

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 364**

51 Int. Cl.:

G02B 17/06 (2006.01)

G02B 23/06 (2006.01)

G02B 26/06 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2022 PCT/FR2022/050178**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2022 WO22167750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2022 E 22705444 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024 EP 4154046**

54 Título: **Instrumento de obtención de imágenes**

30 Prioridad:

05.02.2021 FR 2101138

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

25.09.2024

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS (100.0%)
31 Rue des Cosmonautes, ZI du PALAYS
31402 Toulouse Cedex 4, FR**

72 Inventor/es:

**COATANTIEC, CLAUDE;
PAOLETTI, ANOUCK y
BOYADJIAN, JOËL**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 979 364 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

Instrumento de obtención de imágenes

5 **Sector de la técnica**

La presente descripción se refiere a un instrumento de obtención de imágenes, un satélite equipado con dicho instrumento y un método de captación de imágenes.

10 **Estado de la técnica**

15 La obtención de imágenes por satélite es un campo técnico muy desarrollado con una amplia gama de aplicaciones. Algunas de estas aplicaciones requieren que el instrumento de obtención de imágenes utilizado proporcione resoluciones muy finas. Los defectos de forma en la superficie del espejo primario de un telescopio utilizado para tales aplicaciones se encuentran entre las causas más significativas de pérdida de resolución. Estos defectos de forma pueden deberse a la fabricación del espejo primario o a las tensiones y/o ausencia de homogeneidad térmica que experimenta el espejo primario mientras se utiliza el telescopio. La forma del frente de onda de la luz que se refleja en el espejo primario se ve alterada por tales defectos y, debido a ello, la imagen de una fuente puntual de luz que se forma en el plano focal del telescopio no es un punto sino una mancha que aumenta de tamaño mientras que es óptima en ausencia de defectos en el espejo primario. Este aumento de la mancha de la imagen es responsable de la pérdida de resolución del instrumento de obtención de imágenes.

25 Otra dificultad en el diseño de un instrumento de obtención de imágenes para su uso a bordo de un satélite se deriva de la existencia de distorsiones ópticas que afectan a la imagen formada en el plano focal. En efecto, en un modo de captación de imágenes de escáner de barrido, la imagen se capta durante su desplazamiento en el plano focal, que generalmente resulta del movimiento del satélite en su órbita. Para ello, se utilizan sensores de imagen de retardo temporal e integración (TDI) o "time delay integration" según sus siglas en inglés. Dichos sensores TDI acumulan señales de detección que son sincrónicas con el movimiento de la imagen a lo largo de las columnas del sensor. El paralelismo entre la dirección de las columnas de cada sensor TDI dispuesto en el plano focal y la dirección local del movimiento de la imagen es, por tanto, esencial. Sin embargo, en presencia de distorsiones de la imagen, como las distorsiones de barril o de cojín, la dirección local del movimiento de la imagen varía entre las distintas ubicaciones dentro del plano focal. Cada sensor TDI debe orientarse entonces en paralelo a la dirección aparente de desplazamiento de la imagen que sea efectiva en su ubicación. Además, las distorsiones son aún más perjudiciales cuando cada sensor TDI tiene un gran número de etapas para proporcionar una mejor sensibilidad a niveles bajos de luz, ya que la dirección local del movimiento de la imagen varía entonces significativamente a lo largo de las columnas de algunos de los sensores TDI. Por último, las distorsiones también provocan variaciones en la velocidad de movimiento de la imagen dentro del plano focal, dependiendo de la posición del ángulo de campo, y esto hace que los sensores TDI funcionen de forma desincronizada con los movimientos locales de la imagen. Un posible método para compensar las distorsiones y recuperar la compatibilidad con el uso de sensores TDI es utilizar una superficie de soporte de sensores que no sea plana, es decir, que sea cóncava o convexa. Sin embargo, el montaje del plano focal se vuelve complejo, especialmente cuando contiene un gran número de sensores TDI.

45 Por último, la integración de un instrumento de obtención de imágenes en un satélite es una etapa difícil, sobre todo cuando el instrumento comprende varias vías de obtención de imágenes cuyas posiciones relativas deben ajustarse con precisión. Por tanto, es esencial que el diseño del instrumento de obtención de imágenes tenga en cuenta directamente las dificultades que entraña su integración en el satélite, a fin de reducir el tiempo y el coste de esta etapa.

