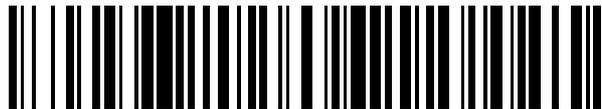


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 566**

51 Int. Cl.:

G02B 23/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2008 PCT/EP2008/067169**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2009 WO09074596**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2008 E 08860618 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2217959**

54 Título: **Telescopio de imagenología estereoscópico compacto**

30 Prioridad:

11.12.2007 FR 0708622

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

03.11.2017

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BLANC, JEAN-FRANÇOIS y
GARIN, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 640 566 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 de imagenología estereoscópico compacto

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de imagenología estereoscópico compacto, y en particular a un dispositivo adaptado a los satélites de observación para los cuales la masa, el volumen y la fiabilidad son parámetros críticos, en particular en términos de las prestaciones de vida útil y de agilidad.

10 Se conoce a partir del documento US 2007/109637 un sistema de imagenología estereoscópico, con uno o dos telescopios. La estereoscopia se realiza con un solo detector. Esto implica la presencia de un mecanismo de obturación, llamado «shutter», para iluminar el detector sucesivamente por la misma escena: una vez mediante el primer canal óptico, la otra vez mediante el segundo. Esta solución no está adaptada a los satélites de observación. En efecto, estos últimos necesitan una gran fiabilidad durante vidas útiles elevadas, generalmente de 5 a 10 años. Asimismo, la utilización de mecanismo de tipo «shutter» generalmente está prohibida.

15 El documento US 7 031 059 propone un telescopio de cabezal único con dos ramas ópticas. La estereoscopia se realiza bien con dos planos focales separados o bien con un solo plano focal de grandes dimensiones. En efecto, para este último caso, el eje óptico de los dos canales ópticos que garantizan la estereoscopia es idéntico, y en consecuencia la separación de las dos líneas de detección está en la relación del ángulo estereoscópico.

El documento US 7 119 954 trata de la estereoscopia con dos telescopios de cabezales diferentes. El ángulo de estereoscopia puede ser grande, pero necesita un dispositivo de recombinación/registro de los telescopios.

20 En la figura 1 se ha esquematizado un instrumento óptico generador de imágenes convencional 1. Este instrumento comprende una óptica de focalización 2 dispuesta entre un plano del objeto 3 y un plano de la imagen 4 en el que forma la imagen del plano 3. El plano del objeto es, en el ejemplo representado, una banda de terreno que es barrida, en el plano del objeto 3, según la dirección de la flecha 5, y en el plano de la imagen según la flecha 6. La óptica 2 está a una distancia H del plano del objeto y su eje óptico se referencia 7. Para realizar una toma de imágenes estereoscópica, dos líneas de detección o retinas 8, 9 están dispuestas en el plano de la imagen 4, perpendicularmente a la dirección de barrido 6. La distancia entre las líneas 8 y 9 se indica como «e» (figura 2), y corresponde, en el plano del objeto, a una anchura de terreno (anchura medida paralelamente a la dirección 5) igual a B. La longitud de cada una de las líneas 8 y 9 (idénticas entre sí) se indica como L. En esta figura 2, se han indicado mediante flechas 6A y 6B1 (o 6B2) los sentidos de desplazamiento de las imágenes en las líneas de detección 8 y 9 respectivamente. Se observará que, siguiendo la arquitectura óptica seleccionada, el sentido de desplazamiento de la imagen en la línea de detección B puede estar invertido o no (flecha 6B2 o 6B1) con respecto al sentido de desplazamiento de la imagen en la línea de detección A.

25 Un instrumento óptico generador de imágenes convencional acepta un campo más o menos extendido según el rendimiento requerido. Permite, por lo tanto, integrar en teoría un canal nominal y un canal estereoscópico con una relación B/H que está en función del campo aceptable. La relación B/H está asociada con el semi-ángulo de separación de los canales θ mediante la relación: $\tan \theta = B/(2H)$

35 Para presentar un interés de reconstitución de imágenes en relieve, la relación B/H debe ser superior a 0,01 aproximadamente, es decir un ángulo estereoscópico θ superior a $0,25^\circ$ aproximadamente (siendo θ el semi-ángulo con el que se ve la porción de terreno de anchura B).

La distancia e entre las líneas de detección está en función de la longitud focal del instrumento f y es expresada por la relación: $e = 2.f.\tan \theta = f. B/H$

40 Para los generadores de imágenes con alta resolución, las distancias focales son muy grandes, y lo mismo ocurre para la distancia e entre las líneas de detección.

45 Por ejemplo, para una distancia focal de 20000 mm y una relación B/H de 0,02, esta distancia vale 400 mm. De manera más general, para los telescopios, siendo el campo de revolución, la separación máxima de las líneas de detección es cercana a su longitud: $e \sim L$, lo que hace al instrumento de imagenología muy voluminoso. Las soluciones actuales utilizan una arquitectura con varios planos focales o con separaciones de retinas homotéticas de la relación B/H, la separación de las dos líneas de detección alcanza dimensiones cercanas a las longitudes de retinas: 200 a 1000 mm siguiendo las aplicaciones.

50 La presente invención tiene por objeto un dispositivo de imagenología estereoscópico que sea compacto, sin que, sin embargo, su compacidad disminuya sus cualidades estereoscópicas, y que tiene una gran fiabilidad durante vidas útiles elevadas.

55 El dispositivo de imagenología estereoscópico de acuerdo con la invención es un dispositivo que consta de las características de la reivindicación 1. De este modo, el dispositivo de la invención está constituido por un telescopio de cabezal único con dos canales ópticos que garantizan la estereoscopia, teniendo estos dos canales ópticos su eje óptico dissociado para llevar a dos planos de imagen coplanares. La distancia entre las líneas de detección se minimiza para limitar el volumen del plano focal y su masa. Se observará que la segunda línea de detección también

puede servir como redundancia a la primera para las tomas de imágenes en un modo que no es de acuerdo con la invención. La presente invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización, tomado a modo de ejemplo no limitante e ilustrado mediante los dibujos adjuntos, en el que:

- 5 - las figuras 1 y 2, ya descritas anteriormente, son esquemas simplificados que muestran las relaciones establecidas entre los diferentes parámetros de un instrumento de imagenología convencional,
- la figura 3 es un diagrama del plano de la imagen de un instrumento de imagenología, que muestra las posiciones respectivas de las dos líneas de detección de un instrumento de imagenología de acuerdo con la invención,
- 10 - las figuras 4 a 7 son esquemas, en corte según el eje óptico, de varios modos de realización de un instrumento de imagenología de acuerdo con la invención,
- la figura 8 es un diagrama relativo a la estereoscopia multifocal en los planos de la imagen y del objeto de un instrumento de imagenología de acuerdo con la invención, y
- las figuras 9 a 12 son esquemas en corte de acuerdo con el eje óptico, de otros modos de realización de un instrumento de imagenología.

