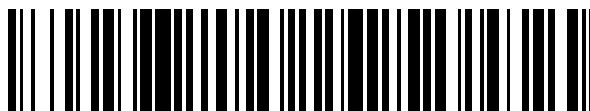


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 014**

51 Int. Cl.:

G02B 27/00 (2006.01)

G02B 13/06 (2006.01)

G02B 13/14 (2006.01)

G02B 27/10 (2006.01)

G02B 17/08 (2006.01)

G02B 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2014 PCT/EP2014/076581**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15091002**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2014 E 14806644 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 3084507**

54 Título: **Módulo óptico de captación de imagen de campo hiper-hemisférico y distorsión controlada, compatible con un ambiente exterior**

30 Prioridad:

20.12.2013 FR 1303027

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

22.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ANTIER, CATHERINE y
MIDAVAINÉ, THIERRY**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 656 014 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

Módulo óptico de captación de imagen de campo hiper-hemisférico y distorsión controlada, compatible con un ambiente exterior

5 El campo de la invención es el de los módulos ópticos de captación de imagen de campo hiper-hemisférico con un componente de cabezal mono-pupila.

Se busca un módulo óptico de captación de imagen que responda a las siguientes exigencias:

- campo hiper-hemisférico de mira vertical,
- que permita realizar una óptica de distancia focal variable en el campo, de manera que la resolución radial del sistema varíe en el campo con un factor superior a 2 y sea mínima en la proximidad del campo horizontal, de manera que se vean mejor los detalles alrededor del horizonte al tiempo que se ve el resto del campo,
- compatible con una utilización en ambiente exterior: lluvia, etc.,
- compatible con una utilización en un sistema de gran apertura típicamente superior a $f/3$ (se trata en este caso de la apertura definida por el número de apertura N en la expresión f/N , siendo $N = 1 / (2 \times \sin \alpha)$ en la que α es $\frac{1}{2}$ del ángulo en el vértice de los haces que se enfocan en un punto dado del detector; se tiene en este caso $N < 3$) y que pueda emplearse en una arquitectura compacta multi espectral.

Entre los diferentes sistemas optrónicos existentes, se puede citar los sistemas:

- una lente en cabezal,
- una cúpula y espejo convexo en cabezal,
- un elemento de cabezal sólido de cara de entrada convexa refractora seguido de un espejo primario cóncavo o convexo,
- un elemento de cabezal sólido de cara de entrada refractora cónica.

25 Clásicamente para los sistemas de lente en cabezal, las ópticas de campo hiper-hemisférico son unas ópticas refractoras de tipo "ojo de pez" que comprende un grupo de cabezal divergente y un grupo de recuperación de imagen constituido generalmente por un grupo intermedio que desplaza la imagen lejana, asociado a un grupo posterior de enfoque. Dichos sistemas se describen por ejemplo en los documentos US 3.737.214 de 1973, y US 7.173.776 de 2007. El diafragma de apertura también designado paso puede posicionarse de manera que se obtenga una óptica telecéntrica como se muestra por ejemplo en el documento US 7.554.753.

30 Ciertas lentes pueden permitir obtener una resolución radial variable en el campo (ejemplo: patente FR 2.826.221). No se conocen por otro lado sistemas que tengan una óptica de distancia focal variable en el campo diferente a la de elementos dióptricos en cabezal.

En todos los sistemas de lente en cabezal, para obtener una mira vertical hacia el zenit, la componente de cabezal tiene una superficie cuyos planos tangentes se aproximan a la horizontal, por ello una compatibilidad limitada con una utilización en ambientes exteriores en caso de inclemencias atmosféricas, perturbando notablemente las gotas de lluvia la imagen debido a la pequeña dimensión de la pupila, semejante a la de la gota de agua.

35 Ciertas ópticas de campo hiper-hemisférico utilizan en cabezal un espejo. En este caso, para una utilización en ambiente exterior el sistema debe poseer por delante de este espejo una cúpula de protección, que aumenta el volumen y el coste, en particular cuando la cúpula es de vidrio o de zafiro, y que debilita el sistema si la cúpula es de reducido grosor o bien de un material blando, de plástico por ejemplo. Este tipo de arquitectura de cúpula y espejo convexo, se utiliza principalmente en el interior para la vigilancia de almacenes o el entorno exterior de mira vertical hacia el suelo para la supervisión de calles, lo que permite a la cúpula de cierre estar protegida de las inclemencias atmosféricas directas. Por el contrario, en el caso de una mira vertical hacia el zenit en el exterior, este tipo de sistema es también incluso más débil que un ojo de pez clásico.

45 Para paliar este inconveniente, en el caso de un campo anular de elevación típica de 40° (altura del campo de 40°) en visión panorámica (ancho del campo de 360°), se puede utilizar un grupo de cabezal sólido mono o bi-elemento, de cara de entrada convexa refractora seguido por un espejo primario cóncavo que permite hacer converger los haces, generalmente hacia un segundo espejo colocado en el centro de la cara refractora de entrada, lo que permite ganar en compacidad. Este grupo mixto refractor/reflector puede estar constituido por una "lente" única o bien por un doblete como se describe en la patente US 2013/0057971. Estos sistemas de elemento en cabezal sólido de cara de entrada convexa refractora seguido por un espejo primario cóncavo tienen el inconveniente de tener un campo limitado en elevación. Además, en el caso de una mira vertical hacia el cenit, la superficie de entrada permanece próxima a la horizontal en la mayor de sus zonas, lo que no resuelve el problema de las inclemencias atmosféricas hacia una utilización en el exterior.