50 Los tres artículos siguientes:

"Active optics for next generation of space observation instruments", de Viard T. *et al.*, SPIE Proceedings, vol. 11180, pág. 1118008, 12 de julio de 2019,

55 "Innovative focal plane design for large space telescopes", de Wilfried J. *et al.*, SPIE Proceedings, vol. 10562, pág. 105624Y, 25 de septiembre de 2017, y

"Active optics for next generation of space telescopes", de Costes V. *et al.*, SPIE Proceedings, vol. 10524, pág. 103980S, 5 de septiembre de 2017

60 divulgan la disposición de un espejo deformable que se encuentra en la pupila de salida de un telescopio.

Problema técnico

65 Partiendo de esta situación, un objetivo de la presente invención es resolver o reducir al menos uno de los problemas técnicos anteriormente mencionados, en comparación con los instrumentos de obtención de imágenes conocidos en la técnica anterior.

Más concretamente, el objetivo de la invención es eliminar, al menos en parte, las degradaciones en la resolución óptica resultantes de defectos en la forma de la superficie reflectante del espejo primario de un telescopio.

5 Un objetivo secundario de la invención es reducir las distorsiones que afectan a la imagen formada en el plano focal por el instrumento de obtención de imágenes.

Por último, otro objetivo secundario de la invención es proponer una arquitectura de instrumento de obtención de imágenes de dos vías que facilite la etapa de integración en un satélite.

10

Objeto de la invención

Para lograr al menos uno de estos objetivos u otro, un primer aspecto de la invención proporciona un novedoso instrumento de obtención de imágenes que comprende:

15

- un espejo primario, un espejo secundario y un espejo terciario que juntos constituyen un telescopio de tipo Korsch, constituyendo además el espejo primario una pupila de entrada del telescopio;

20

- un conjunto de captación de imágenes, que está situado en un plano focal del telescopio para la captación de una imagen formada por la luz reflejada sucesivamente por el espejo primario, el espejo secundario y, a continuación, el espejo terciario;

- un espejo deformable, que se coloca en una pupila del telescopio distinta de la pupila de entrada; y

25

- un controlador, que está adaptado para ajustar una forma del espejo deformable, de manera variable entre diferentes zonas de este espejo deformable, para compensar al menos un defecto de forma del espejo primario.

Al utilizar un telescopio de tipo Korsch, el instrumento de obtención de imágenes tiene una curvatura de campo baja o muy baja, de modo que la imagen captada puede ser nítida en una amplia zona del plano focal. Esto permite disponer varios sensores de imagen en el plano focal, de modo que el instrumento de obtención de imágenes tenga un gran campo de entrada. De este modo, al utilizar el instrumento en el modo escáner de barrido, la anchura de barrido puede ser grande utilizando varios sensores de imagen desplazados entre sí en el plano focal, con una componente de desplazamiento perpendicular al desplazamiento de la imagen.

30

Además, al colocar el espejo deformable en una pupila del instrumento de obtención de imágenes, el espejo deformable se conjuga ópticamente con el espejo primario. Así pues, es posible compensar un relieve o una depresión que exista localmente en la superficie del espejo primario, en relación con su forma nominal, creando una deformación local opuesta en la superficie del espejo deformable, en un entorno de este último que sea ópticamente conjugable con el relieve o la depresión del espejo primario. De este modo, la diferencia de longitud de camino óptico causada por el defecto de forma del espejo primario, que altera la forma del frente de onda, es compensada por el espejo deformable. El frente de onda vuelve a tener una forma nominal aguas abajo del espejo deformable, hasta el plano focal. De este modo, cualquier posible defecto presente en la forma del espejo primario ya no degrada significativamente la resolución del instrumento de obtención de imágenes. Además, el diseño del telescopio Korsch implica que la pupila que contiene el espejo deformable sea más pequeña que la del espejo primario, de modo que cualquier defecto en la forma de este último puede compensarse con un modelo de espejo deformable de dimensiones limitadas.

35

40

45

Según la definición de las pupilas de un instrumento óptico de formación de imágenes, la pupila donde se encuentra el espejo deformable está conjugada ópticamente con la pupila de entrada por el espejo secundario o por la combinación de los dos espejos secundario y terciario, y posiblemente también por componentes adicionales del telescopio, llegado el caso. En la jerga del experto en la técnica, se trata de una pupila intermedia o pupila de salida del telescopio. Dependiendo del diseño del telescopio, particularmente cuando es de tipo Korsch, el telescopio puede no tener una verdadera pupila intermedia. En este caso, el espejo deformable se coloca en la pupila de salida del telescopio. En general, el espejo deformable puede colocarse preferiblemente en la pupila de salida del telescopio.