15 En el esquema de la figura 3, similar al de la figura 2, se han representado en línea discontinua las posiciones respectivas de las líneas de detección 8 y 9 de un dispositivo de imagenología de la técnica anterior, y en línea continua en negrita las posiciones respectivas de las dos líneas de detección 8 (en la misma posición que de acuerdo con la técnica anterior) y 10 (más cercana a la posición 8 que en la técnica anterior). La distancia entre las posiciones 8 y 10 se indica como d y es tal que $0 \leq d < e$.

20 En las figuras 4 y 5 se han representado dos ejemplos de realización de un telescopio con sistema óptico de tipo Korsch con dos líneas de detección cercanas a la forma esquematizada en la figura 3. En estas figuras, como en todas las siguientes, se ha indicado mediante flechas 6A y 6B los sentidos de desplazamiento de las imágenes en las líneas de detección 8 y 10 respectivamente.

25 Estas dos figuras 4 y 5 se refieren al caso en el que la relación B/H es igual a 0,015. Se entiende bien que la invención no está limitada a este tipo de telescopio, y que puede implementarse con otros tipos de telescopios. En estas dos figuras, como en las figuras 9 y 10, los dos planos de dos líneas de detección 8 y 10 son coplanares, pero no se confunden necesariamente.

30 En la figura 4, el telescopio 11, cuyo eje óptico del espejo primario se referencia Ax, consta de un primer espejo (espejo primario) esférico cóncavo (parabólico en el presente caso) 12 que reenvía los haces incidentes (que llegan al espejo 12 en la dirección de la flecha marcada I en la figura) hacia un segundo espejo parabólico convexo 13 (espejo secundario). El espejo 13 reenvía estos haces, que son haces convergentes y que corresponden, cada uno, a un canal de adquisición, a dos espejos planos 14, 15 dispuestos próximos a los puntos de convergencia de los haces respectivos. El espejo 14 reenvía los haces de un primer canal incidente (designado canal A) hacia el espejo esférico 16 (llamado también espejo terciario en un telescopio de Korsch), seguido de otro espejo plano 17 más.

35 Este último espejo 17 reenvía los haces que recibe hacia la línea de detección 8 (que se extiende perpendicularmente al plano del dibujo). El espejo 15 reenvía los haces de un segundo canal incidente (designado canal B) hacia otro espejo esférico 18, seguido de otro espejo plano 19 más. Este último espejo 19 reenvía los haces que recibe hacia la línea de detección 10 (que se extiende también perpendicularmente al plano del dibujo). El conjunto de los espejos 14, 16 y 17 constituye una primera rama óptica (canal A) del telescopio 11, mientras que el conjunto de los espejos 15 y 18, 19 constituye la segunda rama óptica (canal B) del telescopio. Estas dos ramas están dispuestas para replegar en «Z» los haces de los canales A y B en un volumen lo más pequeño posible alrededor del eje Ax y para que los haces focalicen sobre las líneas de detección 8 y 10 (distantes una distancia d inferior a la distancia e , como se esquematiza en la figura 3). Lo que es posible gracias a la división del esquema óptico en dos partes aguas abajo del espejo 13 (llamado espejo secundario en un telescopio de Korsch) y gracias a la disociación de los ejes ópticos de los dos canales ópticos: canal A y canal B mediante un posicionamiento adaptado de los espejos planos. En esta figura 4, se ha representado mediante una línea discontinua 10A la posición que habría ocupado la línea de detección 10 si hubiera sido distante el valor e con respecto a la línea de detección 8. Los espejos 18,16 son esféricos, los espejos 14,15,17,19 son planos.

40 En la figura 5 se ha representado una variante 11A del telescopio 11 de la figura 4. En esta figura 5, al igual que en las figuras 6, 7, y 9 a 12, a los mismos elementos que los de la figura 4 se les asignan las mismas referencias numéricas. Mientras que, en el telescopio de la figura 4, los haces de los canales A y B eran reenviados por los espejos 14 y 15, y a continuación por los espejos 16 y 18 y finalmente por los espejos 17 y 19, ambos dos prácticamente en la misma dirección con respecto al eje óptico Ax, en el telescopio 11A de la figura 5, los dos primeros espejos 20 y 21 que se encuentran después de la reflexión en el espejo secundario 13 están dispuestos para reenviarlos en direcciones prácticamente opuestas en espejos 22, 23 respectivamente. Después de la reflexión en el espejo 22, el haz del canal A llega directamente a la línea de detección 8. El haz del canal B, después de la reflexión en el espejo 23, es reenviado a otro espejo 24 que lo reenvía, a su vez, hacia la línea de detección 10. Los espejos 22, 23 son esféricos, los espejos 20, 21,24 son planos.

60 Para la variante 11B de telescopio de la invención representada en la figura 6, los haces del canal A son reflejados, respectivamente, por un primer espejo plano 25, a continuación por un espejo esférico 26 y finalmente por un

segundo espejo plano 27 para converger en la línea de detección 8. Los espejos 25 y 27 están dispuestos en el mismo lado del eje Ax que el canal A (tal como se consideran en la vista en corte), mientras que el espejo 26 está dispuesto en el mismo lado que el canal B con respecto al eje Ax. De manera similar, los haces del canal B son reflejados por un primer espejo plano 28, a continuación por un espejo esférico 29 y finalmente por un espejo plano 30 para ser focalizados en la línea de detectores 10. Los espejos 28 y 29 están dispuestos en el mismo lado del eje Ax que el canal B, mientras que el espejo 30 está dispuesto en el mismo lado que el canal A con respecto al eje Ax.

Para la variante 11C de telescopio de la invención representada en la figura 7, los haces del canal A son reflejados, respectivamente, por un primer espejo plano 31, a continuación por un espejo esférico 32, por un segundo espejo plano 33 y finalmente por un tercer espejo plano 34 para converger en la línea de detección 8. Los espejos 31 y 32 están dispuestos en el mismo lado del eje Ax que el canal A (tal como se consideran en la vista en corte), mientras que los espejos 33 y 34 están dispuestos en el mismo lado que el canal B con respecto al eje Ax. Los haces del canal B son reflejados por un primer espejo plano 35, a continuación por un espejo esférico 36 y finalmente por un espejo plano 37 para ser focalizados en la línea de detectores 10.