55 Los sistemas de elemento de cabezal sólido de cara de entrada convexa refractora seguido por un espejo primario convexo permiten obtener un gran campo en elevación positiva y negativa, lo que hace que sean utilizados en particular cuando se busca dirigirse a un campo omnidireccional. En estos casos, con el fin de dirigirse a un campo grande, se debe utilizar una cara de entrada fuertemente convexa casi o hiper-hemisférica que cubra la mayor parte

de la parte delantera y de los lados del sólido, estando constituida la parte de atrás principalmente por el espejo primario fuertemente convexo; se describe un ejemplo de ese tipo en la patente US 6.449.103.

5 Muy frecuentemente, la cara de entrada está muy inclinada en la mayor parte de su superficie, lo que hace a este tipo de componente compatible con una utilización en exterior en caso de inclemencias atmosféricas. Por el contrario, la realización del componente de cabezal es delicada, debido a la forma fuertemente convexa y esférica de la cara de entrada. Esto es por lo que este tipo de componentes se realizan principalmente por moldeado, en primer lugar de plástico, lo que limita principalmente su utilización en los componentes de pequeña dimensión (típicamente inferior a 50 mm) si se desea obtener una calidad óptica de nivel de captación de imagen.

10 Finalmente, los sistemas de elemento de cabezal sólido de cara de entrada refractora cónica permiten acceder a un gran campo en elevación, pero son poco utilizados en captación de imagen que requiera una buena calidad óptica, dado que ciertos campos atacan la cara de entrada con un gran ángulo de incidencia, lo que necesita en la parte posterior una buena corrección de las aberraciones. Se utiliza sobre todo como colector de flujos, por ejemplo en el caso de un detector de alerta láser de óptica de gran campo constituido por un tronco de cono refractor limitado por 2 espejos planos, teniendo el espejo M1 una zona central que recibe los haces después de la refracción única por el tronco de cono, o refracción seguida por una reflexión por M1 seguida de M2, o solo por M2, y que incluye un detector en esta zona central (patente CA 2.087.467 de 1993).

Un ejemplo de sistema de captación de imagen de elemento de cabezal sólido, de campo de entrada hiper-hemisférico se describe en el documento EP 2.163.933.

20 En consecuencia, sigue existiendo a día de hoy una necesidad de un sistema que dé simultáneamente satisfacción al conjunto de las exigencias antes citadas, en términos de campo hiper-hemisférico de mira vertical, de óptica de distancia focal variable en el campo, de utilización en ambiente exterior y en un sistema de gran apertura, y que pueda emplearse en una arquitectura compacta multi-espectral.

La solución aportada está constituida por un módulo de captación de imagen que incluye:

- 25 - un componente de cabezal mono-pupila casi afocal en la proximidad del campo de radio angular 90°, asociado a
- un corrector de aberraciones que asegura igualmente el transporte de la imagen y de la pupila, a la salida del que se encuentra
- un objetivo de enfoque adecuado para corregir las aberraciones del campo que permanecen a la salida del corrector, en particular unas aberraciones de curvatura del campo y de astigmatismo, y adecuado para enfocar los rayos procedentes de la escena a captar hacia
- 30 - un detector.

Incluye igualmente un diafragma de apertura situado entre el corrector de aberraciones y el objetivo de enfoque.

Más precisamente la invención tiene por objeto un módulo óptico de captación de imagen que tenga un eje óptico y que incluya en este eje óptico:

- un componente de cabezal mono-pupila de campo de entrada hiper-hemisférico
- 35 o de superficie de entrada refractora y
- o de cara de salida cóncava vista desde el exterior del componente, de zona central (que incluye el eje óptico) refractora y zona periférica reflectora designada espejo primario y,
- o que incluye un espejo secundario en la zona útil predeterminada,
- asociado a un corrector óptico de aberraciones a la salida del que se encuentra
- 40 - un objetivo de enfoque sobre
- un detector.

Está principalmente caracterizado porque:

- el componente de cabezal es:
- 45 - cuasi afocal en la proximidad del campo de radio angular 90° ,
- su superficie de entrada es una superficie de revolución de generatriz recta inclinada sobre el eje óptico con un ángulo inferior a 30° (es decir una superficie de entrada cilíndrica o cónica de ½ ángulo en el vértice inferior a 30°), y
- el espejo secundario es esférico de distancia focal local espacialmente variable en la zona útil con una potencia local máxima para una parte de esta zona utilizada por un campo de radio angular 90° y una potencia local mínima inferior en al menos un factor de 2 para una parte de esta zona utilizada por un campo
- 50 de radio angular <20° (es decir hacia el interior de la zona útil),
- el corrector de aberraciones incluye al menos una lente esférica,
- y porque el módulo óptico incluye un diafragma de apertura situado entre el corrector de aberraciones y el objetivo de enfoque.

Se obtiene de ese modo un módulo óptico de captación de imagen de campo hiper-hemisférico y de distorsión controlada que permite unas variaciones de resolución radial con un factor superior a 2 en el campo, incluyendo un componente de cabezal mono-pupila sólido refractor/reflector, de cara de entrada de revolución de generatriz recta cuasi paralela al eje óptico, y cuya cara de arriba es reflectora y forma un espejo secundario esférico de coeficientes pares e impares, estando asociado este componente a un corrector de aberraciones a la salida del que se encuentra el diafragma de apertura (paso).