50

55

Mediante la combinación del espejo deformable con el controlador, es posible compensar defectos estáticos o dinámicos en la forma del espejo primario. Por defectos estáticos se entiende defectos permanentes que pueden resultar, por ejemplo, de la fabricación del espejo primario. Por el contrario, los defectos dinámicos afectan a la forma del espejo primario de forma variable en el tiempo. Estos últimos pueden generarse, en particular, por tensiones o gradientes térmicos que experimenta temporalmente el espejo primario.

60

Según una característica adicional de la invención, el espejo deformable tiene una forma básica que es curva, además de los ajustes de la forma de este espejo deformable que produce el controlador. Su forma básica, que es curva, se adapta entonces para reducir las distorsiones de la imagen formada en el plano focal en relación con un espejo plano que se dispondría en lugar del espejo deformable. De este modo, cuando el conjunto de captación de

65

imágenes comprende varios sensores TDI, no es necesario utilizar una superficie que sea curva para soportar estos sensores TDI, porque la distorsión de la imagen se compensa mediante la forma básica del espejo deformable. Los sensores TDI pueden entonces montarse en el plano focal sobre un soporte plano, lo que facilita su montaje.

5 En diversas aplicaciones del instrumento de obtención de imágenes, este instrumento puede adaptarse para funcionar en modo “escáner de barrido”, o para la captación de imágenes en modo estático, comúnmente denominado modo “captura” o “mirada fija”, con un sensor de imágenes de tipo matricial para formar el conjunto de captación de imágenes.

10 Posiblemente, el controlador puede estar adaptado además para ajustar la forma del espejo deformable para compensar al menos un defecto de posición de al menos un componente óptico del instrumento de obtención de imágenes, en particular un defecto de posición del espejo secundario o del espejo terciario dentro del telescopio, además de compensar los defectos de forma del espejo primario. El error de posición del componente óptico que puede compensarse de este modo según la invención puede ser un error de posición longitudinal, es decir, el error
15 consiste en un desplazamiento del componente óptico con respecto a su posición nominal, que es paralela a la dirección de propagación de la luz a nivel del componente. Alternativamente, el desplazamiento puede ser transversal u oblicuo con respecto a la dirección de propagación de la luz, o el defecto puede consistir en una desviación de la inclinación del componente con respecto a la configuración nominal del instrumento de obtención de
20 imágenes.

Además, la forma básica del espejo deformable curva proporciona un grado de libertad adicional para compensar la distorsión al mismo tiempo que reduce el calado óptico, es decir, se reduce la longitud del camino óptico entre el espejo terciario y el conjunto de captación de imágenes. De este modo, puede lograrse una combinación mejorada entre un volumen ocupado reducido del instrumento de obtención de imágenes y un nivel de distorsión bajo o muy
25 bajo.

Preferiblemente, la pupila en la que se coloca el espejo deformable está situada en una trayectoria óptica de la luz que forma la imagen captada, entre el espejo terciario y el plano focal. Esta pupila puede ser entonces la pupila de salida del telescopio.

30 Cuando el conjunto de captación de imágenes comprende varios sensores TDI, éstos pueden estar dispuestos en el plano focal con direcciones de columna respectivas que son todas paralelas a un plano común, y presentar entre los mismos componentes de desplazamiento que son perpendiculares a las direcciones de columna, dentro del plano focal. Ventajosamente, los sensores TDI también pueden tener, entre dos sensores TDI adyacentes, componentes de desplazamiento adicionales que son paralelas a las direcciones de columna dentro del plano focal. Estos
35 componentes de desplazamiento adicionales pueden ser útiles para proporcionar superposiciones entre los segmentos de imagen captados por sensores TDI adyacentes, o para resolver dificultades de volumen ocupado de los sensores uno respecto a otro en el plano focal.

40 Posiblemente, las direcciones de columna de los sensores TDI pueden estar además desplazadas angularmente entre sensores separados en torno a ejes de rotación respectivos que sean perpendiculares al plano común de todas esas direcciones de columna. De este modo, la dirección de columna de cada sensor TDI puede superponerse exactamente a la dirección local de movimiento de la imagen en el plano focal en el entorno de dicho sensor TDI.