En el esquema de la figura 8, se ha representado a la izquierda el plano de la imagen y a la derecha el plano del objeto. En el plano de la imagen, la retina consta de dos líneas de detección 8 y 10, distantes una distancia d, inferior a la distancia e (la de los dispositivos de la técnica anterior, tal que: $e=2f \tan \theta$) o incluso nula (si solamente hay una línea de detección única, como el ejemplo de la figura 11). Estas líneas de detección pueden ser de longitudes iguales o no. En el ejemplo esquematizado, la línea del canal A tiene una longitud igual a LA, y la del canal B tiene prácticamente la misma longitud.

En el plano del objeto, cuya distancia al plano de la imagen es igual a H, la anchura del campo visto por el canal A es CA, y la del campo visto por el canal B es CB. Gracias a la interposición de un reductor de distancia focal en el canal B, como se explica a continuación, la longitud CB es superior a CA. De manera ventajosa, CB vale aproximadamente de 1,5 a 4 veces CA.

Según otra característica de la invención, los campos de las tomas de imágenes pueden ser diferentes para los dos canales de adquisición. Habitualmente, se obtiene un campo de anchura doble doblando la longitud de la retina, lo que tiene el efecto de aumentar las dimensiones del plano focal así como el número de datos a almacenar y a transmitir. Según la invención, se evitan estos inconvenientes gracias a la interposición de un dispositivo reductor de distancia focal en uno de los dos canales, por ejemplo el canal B, como en los ejemplos representados en las figuras 9 y 10. La disminución de resolución del canal B asociada a la disminución de distancia focal puede compensarse si fuera necesario utilizando, en la línea de detección B, detectores con píxeles más pequeños o píxeles dispuestos al trespelillo que permiten sobremuestreos espaciales.

La adición de un reductor de distancia focal en una de las dos ramas ópticas es una variante que permite realizar, con dos o una sola línea de detección, tareas de campo ancho, campo estrecho y estereoscópico

En la figura 9 se ha esquematizado un telescopio 11D, que consta de los mismos espejos primario y secundario que los de las figuras 4 a 7, y dos ramas ópticas (canal A y canal B) dispuestas aproximadamente de la misma manera que las de las figuras 4 a 7, de las cuales una (canal B) incorpora un reductor de distancia focal fijo 40. En esta figura, a los mismos elementos que los de las figuras 4 a 7 se les asignan las mismas referencias numéricas. Aguas abajo del espejo secundario 13, se dispone en el canal A un espejo 41 y en el canal B un espejo 42. El espejo 41 viene seguido por los espejos 43 y 44, y el espejo 42 viene seguido por un solo espejo 45. El canal A está focalizado en la línea de detección 8, mientras que el canal B está focalizado en la línea 10 cuya distancia d a la línea 8 está en función de la disposición respectiva de los espejos 41 a 45, y es inferior a la distancia e de los dispositivos de la técnica anterior, como se esquematiza en la parte izquierda de la figura 8. Todos los espejos 41, 44 y 42 son planos; los espejos 43 y 45 son esféricos.

Para el telescopio 11E representado en la figura 10, los haces del canal A son reflejados, respectivamente, por un primer espejo plano 47, a continuación por un espejo esférico 48 y por un segundo espejo plano 49, estando un dispositivo 50 de reducción de distancia focal interpuesto en el trayecto de los haces luminosos entre los espejos 48 y 49. Los haces provenientes del espejo 49 convergen en la línea de detección 51. Los espejos 48 y 49 están dispuestos en el mismo lado del eje Ax que el canal B (tal como se consideran en la vista en corte), mientras que el espejo 47 está dispuesto en el mismo lado que el canal A con respecto al eje Ax. Los haces del canal B son reflejados por un primer espejo plano 52, a continuación por un espejo esférico 53 y finalmente por un espejo plano 54 para ser focalizados en la línea de detectores 10. Los espejos 52 y 53 están dispuestos en el mismo lado del eje Ax que el canal B, mientras que el espejo 54 está dispuesto en el mismo lado que el canal A con respecto al eje Ax.

El telescopio 11F representado en la figura 11 es una variante no de acuerdo con la invención del esquema de la figura 10. Los haces del canal A son reflejados por un primer espejo plano 55 hacia un espejo esférico 56, estando un «obturador» 57A interpuesto en el trayecto de estos haces entre los espejos 55 y 56. Los haces reflejados por el espejo 56 pasan por un reductor de distancia focal 58 y son reflejados por un segundo espejo plano 59 hacia una línea de detección única 60. Los haces del canal B pasan por un segundo «obturador» 57B, son reflejados por un primer espejo plano 61 hacia un espejo esférico 62 hacia un segundo espejo plano 63 para ser focalizados en la línea de detección 60.

Los dos «obturadores» 57A, 57B, colocados en las inmediaciones de los planos focales intermedios permiten seleccionar el canal A (canal de campo ancho) o el canal B (canal de campo estrecho) según la necesidad. Estos obturadores también pueden tener como función enmascarar cualquier entrada de luz indeseable, en particular iluminaciones solares.

5 En el telescopio 11G de la figura 12, que tiene una configuración similar a la del telescopio 11A de la figura 5 pero no de acuerdo con la invención, se interpone en cada uno de los dos canales A y B, aguas arriba del punto de convergencia de los haces de estos canales, un obturador, respectivamente 64, 65. Como en el caso del telescopio 11A de la figura 5, los haces de los dos canales A y B del telescopio 11G son reenviados en direcciones prácticamente opuestas por espejos 66, 67 respectivamente. El haz del canal A, después de la reflexión en el espejo 66, llega a un espejo 68 que lo refleja para focalizarlo en la línea de detección de barreta única 8A, situada, por ejemplo, en el mismo emplazamiento que la línea de detección de barreta 8 de la figura 5. Un dispositivo 72 de reducción de distancia focal está interpuesto en el trayecto de los haces luminosos entre el espejo 68 y el plano focal. El haz del canal B, después de la reflexión en el espejo 67, llega a un espejo 69 que lo refleja hacia otro espejo 70, para focalizarlo en la misma línea de detección de barreta única 8A. Los espejos 69 y 70 tienen posiciones ligeramente diferentes de las de los espejos 23, 24 de la figura 5, respectivamente, para dirigir la zona de focalización del haz del canal B hacia la línea de detección de barreta única 8A. Los espejos 68, 69 son esféricos, los espejos 66,67 y 70 son planos.