La solución aportada permite resolver el problema planteado:

- es compatible con un campo hiper-hemisférico de mira vertical, con una zona muerta central eventual pero limitada;
- es compatible con una utilización en ambiente exterior, gracias a una cara de entrada cuasi vertical incluso entrante, que permita un buen goteo de las gotas de lluvia, que pueda mejorarse por el empleo periódico de un tratamiento superficial adaptado; por otro lado, la superficie de entrada de generatriz recta facilita el empleo eventual de un dispositivo de limpieza motorizado del tipo limpiaparabrisas;
- el componente de cabezal permite realizar una óptica de distancia focal variable en el campo, de manera que la resolución radial del módulo de captación de imagen varíe en el campo con un factor superior a 2 y sea máxima en la proximidad del campo horizontal;
- la mayor parte de las funciones ópticas del componente de cabezal se realizan por reflexión, lo que es compatible con una utilización multi-espectral, con la condición de elegir un material transparente en las diferentes bandas de utilización. Es más robusta que la componente de cabezal que incluye unos espejos y una cúpula;
- como se detalla más adelante, el corrector de aberraciones convierte al módulo en compatible con una óptica de calidad de captación de imagen, incluso en caso de gran apertura;
- como se detalla más adelante, el corrector de aberraciones permite también desplazar el paso a la parte posterior, y hace así al módulo compatible con una arquitectura multi-vía de diafragmas de apertura específicos para cada vía. En efecto, en este tipo de arquitectura, es necesario desplazar el paso a la parte posterior del o de los separadores de vías, es decir alejado detrás de la componente de cabezal.

La superficie de entrada tiene típicamente un $\frac{1}{2}$ ángulo en el vértice inferior a 5° .

Según una característica de la invención, el corrector de aberraciones incluye una única lente esférica, teniendo el módulo de captación de imagen preferentemente una apertura típica inferior a $f/5$ ($N > 5$) en la proximidad del campo de radio angular 90° y que posee un único diafragma de apertura (cualquiera que sea el número de vías) que se sitúa directamente por detrás del corrector de aberraciones.

Según otra característica de la invención, el corrector de aberraciones incluye tres lentes esféricas, constituida una primera por un menisco de cara de entrada convexa, constituida una segunda por un menisco de cara entrada cóncava y constituida una tercera por una lente de conjugación, y teniendo el módulo de captación de imagen preferentemente una apertura típica superior a $f/2$ ($N < 2$) en la proximidad del campo de radio angular 90° y/o que posee en el caso de múltiples vías, unos diafragmas de apertura específicos para cada vía situados en la parte posterior del separador de vías.

Ventajosamente, el módulo óptico de captación de imagen incluye a la salida del corrector de aberraciones, un separador de vías ópticas, teniendo a la salida, un objetivo de focalización y un detector por vía óptica, incluyendo cada objetivo de enfoque eventualmente un filtro espectral.

El deflector es generalmente matricial; se puede utilizar una barrita de foto detectores principalmente en el campo IR3.

Surgirán otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción detallada que sigue, realizada a título de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1a representa esquemáticamente un ejemplo del primer modo de realización de un módulo óptico de captación de imagen de dos vías según la invención, visto en sección con una variante de tres vías en la figura 1b,

las figuras 2 representan esquemáticamente un ejemplo del segundo modo de realización de un módulo óptico de captación de imagen monovía según la invención, visto en sección teniendo para el componente de cabezal, una superficie de entrada cilíndrica (fig. 2a), una superficie de entrada cónica (fig. 2b), una superficie de entrada cónica invertida (fig. 2c),

la figura 3 muestra la variación espacial de la potencia local del espejo secundario en el material en función de la distancia al eje óptico (fig. 3a) así como la de la distancia focal local del módulo de captación de imagen (fig. 3b) en función de la dirección del campo objeto.

De una a otra figura, los mismos elementos se referencian por las mismas referencias.

En lo que sigue de la descripción, las expresiones "vertical", "horizontal", "por encima" se utilizan con referencia a la orientación de las figuras descritas, siendo el eje vertical el eje zz' , siendo el plano horizontal perpendicular a zz' . En

la medida en la que el dispositivo puede colocarse según otras orientaciones, la terminología direccional se indica a título de ilustración y no es limitativa.

5 La invención tiene por objeto un módulo óptico de captación de imagen que tiene un eje óptico vertical para una mira vertical hacia el cenit, es decir según zz' cuyos ejemplos se escriben con relación a las figuras 1 y 2. Incluye en este eje óptico los elementos ópticos siguientes.

10 Un componente de cabezal 10 mono-pupila de campo hiper-hemisférico por ejemplo del orden de 200° a 220° , casi afocal en la proximidad del campo de radio angular 90° (es decir que varía típicamente entre $90^\circ \pm 2^\circ$). El componente es casi afocal en el sentido de que las imágenes sagital y tangencial de un objeto situado en las proximidades de este campo horizontal son una real y la otra virtual. Es mono-pupila en el sentido de que todas las vías ópticas pasan por la misma pupila a la salida del componente de cabezal.

Su superficie 11 de entrada refractora es una superficie de revolución de generatriz recta inclinada sobre el eje óptico con un ángulo inferior a 30° .

Su cara 12 de salida es cóncava vista desde el exterior del componente teniendo, para los rayos procedentes de la cara 11 de entrada y que se trasladan en el componente 10:

- 15
- una zona 122 central refractora y
 - una zona 121 periférica reflectora designada espejo primario.

20 Estas dos zonas pueden estar constituidas por dos superficies unidas de radios de curvatura diferentes siendo en este caso, la zona 121 periférica esférica y la zona 122 central esférica como se puede ver en las figuras 2a, 2b y 2c, o de una única superficie definida por una misma función geométrica muy frecuentemente esférica como se muestra en las figuras 1a y 1b.

25 El componente de cabezal incluye un espejo 13 secundario de zona útil (es decir reflectante) predeterminada que incluye una zona 132 útil interior y una zona 131 útil exterior. La zona 132 útil interior puede excluir el centro porque este puede presentar un punto de retroceso; corresponde entonces a un campo de vista anular. La zona útil es esférica de distancia focal espacialmente variable con una potencia local máxima que forma una curva en campana sobre la zona 131 útil exterior e inferior en al menos un factor de 2 (con relación a esta potencia máxima) hacia el interior de la zona 132 útil interior, de manera que la resolución radial sea mínima en el horizonte; la potencia local varía continuamente pero no linealmente en función del campo objeto; como se ilustra en la figura 3, presenta un máximo correspondiente a la zona utilizada por el campo horizontal y un mínimo correspondiente a la zona utilizada por el campo vertical o cuasi vertical (= de radio angular $<20^\circ$), es decir hacia el interior de la zona 132 interior. Esto permite al módulo de captación de imagen poseer una distancia focal local que varía en un factor superior a 2 en el campo. La distancia focal local f_l se define por la expresión $f_l(\theta) = dy/d\theta$, en la que dy es el campo de imagen elemental que corresponde al campo objeto elemental $d\theta$ de orientación radial y centrado en el campo de radio angular θ ; la potencia local es $PL(\theta) = 1 / f_l(\theta)$.

