipsoidal o asférico.

3. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que el espejo secundario es plano, cóncavo o convexo.

4. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el detector o los detectores son detectores puntuales, lineales o matriciales.

5. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el detector o los detectores están colocados entre el espejo primario y el secundario.

6. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el detector está colocado detrás del espejo primario en una posición correspondiente al eje óptico y al plano focal y el espejo está dotado de una abertura central.

7. Sistema de barrido según la reivindicación 6 que comprende adicionalmente una fuente de radiación artificial (22) colocada cerca del detector (23) de tal manera que puede irradiarse una escena con un patrón de radiación lineal o elíptico.

8. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende adicionalmente un motor acoplado a ambos espejos mediante engranajes de transmisión.

9. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones 1-8 que comprende adicionalmente dos motores (6,5) correspondiendo cada uno a uno de los espejos (1,2) un sistema de sincronización electrónico y sensores de posición.

10. Sistema de barrido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende adicionalmente un dispositivo separador de haz (5) y una pluralidad de detectores para recibir diferentes haces.

11. Sistema de barrido según la reivindicación 11, en el que el dispositivo separador de haz es un polarizador y los detectores son sensibles a los distintos estados de polarización.

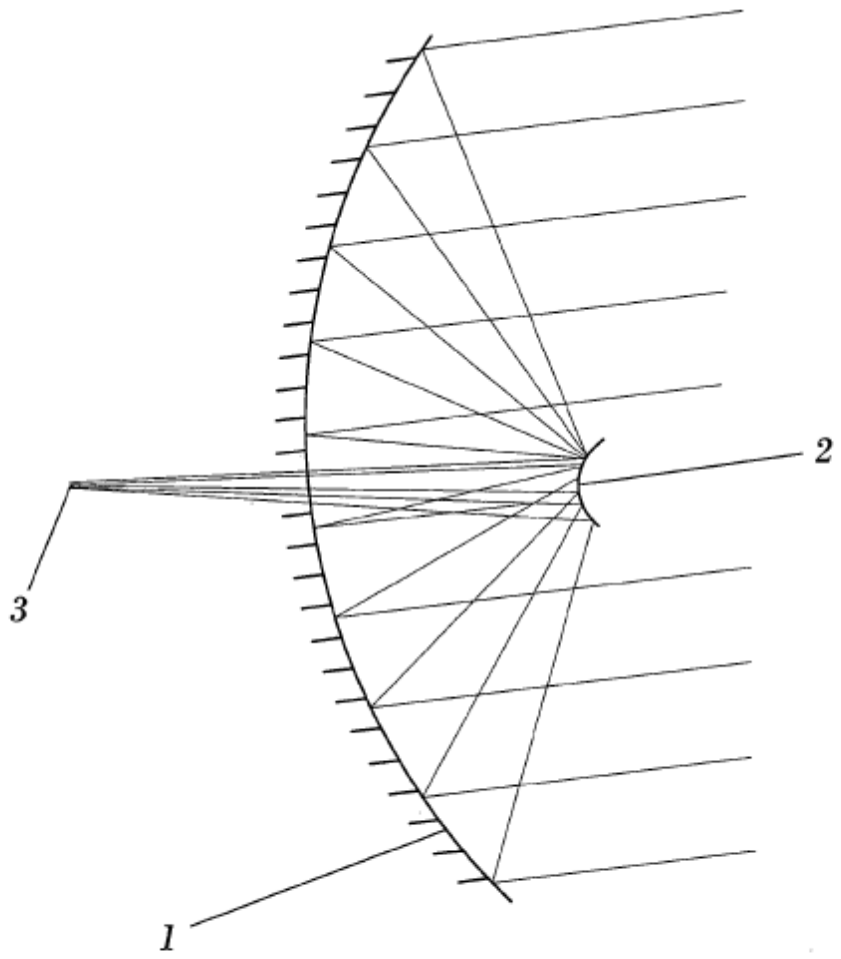

FIG. 1

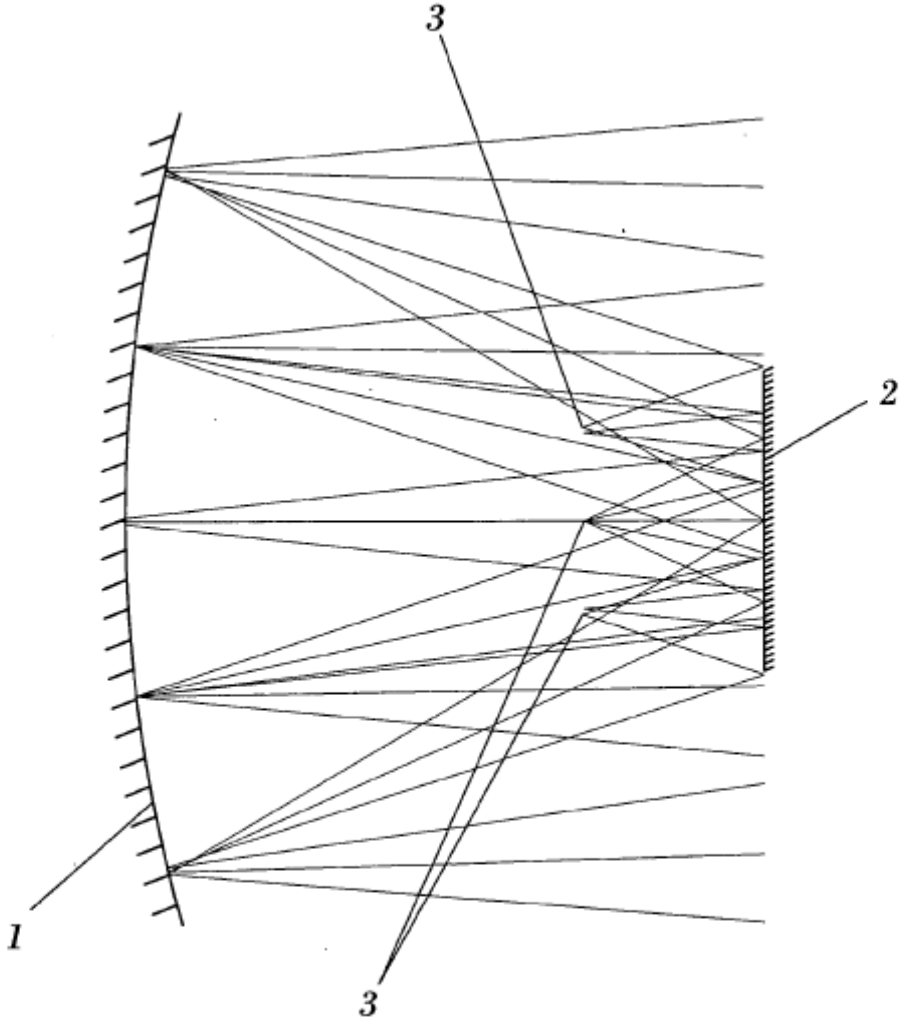

FIG. 2

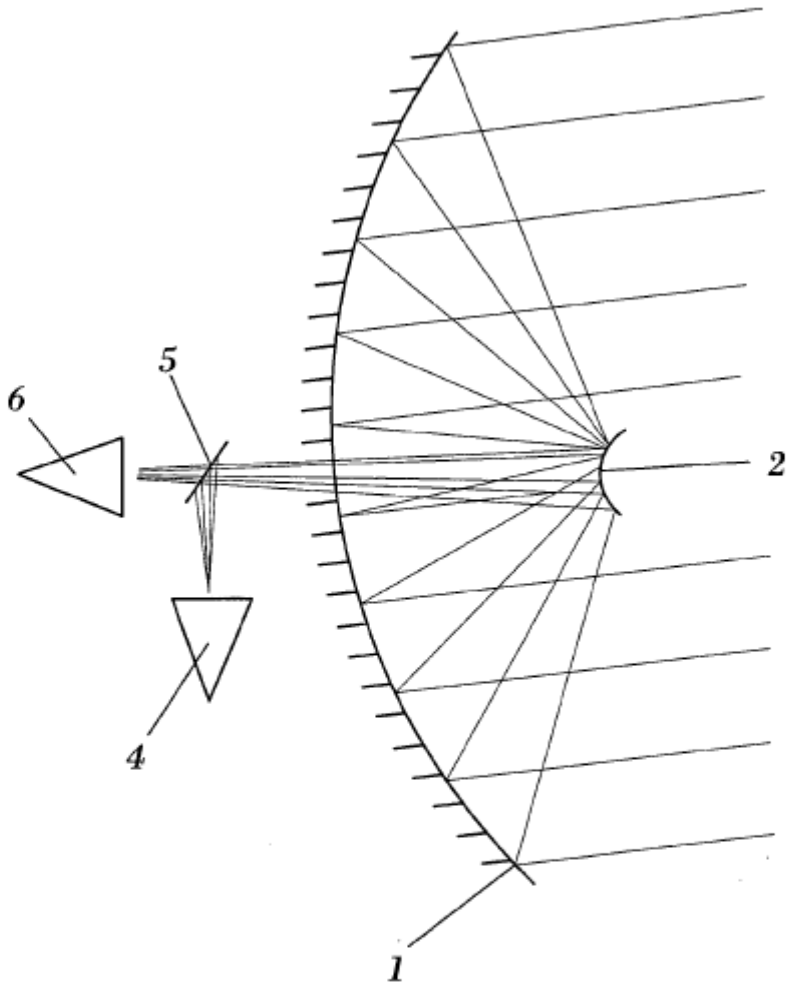

FIG. 3

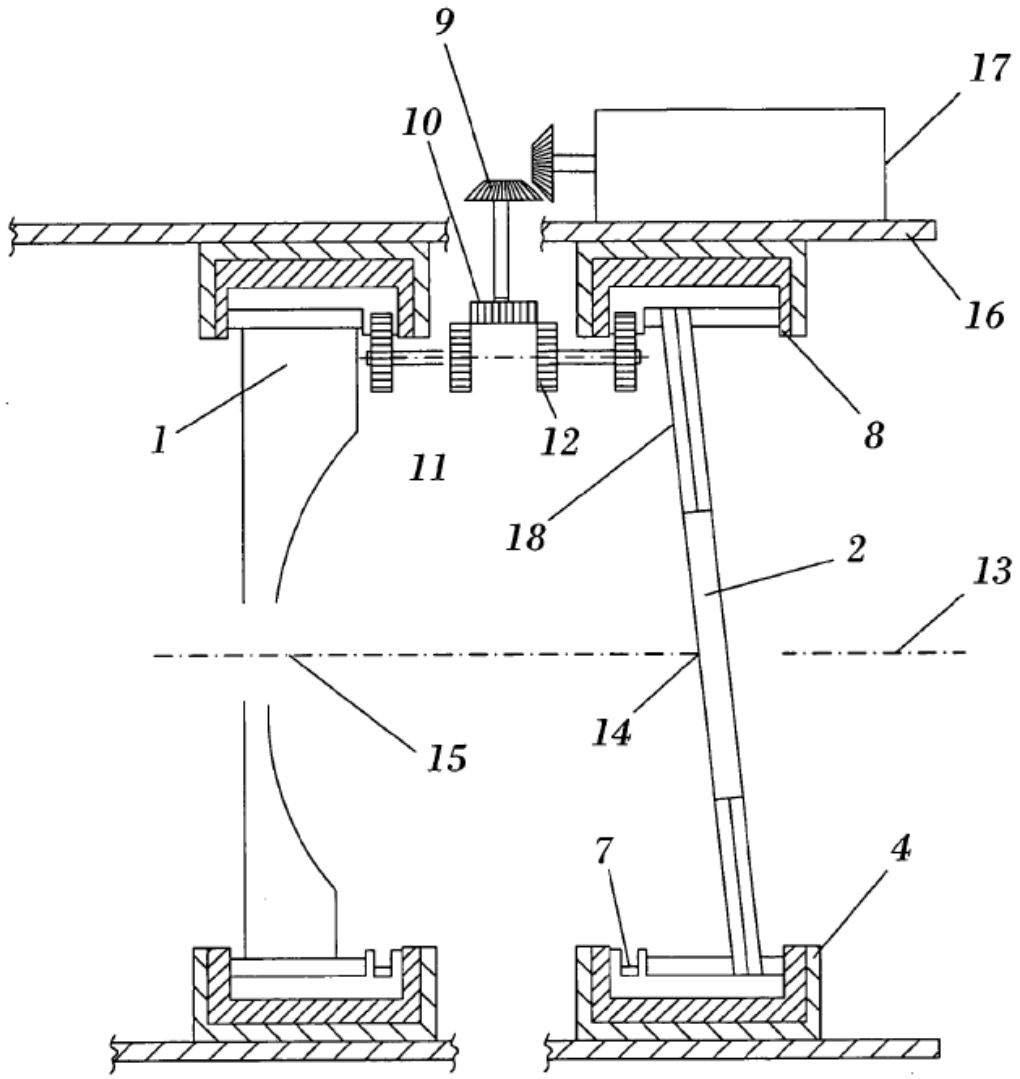

FIG. 4

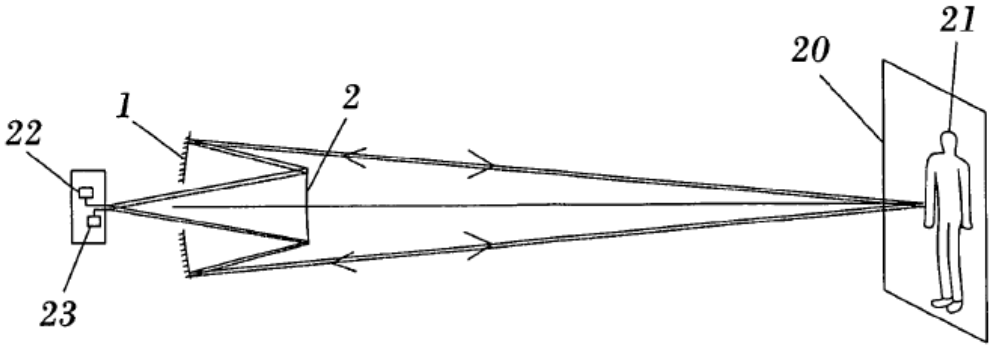

FIG. 5

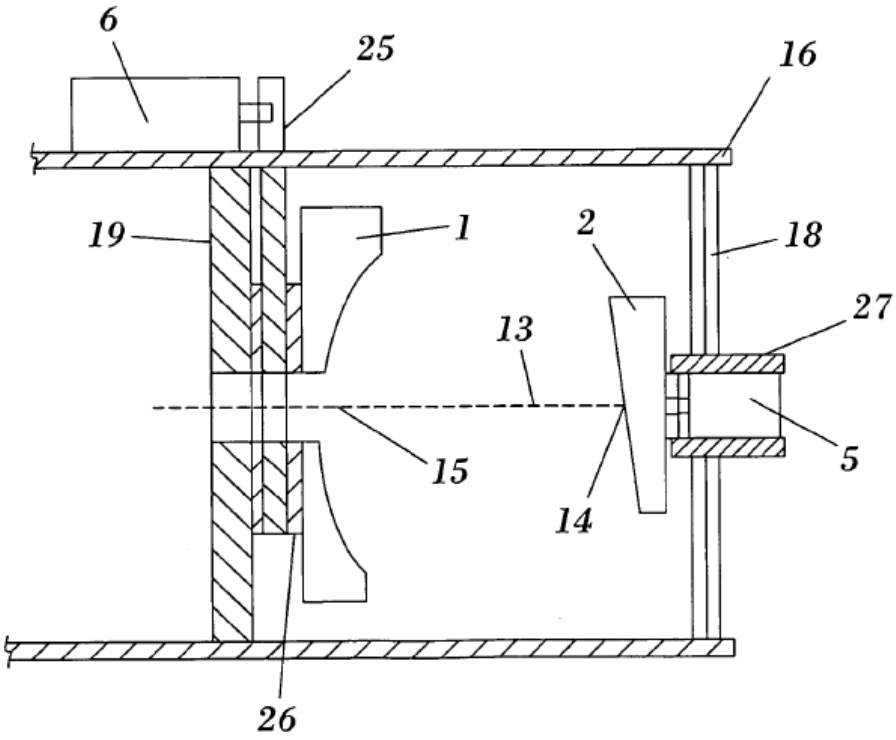

FIG. 6