En resumen, la invención permite realizar un dispositivo de imagenología estereoscópico compacto. Su principal característica consiste en acercar, en un telescopio de cabezal único, las dos líneas de detección dedicadas a la toma de imágenes estereoscópica al tiempo que conserva un ángulo estereoscópico grande (limitado por el telescopio de cabezal). Una variante consiste en interponer un reductor de distancia focal en una de los dos canales ópticos. Ésta permite, en modos no de acuerdo con la invención y además de la capacidad estereoscópica, realizar tomas de imágenes con campo grande o con campo estrecho con un solo plano focal equipado con dos o con una línea de detección.

25 Esta invención está particularmente adaptada a los satélites de observación, para los cuales la masa, el volumen y la fiabilidad son parámetros críticos, en particular en términos de prestaciones de vida útil y de agilidad.

Diferentes esquemas ópticos se dan como ejemplo; estos no son exhaustivos. Estos proponen parametrizaciones diferentes del dispositivo de imagenología tales como: la separación entre las dos líneas de detección, el sentido de desplazamiento de las imágenes en cada línea de detección, la incidencia de los haces ópticos respecto al plano focal, el número de espejos, la distribución de los principales elementos: espejos y plano focal, la posición de los planos de imágenes intermedias, la posición de las pupilas de salida... Para terminar, este dispositivo de imagenología se adapta a cualquier tipo de planos focales: monoespectral o multiespectral; en plano o con espejos y con cualquier tipo de detector: barretas simples, barretas TDI, matrices etc.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de imagenología estereoscópico compacto que consta de un dispositivo óptico de formación de imagen y un dispositivo de detección optoelectrónico que tiene dos líneas de detección dispuestas en el plano de la imagen del dispositivo óptico, comprendiendo este dispositivo óptico un telescopio de cabezal único (11) con dos canales ópticos (A, B) con tres espejos esféricos de los cuales dos son comunes a los haces recibidos (12, 13) y el tercero (16, 18), (22, 23), (26, 29), (32, 36), (43, 45) (48, 53) está dissociado y pertenece a dos partes dedicadas, cada una, a uno de los dos canales ópticos (A, B) del telescopio, comprendiendo, cada una de estas dos partes, al menos un espejo plano (14, 20, 25, 31, 41, 47), (15, 21, 28, 35, 42, 52) en el que los dos canales ópticos (A, B) tienen sus ejes ópticos dissociados, estando los espejos planos (14, 20, 25, 31, 41, 47), (15, 21, 28, 35, 42, 52) de cada canal óptico dispuestos de forma que, en el plano de la imagen, las dos líneas de detección (8, 10) de dichos dos canales ópticos sean distintas, paralelas entre sí, y distantes una distancia no nula, comprendida entre 0 y el valor nominal D_n de la distancia (e) entre las líneas de detección, tal que $D_n = f \cdot B/H$, siendo f la distancia focal nominal del telescopio, B la anchura de la zona del plano del objeto vista en el plano de la imagen y H la distancia entre el plano del objeto y el dispositivo de imagenología.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende, en uno de los dos canales (B), (A) un reductor de distancia focal (40), (50).