30

35 Este componente de cabezal se asocia a un corrector 20 de aberraciones que incluye al menos una lente esférica. Pero continúa habiendo aún importantes aberraciones de campo a la salida del corrector de aberraciones, en particular la curvatura del campo y el astigmatismo. Estas se corrigen en un objetivo 30 de enfoque situado en la parte posterior del paso 50, igual que las aberraciones de apertura residuales.

40 A la salida del corrector 20 óptico de aberraciones se encuentra por tanto el objetivo 30 de enfoque adecuado para enfocar los rayos procedentes de la escena a captar en un plano focal en el que se coloca un detector 40 matricial. Se puede utilizar así como detector 40, una barrita de fotodirectores principalmente en el campo de IR3.

El módulo óptico incluye un diafragma 50 de apertura (o paso) situado entre el corrector 20 de aberraciones y el objetivo 30 de enfoque.

Todos estos elementos ópticos están centrados: son de simetría radial alrededor del eje óptico zz' .

45 Se describe con relación a la figura 1a un ejemplo del primer modo de realización de un módulo de captación de imagen según la invención.

La superficie 11 de entrada del componente de cabezal es una superficie de revolución de generatriz recta inclinada sobre el eje óptico con un ángulo nulo. Dicho de otra manera se trata de una superficie cilíndrica cuyas caras son paralelas al eje óptico zz' : las caras son verticales.

50 La cara 12 de salida del componente de cabezal es cóncava vista desde el exterior teniendo para los rayos procedentes de la cara de entrada: una zona 122 central refractora y una zona 121 periférica reflectora que forman el espejo primario. Esta zona 121 periférica es preferentemente esférica para mejorar la calidad óptica de las imágenes.

En este ejemplo, para ser compatible con una gran apertura (se trata de la apertura definida por el número de apertura N en la expresión f/N , siendo $N = 1 / (2 \times \sin \alpha)$ en la que α es $\frac{1}{2}$ del ángulo en el vértice de los haces que

enfocan en un punto dado del detector; se tiene típicamente en este caso $N < 2$) el corrector 20 de aberraciones está constituido por un grupo de 3 lentes:

- un primer menisco 22 frecuentemente esférico, de cara de entrada convexa, seguido
- por un segundo menisco 23 de cara de entrada cóncava, seguido
- 5 - por una lente de conjugación 24.

En este caso, el módulo de captación de imagen tiene por tanto una apertura típica superior a $f/2$ ($N < 2$) en la proximidad del campo de radio angular 90° y/o posee, en el caso de multivías, unos diafragmas de apertura específicos para cada vía situados en la parte posterior del separador de vías.

10 En este ejemplo el módulo de captación de imagen es de dos vías. Con esta finalidad, está provisto además con un separador 60 de vías tal como un conjunto de 2 prismas con reflexión a 45° sobre una de las vías (caso representado en la figura 1a) o tal como un conjunto de 2 prismas con reflexión a aproximadamente 30° seguido por una reflexión total o tal como una lámina separadora (eventualmente extraíble), teniendo para cada una de las dos vías separadas:

- 15 - un objetivo 30 de enfoque equipado a su vez con un filtro espectral (que puede estar situado cerca o no del separador), y que comprende: un menisco 33 frecuentemente esférico, un triplete 32 y una lente 35 de campo frecuentemente esférica;
- un paso 50 desplazado a la parte posterior del separador para adaptarse a la apertura de la vía correspondiente, y soportado por un diafragma de iris en el caso de una apertura variable, o bien por la cara posterior del separador (caso de la figura 1a) o bien por el filtro 31 espectral que puede estar ligeramente retrasado del separador, por ejemplo si este filtro espectral lleva un filtro de fase y/o si es móvil e incluye varias posiciones correspondientes a diferentes aperturas discretas.

20 En el caso en el que una de las vías posea una gran apertura (típicamente superior a $f/3$, es decir $N < 3$), la profundidad de enfoque podrá aumentarse mediante el empleo de un filtro de fase, preferentemente de simetría de revolución, con el fin de favorecer la obtención de una calidad de imagen uniforme en todo el campo. Este filtro se colocará a la altura del diafragma de apertura y podrá situarse por ejemplo sobre una de las caras del filtro espectral cuando se coloca en la vía un filtro de ese tipo, o bien por ejemplo en la cara posterior del separador cuando haya uno. En este último caso, la cara posterior del separador debe estar en contacto con el medio ambiente (aire o nitrógeno habitualmente).

- 25 - un detector (los detectores no están representados en las figuras para no sobrecargarlas, pero se muestra en la figura 1a así como la figura 2a la ventanilla 71 del detector).

30 Según una variante de este modo de realización, ilustrado en la figura 1b, dos separadores de vías equipan el módulo de captación de imagen de tres vías esta vez: un primer separador 60a colocado como en el ejemplo de la figura 1a, estando situado el 2º separador 60b sobre una de las 2 salidas del primer separador, según una orientación cualquiera en este plano de salida, de manera que separe dos vías recibidas en la entrada. También en este caso, cada vía separada está provista con un objetivo de enfoque a su vez equipado con un filtro espectral colocado sobre el paso que es desplazado hacia la parte trasera para adaptarse a la apertura de la vía correspondiente. El objetivo de enfoque no está representado en esta figura, ni en las figuras 2b y 2c.