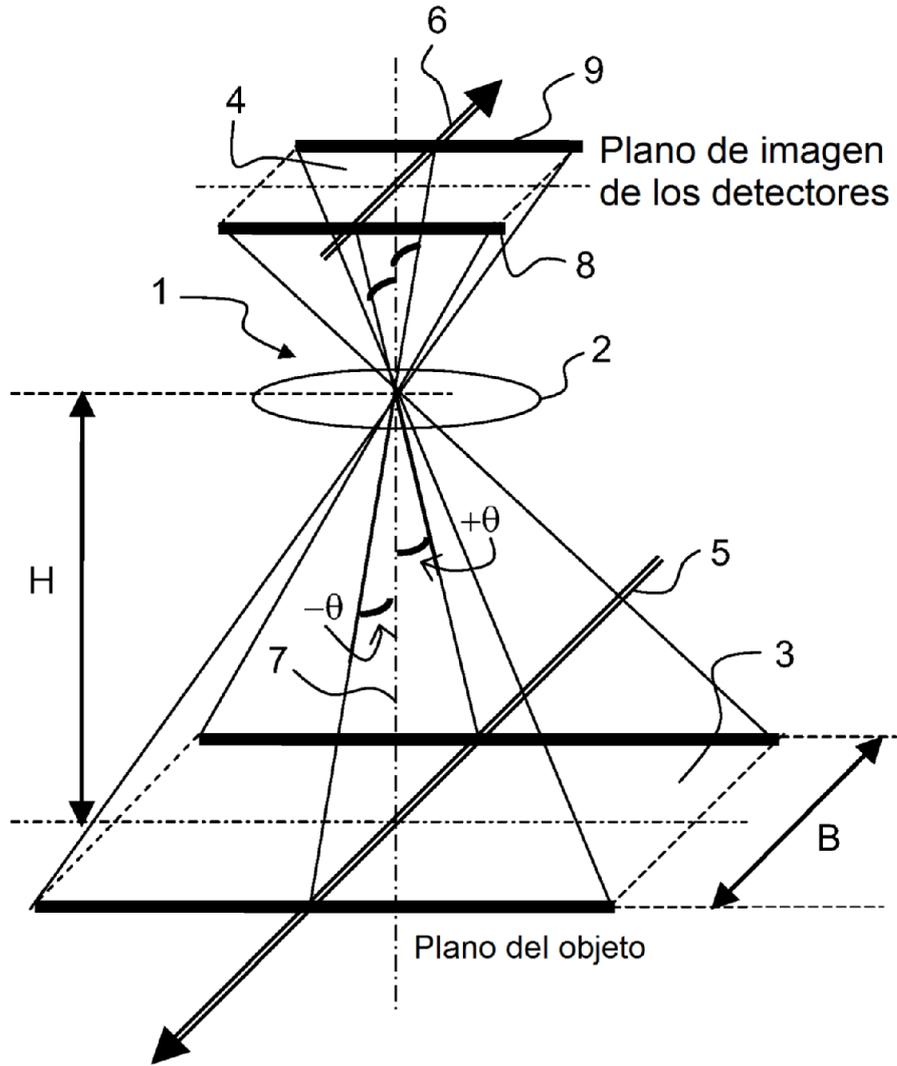


FIG.1

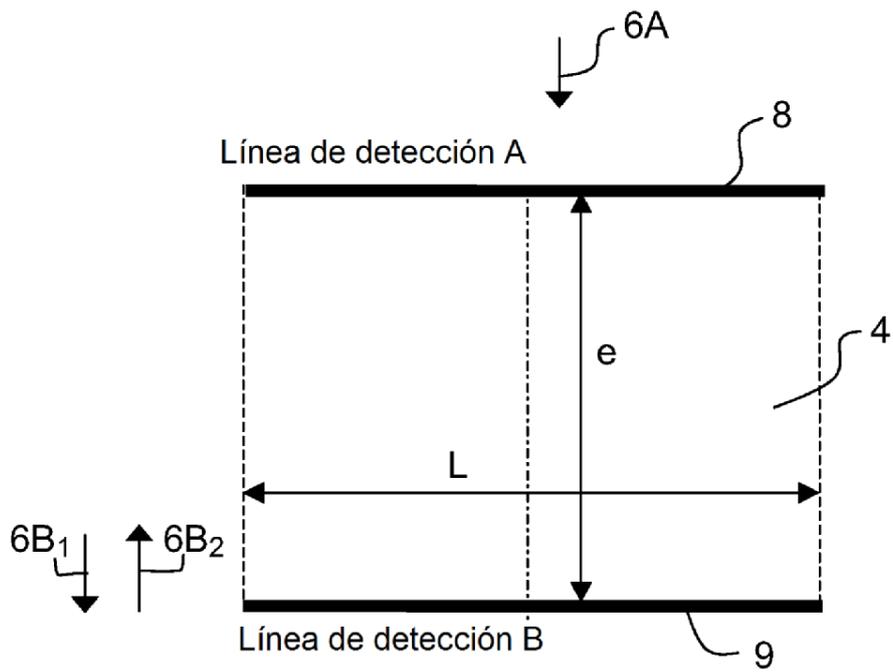


FIG.2

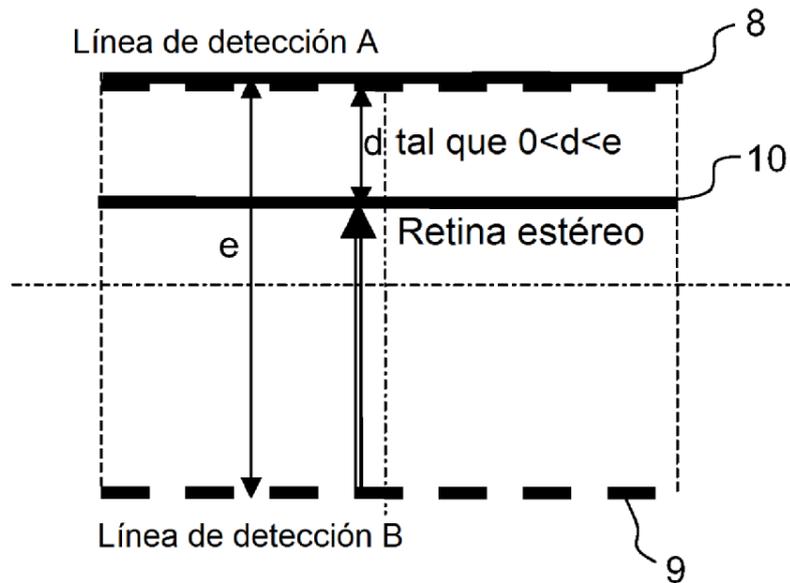