35 En estas figuras 1, los radios se montan solamente sobre una mitad de la figura para no sobrecargarla, pero por supuesto el componente de cabezal no está limitado a estos radios.

40 En un ejemplo de otro modo de realización mostrado en la figura 2a, el módulo de captación de imagen es monovía. La superficie 11 de entrada del componente de cabezal es igualmente cilíndrica, de caras verticales.

La cara 12 de salida del componente de cabezal está constituida por una zona 122 central refractora y esférica, y una zona 121 exterior reflectora esférica que forma el espejo primario.

45 En este ejemplo, el corrector de aberraciones incluye una única lente 21 esférica correctora, y el paso 50 de pequeño diámetro se sitúa en la proximidad de la parte posterior del corrector. El módulo de captación de imagen tiene una apertura típica inferior a $f/5$ ($N > 5$) en la proximidad del campo de radio angular 90° y posee un único diafragma de apertura (cualquiera que sea el número de vías) que se sitúa directamente por detrás del corrector de aberraciones.

50 El objetivo 30 de enfoque eventualmente equipado con un filtro espectral colocado sobre el paso 50 comprende: un menisco 33 generalmente esférico, un doblete 34 y una lente 35 de campo frecuentemente esférica.

Según una primera variante de este segundo modo de realización, mostrado en la figura 2b, la superficie 11 de entrada del componente de cabezal es cónica es decir de generatriz inclinada sobre el eje óptico con un ángulo inferior a 30° y no nulo, en este caso con un ángulo de 15° como se indica en la figura (el vértice de este ángulo de inclinación sobre el eje óptico zz' apuntado hacia z'). Esto permite obtener una mira cenital eficaz.

55 Según una segunda variante de este segundo modo de realización, mostrado en la figura 2c, la superficie 11 de entrada del componente de cabezal es cónica de cono invertido con relación al ejemplo anterior; está inclinada sobre

el eje óptico con un ángulo de 7° como se indica en la figura (el vértice de este ángulo de inclinación sobre el eje óptico zz' apuntado hacia z). Esta configuración es ventajosa para una utilización en zona de inclemencias meteorológicas (lluvia, nieve, etc.).

5 Por supuesto otros ejemplos de este segundo modo de realización pueden ser multivía estando equipados con uno o varios separadores de vías, como ya se ha visto con las figuras 1.

10 Para el componente 10 de cabezal se pueden utilizar diversos materiales. Para las aplicaciones de captación de imagen visible (0,4-0,65 μm) y/o de captación de imagen en el infrarrojo próximo (NIR 0,65-1 μm) y/o de captación de imagen en el infrarrojo SWIR (1,5-1,7 μm), y/o de captación de imagen NIR+SWIR (1 μm-1,7 μm), se puede utilizar como material vidrio óptico estándar designado bajo esta denominación genérica o bajo su marca comercial Schott N-BK7 o N-BK7HT preferentemente en el caso en el que se utilice la vía SWIR, sin que la generalidad de la referencia se modifique. Este vidrio tiene la ventaja de tener un coste reducido, existir normalizado en grandes grosores, y ser relativamente duro y poco sensible a los agentes químicos. Entre los otros materiales candidatos, se puede citar en particular el vidrio designado bajo su marca comercial Schott N-SK2 o equivalente así como la sílice y los videos moldeables.

15 Para las aplicaciones multi-espectrales de banda más amplia, se puede utilizar en particular como material del componente de cabezal ZnS multi-espectral (transparente desde el visible al infrarrojo banda III), Alon (material duro transparente desde el visible al infrarrojo banda II), silicio (transparente en las bandas SWIR e IR II), unos materiales en curso de desarrollo como las cerámicas (materiales duros transparentes desde el infrarrojo cercano al infrarrojo banda III).

20 La superficie 11 de entrada está recubierta ventajosamente con un tratamiento hidrófobo.

Se encontrarán a continuación en el presente documento los ejemplos de características ópticas que pueden obtenerse para una aplicación de vigilancia panorámica:

Ejemplos de características ópticas que pueden obtenerse	Vía NIR	Vía VIS	Vía SWIR n.º 1	Vía SWIR n.º 2
Banda espectral (nm)	650-1000	400-650	1000-1700	1000-1700
Campo óptico objeto (°)	220	220	220	220
Ángulos de sitio no troceados (°)	+75/-20	+75/-20	+75/-20	+75/-20
AN del campo horizontal (radio angular del campo óptico: 90°)	1,9	3,8	3,8	3,8

25 Designando AN la apertura numérica. Campo horizontal corresponde a un ángulo del emplazamiento nulo, es decir al plano objeto horizontal.

Con referencia a la distancia focal espacialmente variable del espejo 13 secundario, se puede obtener por ejemplo con las características anteriores, como se ilustra en la figura 3a: una potencia local en el material de 1,8 m⁻¹ para un campo a 30° del eje, variando hasta 16,2 m⁻¹ para el campo a 90° del eje.

30 A la altura del módulo óptico, se puede obtener entonces, como se ilustra en la figura 3b: una distancia focal local de 1 mm para un campo a 30° del eje, variando hasta 6,4 mm para un campo a 90° del eje.

Ejemplos de características ópticas que pueden obtenerse		
Campo objeto (°)	Potencia local del espejo secundario (m ⁻¹)	Distancia focal local óptica completa (mm)
30	1,8	1,0
60	10,4	2,3
75	13,7	4,1
90	16,2	6,4
105	15,8	4,8

Los detectores materiales siguientes pueden asociarse por ejemplo a las ópticas descritas anteriormente, lo que permite obtener una resolución variable espacialmente como se indica a continuación, que sigue las evoluciones de la resolución tangencial en óptica panorámica.

35

Ejemplos de sensores característicos que pueden obtenerse	Vía NIR	Vía VIS	Vía SWIR n.º 1	Vía SWIR n.º 2
Paso del píxel (mm)	6,5	6,5	15	15
Número de píxeles del detector	2560x2160	2560x2160	1280x1024	640x512
Resolución radial (mrad) campo horizontal	1,0	1,0	2,3	4,3
Resolución radial máxima (mrad) a +/-15° del sitio	1,6	1,6	3,7	6,7
Resolución radial (mrad) a + 30° del sitio	2,8	2,8	6,5	11,9
Resolución radial (mrad) a + 60° del sitio	6,6	6,6	15,1	27,7

La solución aportada está adaptada por tanto particularmente a un sistema de vigilancia terrestre de bajo coste, día-noche, montado en un vehículo.

- 5 ❖ El campo hiper-hemisférico permite no solamente observar las amenazas situadas por la parte delantera, la parte posterior, en los lados y por encima del vehículo, sino también aquellas situadas en el pie de este (minas, etc.). Un módulo de captación de imágenes de ese tipo es monobloque, lo que hace más fácil su integración en el vehículo.
- 10 ❖ El módulo sólido mixto reflector/refractor permite obtener una compacidad que es muy superior a la que se obtendría con un ojo de pez clásico, y hace al módulo de captación de imagen menos vulnerable a las amenazas.
- 15 ❖ Para obtener simultáneamente una buena resolución, una distorsión controlada y una gran apertura, se utilizan componentes de cabezal de diámetro típico de 100 a 125 mm y de grosor total típico de 40 a 60 mm, compatible con unas dimensiones de materiales suficientemente duros para ser utilizados en el exterior, como los vidrios ópticos. En el caso de apertura más reducida, el componente de cabezal, de diámetro típico de 60 a 80 mm y de grosor total típico de 30 a 40 mm, es más fácilmente compatible con una realización mediante moldeado.
- 20 ❖ La resolución es máxima para las amenazas más frecuentes, situadas en la proximidad de la línea horizontal. Por otro lado, las amenazas situadas a una gran altura, como unos soldados de infantería colocados en la parte alta de inmuebles en un combate urbano, son también accesibles. Además, este tipo de arquitectura está bien adaptada a la detección de alertas láser.
- 25 ❖ La forma de la cara de entrada convierte al dispositivo en particularmente bien adaptado para una utilización en todo tiempo.
- 30 ❖ La posibilidad de obtener una calidad de captación de imagen con una gran apertura hace al sistema compatible con la utilización día-noche. En particular, esto hace posible el empleo de un detector sin refrigeración líquida, lo que disminuye el coste y aumenta la robustez. Este tipo de arquitectura óptica puede emplearse así por ejemplo con unos detectores matriciales de silicio de reducido ruido, InGaAs, IR No refrigerado.
- 35 ❖ La compatibilidad con una óptica multivía permite asociar diferentes vías de captación de imagen que presenten informaciones complementarias, a las que puede añadirse eventualmente una vía de detección de alertas láser y/o de salida de misiles.
- ❖ La forma del componente de cabezal permite una realización relativamente fácil por mecanizado, compatible con materiales duros y utilizables en entornos exteriores, como el vidrio o ciertos materiales infrarrojos. La realización se simplifica (y el coste disminuye) en el caso de una cara de entrada cilíndrica y de una cara posterior constituida por una única superficie.

REIVINDICACIONES

1. Módulo óptico de captación de imagen que tiene un eje óptico y que incluye en este eje óptico:
- un componente de cabezal (10) mono-pupila de campo de entrada hiper-hemisférico, cuasi afocal en la proximidad del campo de radio angular 90° ,
- 5
- o de superficie de entrada (11) refractora que es una superficie de revolución de generatriz recta inclinada sobre el eje óptico con un ángulo inferior a 30°
 - o de cara de salida (12) cóncava vista desde el exterior del componente, de zona central (122) refractora y zona periférica (121) reflectora designada espejo primario,
 - o y que incluye un espejo (13) esférico secundario en la zona útil predeterminada,
- 10
- asociado a un corrector (20) óptico de aberraciones a la salida del que se encuentra
 - un objetivo (30) de enfoque sobre
 - un detector (40),
 - con un diafragma (50) de apertura situado entre el corrector (20) de aberraciones y el objetivo (30) de enfoque, **caracterizado porque:**
- 15
- el espejo (13) secundario es de distancia focal local espacialmente variable en la zona útil con una potencia local máxima para una parte de esta zona utilizada por un campo de radio angular 90° y una potencia local mínima inferior en al menos un factor de 2 para una parte de esta zona utilizada por un campo de radio angular inferior a 20° ,
 - el corrector (20) óptico de aberraciones incluye al menos una lente esférica.
- 20
2. Módulo óptico de captación de imágenes según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** para la superficie (11) de entrada, la inclinación de la recta generatriz forma un $\frac{1}{2}$ ángulo en el vértice inferior a 5° .
3. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el espejo (13) secundario es de coeficientes pares e impares.
4. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la zona útil del espejo (13) secundario es anular.
5. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el espejo (121) primario es esférico y la zona (122) central refractora de la cara de salida del componente es esférica.
6. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el espejo (121) primario y la zona (122) refractora de la cara de salida del componente de cabezal corresponden a una superficie definida por una misma función geométrica.
7. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el corrector (20) de aberraciones incluye una única lente (21) esférica.
8. Módulo óptico de captación de imágenes según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el corrector (20) de aberraciones incluye tres lentes esféricas,
9. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el detector es matricial o es una barrita de fotodetectores.
10. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** incluye a la salida del corrector (20) de aberraciones al menos un separador (60) de vías ópticas, teniendo en la salida, un objetivo de enfoque y un detector por vía óptica.
11. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada objetivo de enfoque incluye un filtro (31) espectral.
12. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se coloca un filtro de fase de simetría de revolución a la altura del diafragma (50) de apertura.
13. Módulo óptico de captación de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la (o las) vía(s) óptica(s) está(n) en el campo visible y/o NIR y/o SWIR.