FIG.3

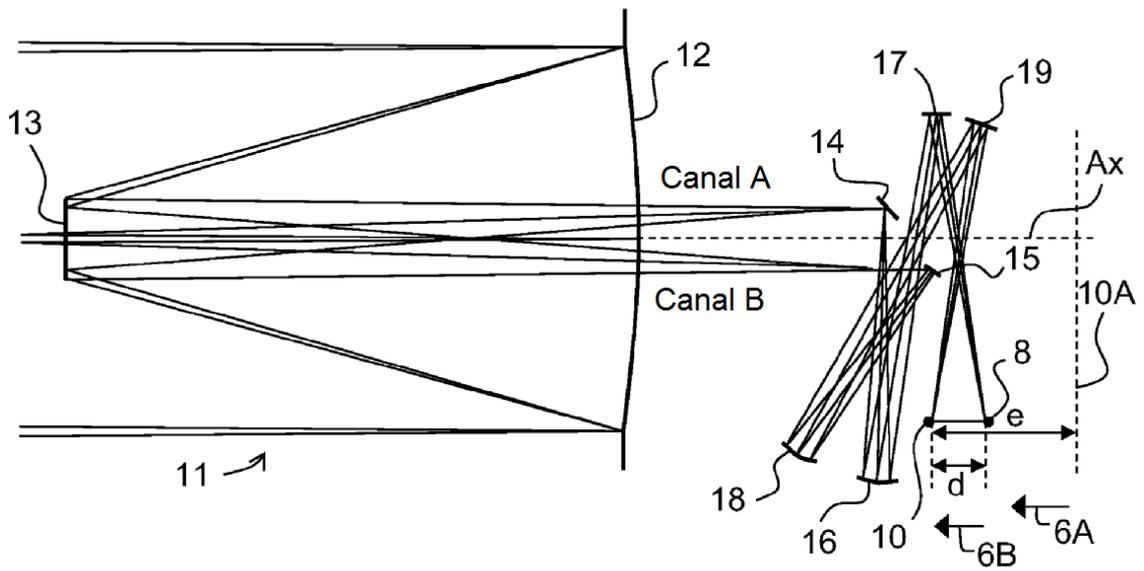


FIG. 4

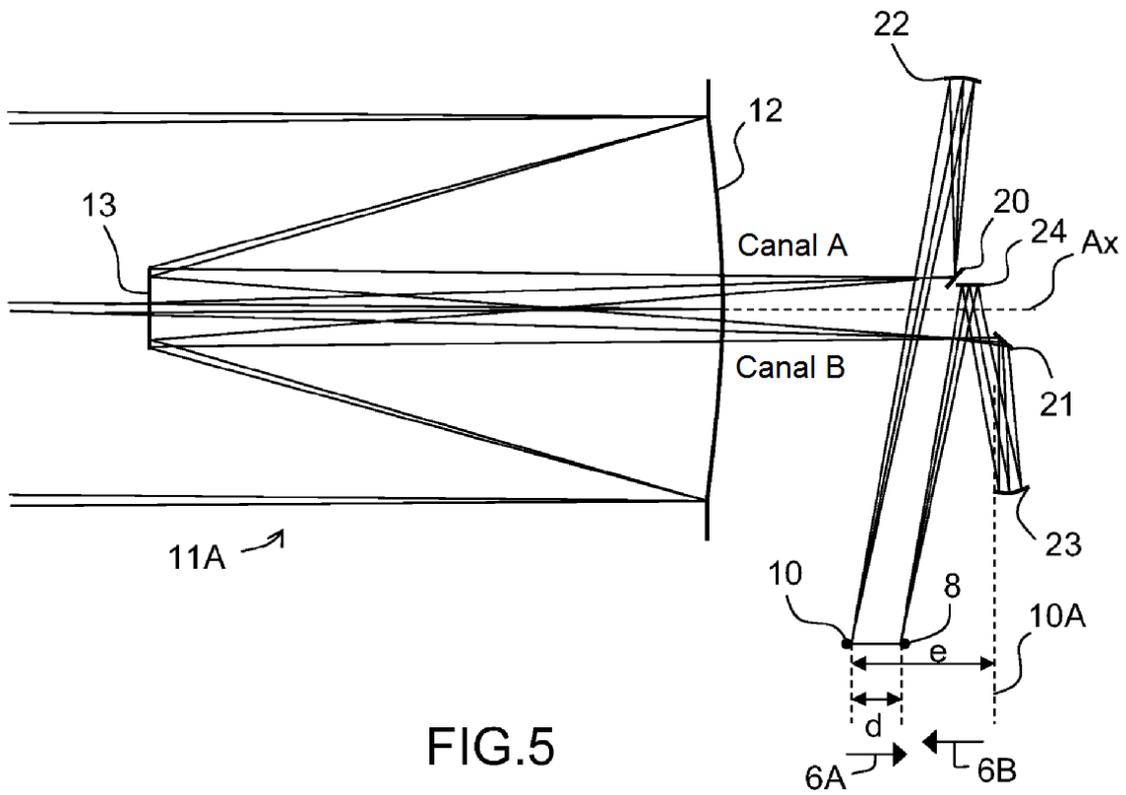


FIG. 5

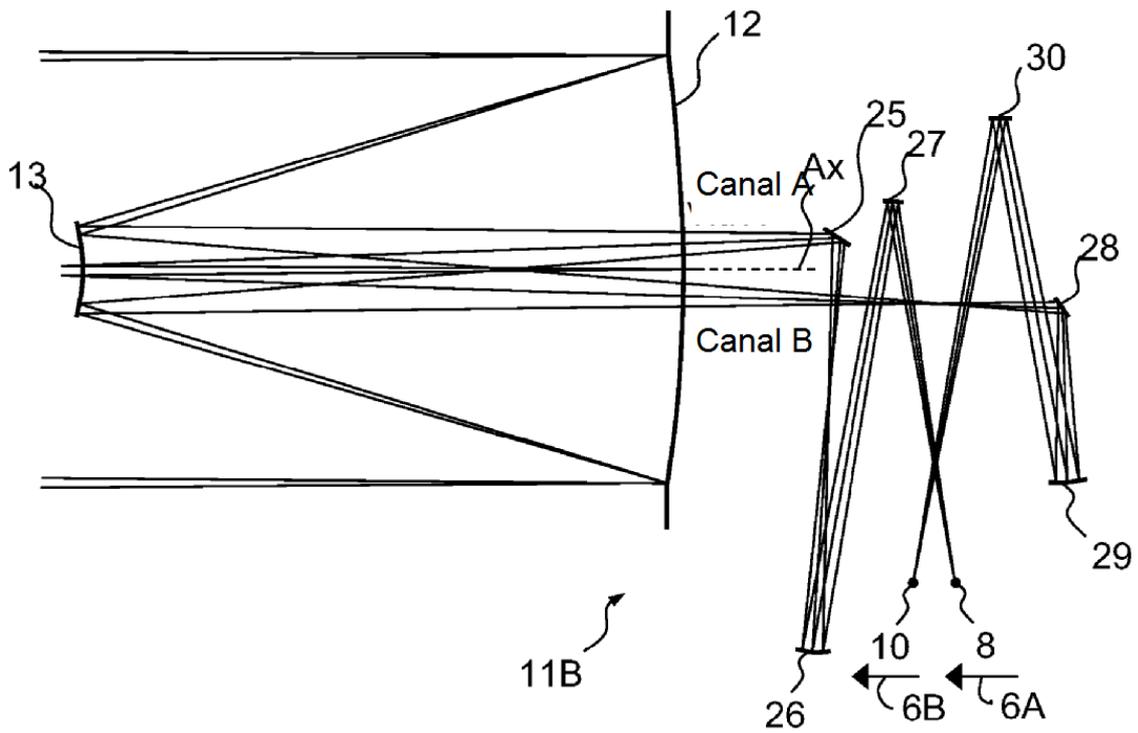