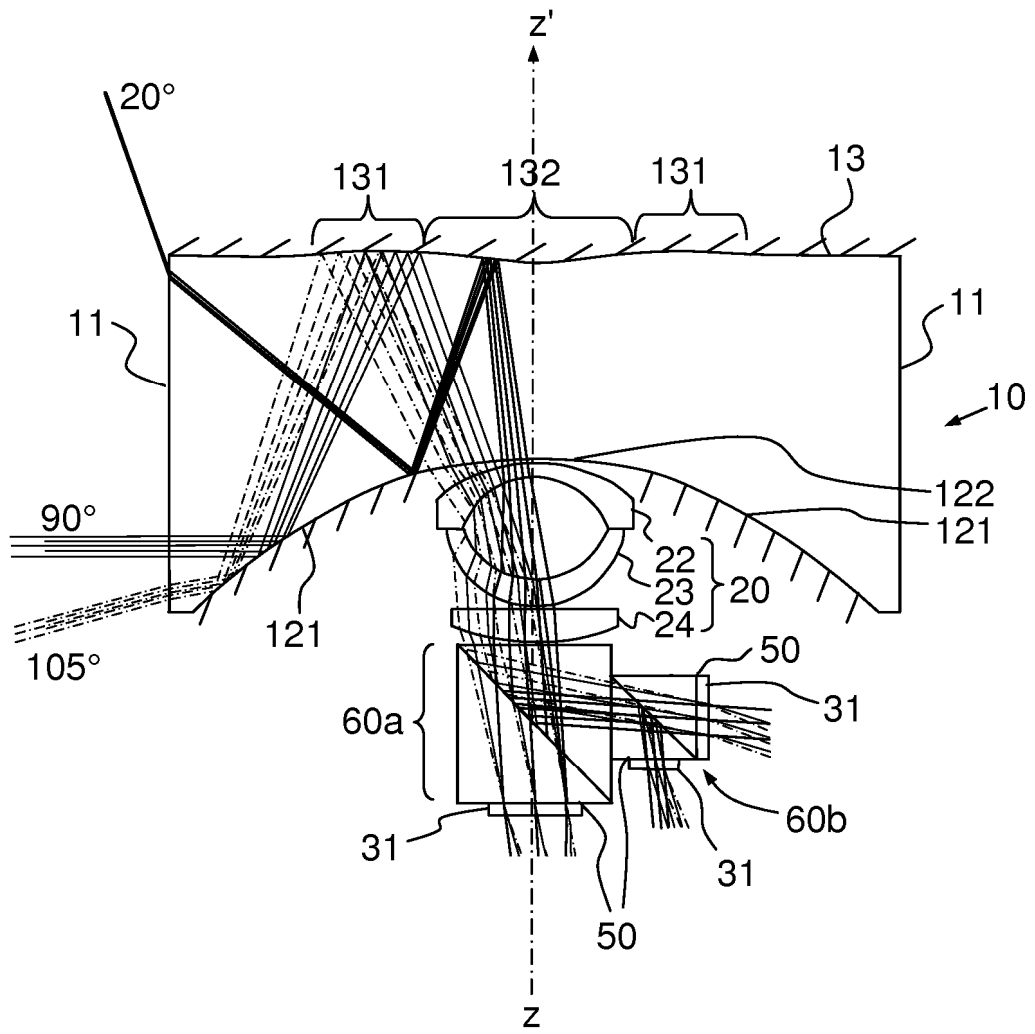


FIG.1b

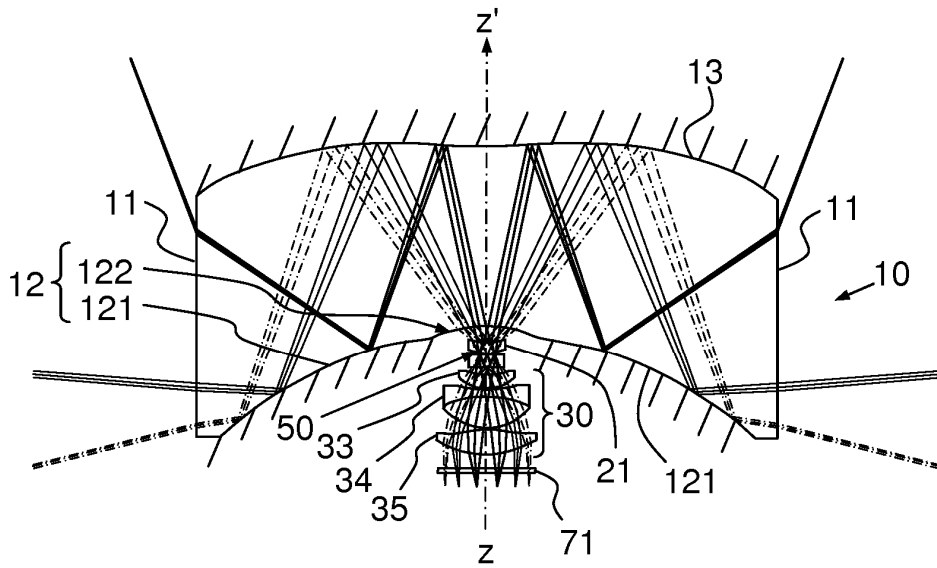


FIG. 2a

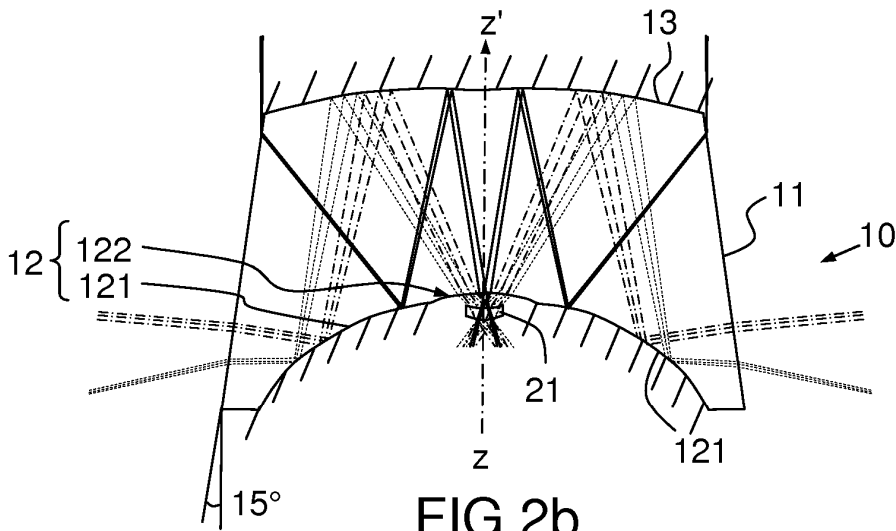


FIG. 2b

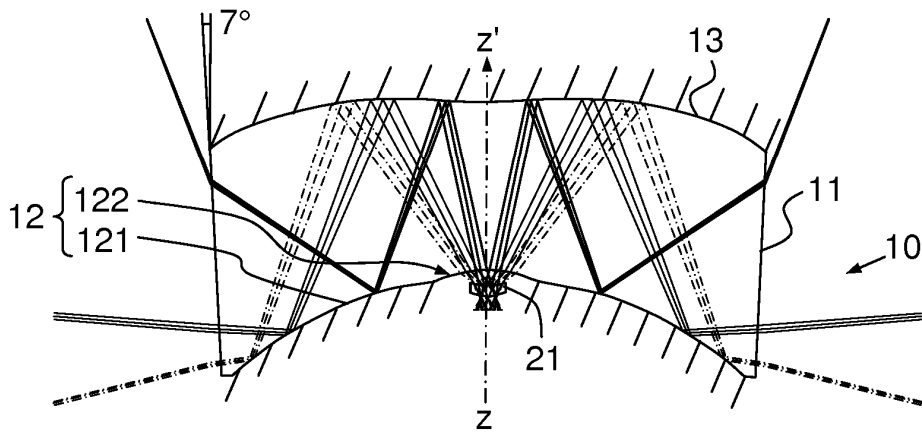


FIG. 2c

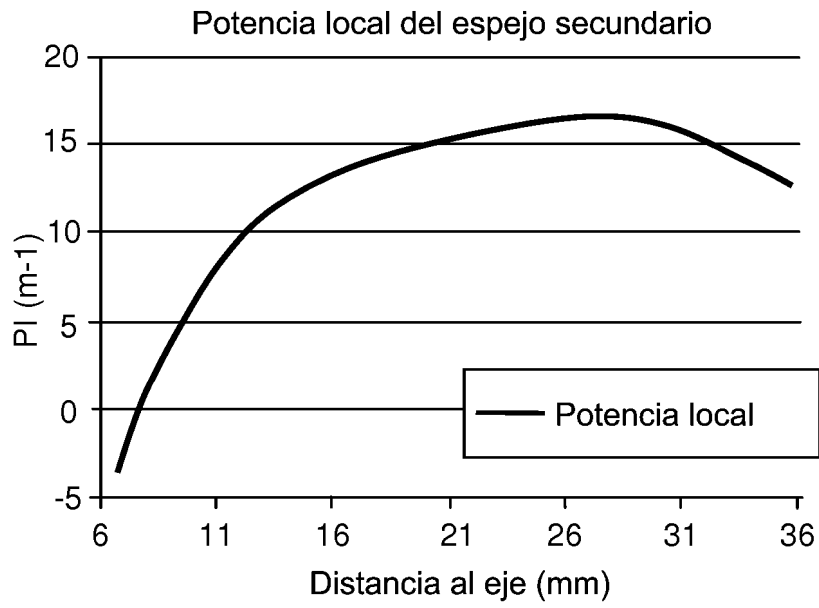


FIG.3a

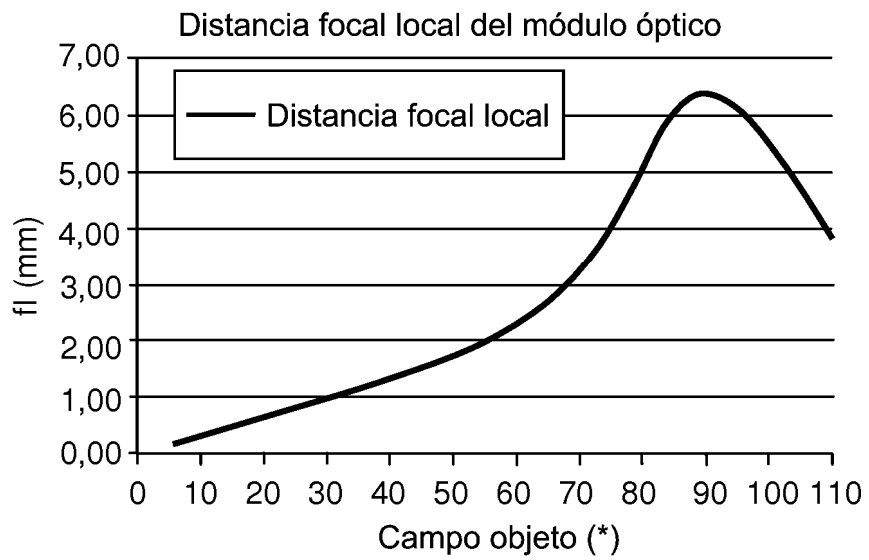


FIG.3b