FIG.6

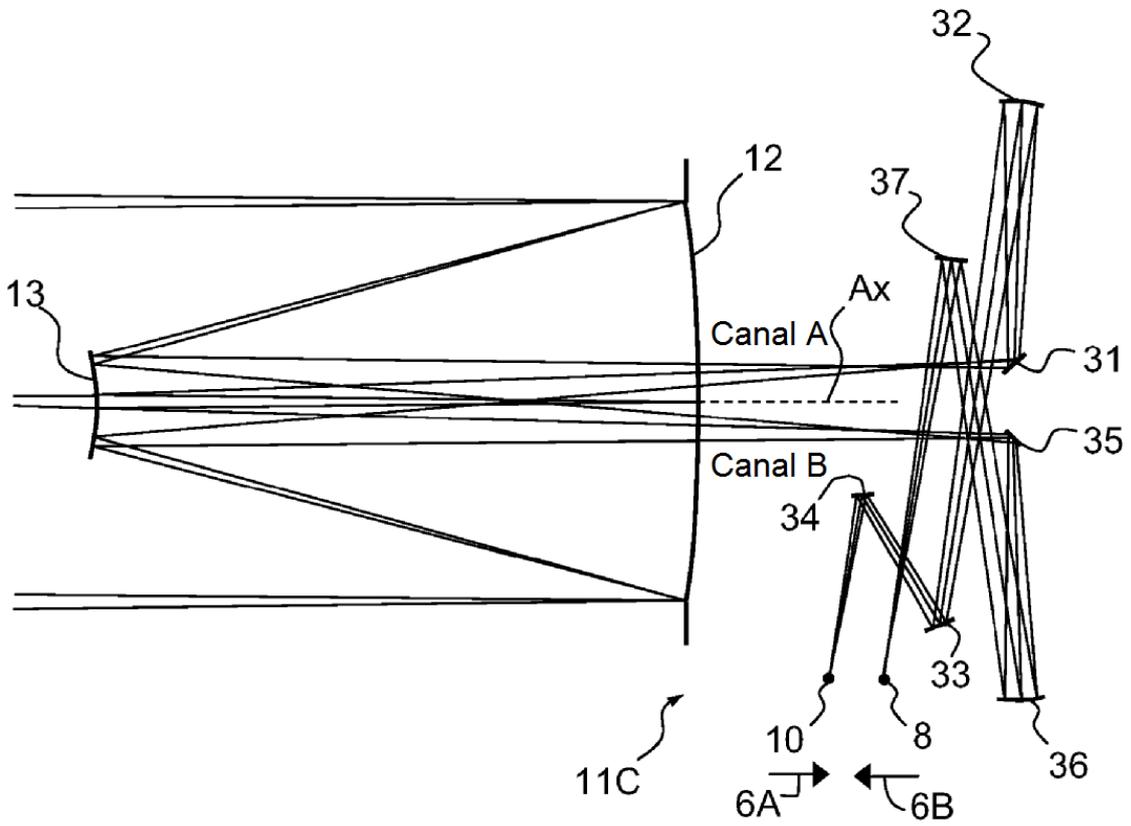


FIG.7

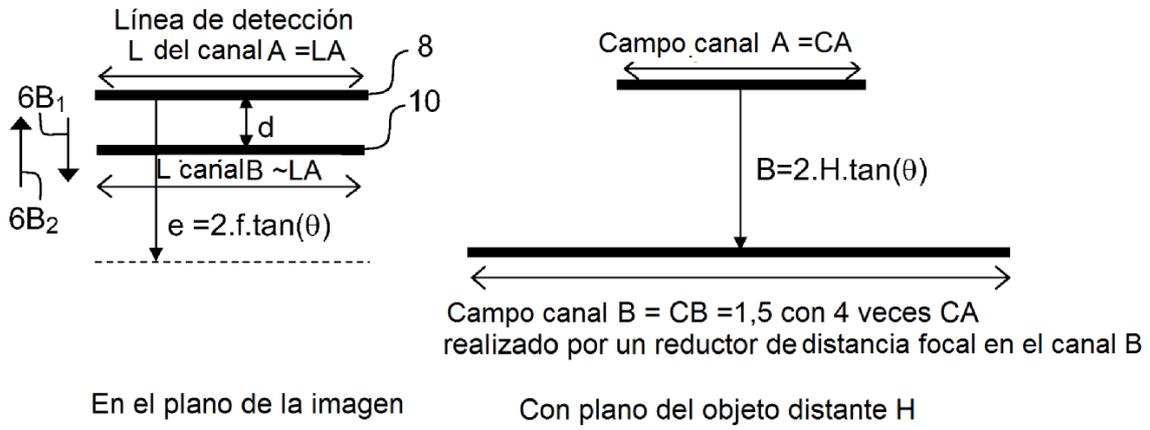


FIG.8

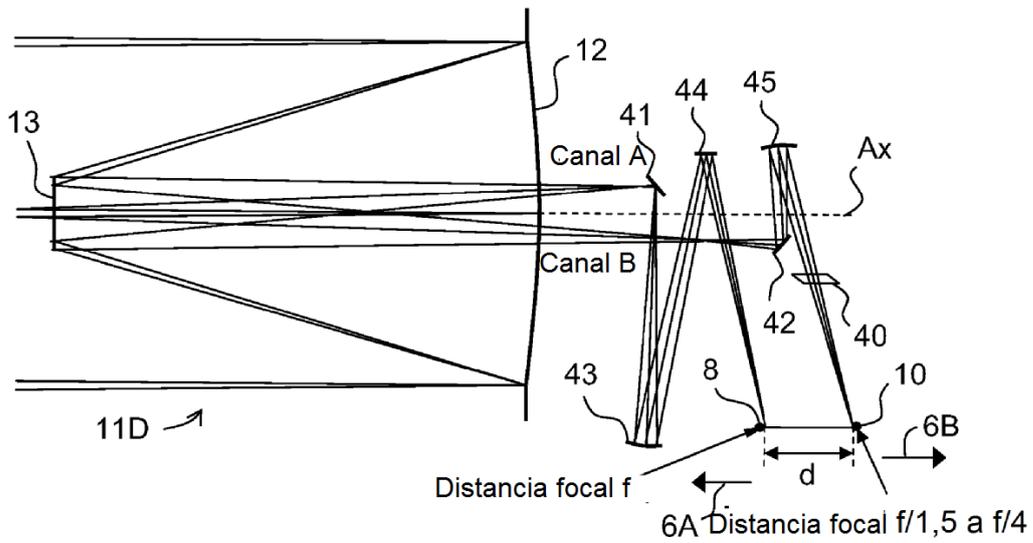
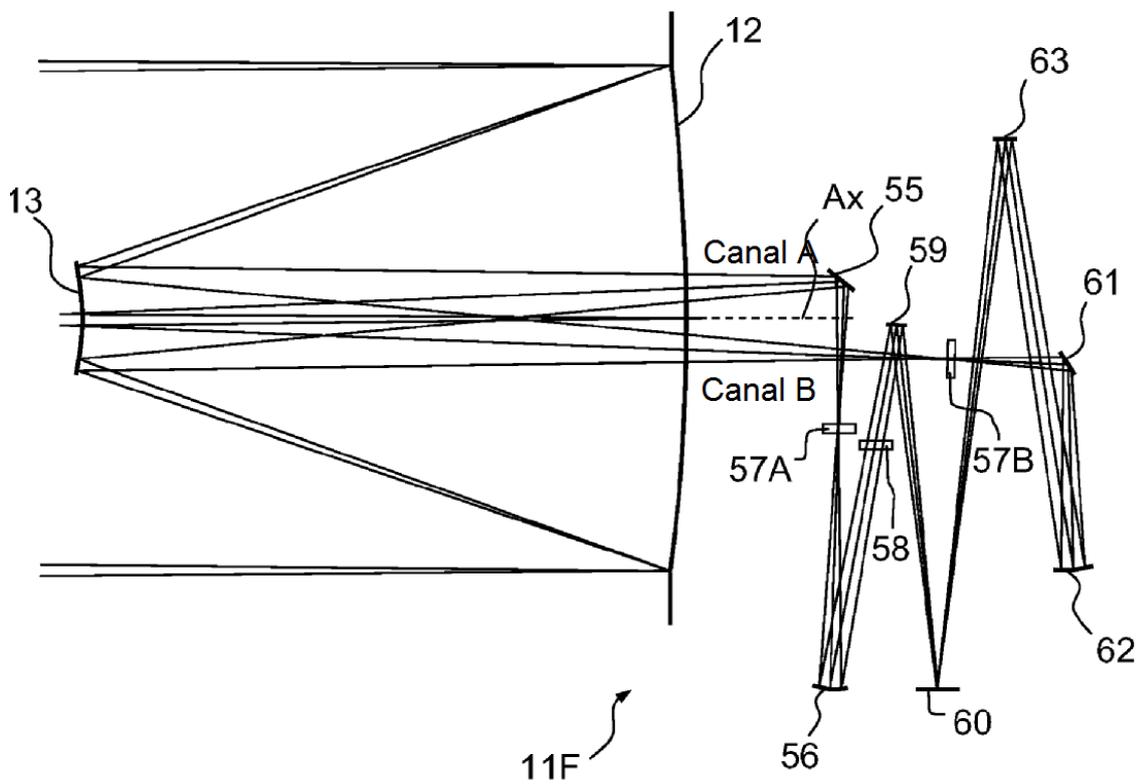
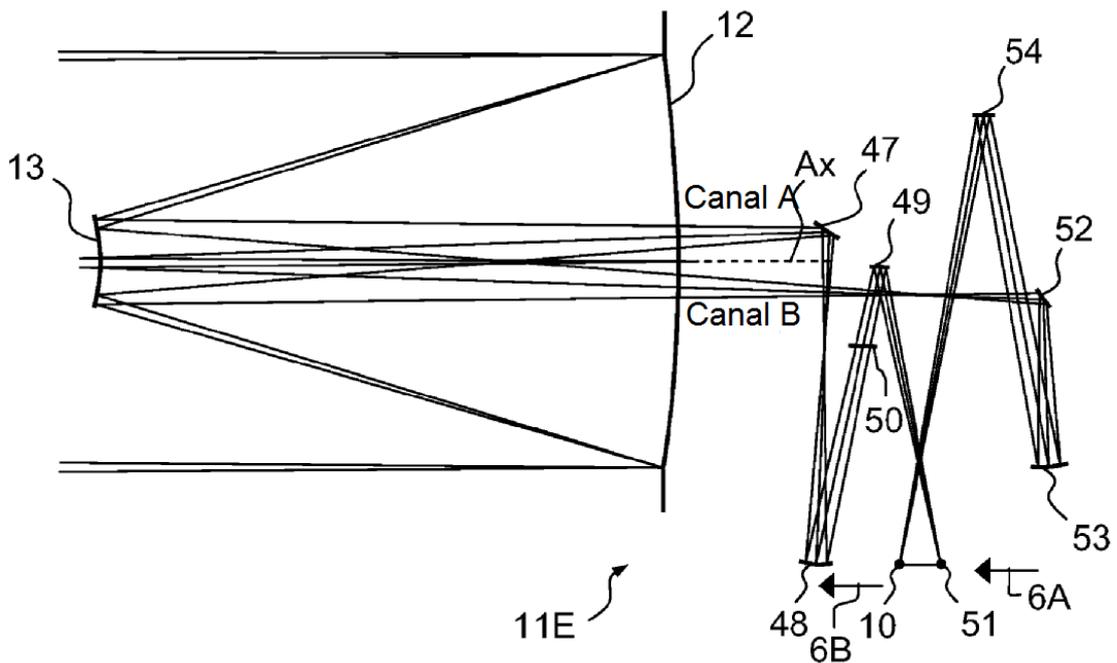


FIG.9



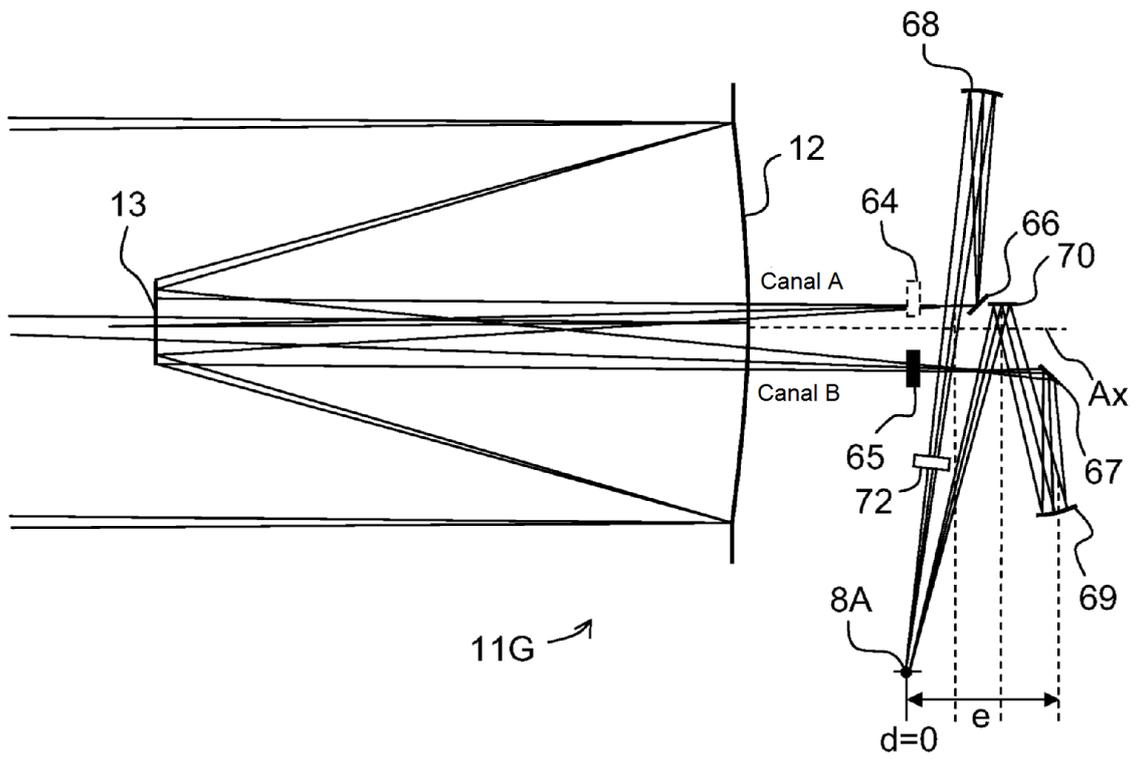


FIG.12