45 Posiblemente, el instrumento de obtención de imágenes puede comprender dos vías de obtención de imágenes, según la combinación siguiente de las mismas:

50 una primera de las vías de obtención de imágenes comprende el telescopio de tipo Korsch, el espejo deformable y el conjunto de captación de imágenes, y

una segunda de las vías de obtención de imágenes comprende un telescopio adicional y un conjunto de captación de imágenes adicional que está situado en un plano focal del telescopio adicional,

55 siendo los espejos primario y secundario comunes al telescopio de tipo Korsch y al telescopio adicional, y

el instrumento de obtención de imágenes comprende además un divisor de haces que está situado en una trayectoria de luz entre el espejo secundario y un espejo terciario del telescopio adicional, para separar espacialmente entre sí las dos vías de obtención de imágenes aguas abajo de este divisor de haces, con respecto a un sentido de propagación de la luz en el instrumento de obtención de imágenes.

60 Para una realización de este tipo del instrumento con dos vías de obtención de imágenes, el divisor de haces puede superponerse a una imagen intermedia que está formada por los espejos primario y secundario cuando el instrumento de obtención de imágenes está en uso, de modo que el divisor de haces funciona por división de campo. Ventajosamente, el divisor de haces puede estar constituido por un espejo superpuesto a una parte de la imagen intermedia dedicada a una de las vías de obtención de imágenes, con exclusión de una parte
65 complementaria de la imagen intermedia dedicada a la otra vía de obtención de imágenes.

De nuevo para una implementación de dos vías de obtención de imágenes, el instrumento puede comprender ventajosamente dos plataformas de soporte de componentes ópticos, con los siguientes usos para cada una de ellas:

5 el divisor de haces, el espejo terciario del telescopio de tipo Korsch, el espejo deformable y el conjunto de captación de imágenes pueden estar soportados por una primera de las plataformas, de modo que la primera plataforma esté dedicada a la primera vía de obtención de imágenes, y

10 una segunda de las plataformas puede estar dedicada a la segunda vía de obtención de imágenes, soportando componentes de esta segunda vía de obtención de imágenes excluyendo los espejos primario y secundario.

Esta división de las vías de obtención de imágenes en plataformas separadas permite diseñar el instrumento de obtención de imágenes modular. Esto facilita su montaje, ajuste óptico e integración en un satélite. Tal diseño modular también permite poder únicamente utilizar el diseño de la primera vía de obtención de imágenes para un instrumento destinado a prescindir de la segunda vía de obtención de imágenes.

La primera vía de obtención de imágenes puede ser funcional en el rango espectral de luz visible.

20 La segunda vía de obtención de imágenes puede ser una vía de obtención de imágenes infrarrojas. En este caso, la segunda plataforma puede soportar además un criostato dispuesto para enfriar el conjunto de captación de imágenes adicional, y también una fuente de radiación integrada dispuesta para enviar temporalmente radiación de calibración al conjunto de captación de imágenes adicional.

25 Ventajosamente, la fuente de radiación integrada también puede disponerse de modo que la radiación de calibración enviada por la misma al conjunto de captación de imágenes adicional sea reflejada por al menos un espejo del telescopio adicional, en un camino óptico de esta radiación de calibración entre la fuente de radiación integrada y el conjunto de captación de imágenes adicional. De este modo, la radiación de calibración ocupa al menos una parte final de la trayectoria de una radiación útil para la captación de una imagen por la segunda vía de obtención de imágenes. De este modo, la calibración de la vía de obtención de imágenes infrarrojas incorpora la emisividad térmica del espejo del telescopio adicional, así como la de al menos una parte del entorno del telescopio adicional. La calibración resultante es más precisa por este motivo.

30 Un segundo aspecto de la invención proporciona un satélite, que comprende un instrumento de obtención de imágenes según el primer aspecto de la invención, con o sin cada una de las mejoras enumeradas. Cuando el instrumento de obtención de imágenes tiene dos vías de obtención de imágenes como se ha descrito anteriormente, la primera plataforma puede ser ventajosamente solidaria con un chasis del satélite, y la segunda plataforma estar fijada a la primera plataforma. En este caso, preferiblemente, la segunda plataforma puede no estar conectada al chasis del satélite independientemente de la primera plataforma.

40 Por último, un tercer aspecto de la invención proporciona un procedimiento para la captación de una imagen desde un satélite que está en órbita alrededor de la Tierra, en el que un instrumento de obtención de imágenes según el primer aspecto de la invención se encuentra a bordo del satélite, y la imagen se capta utilizando ese instrumento de obtención de imágenes.

45 **Descripción de las figuras**

Las características y ventajas de la presente invención quedarán más claras en la siguiente descripción detallada de ejemplos no limitativos de realizaciones, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

50 La [figura 1] es un esquema óptico de un primera vía de obtención de imágenes de un instrumento de obtención de imágenes según la invención;

55 la [figura 2a] corresponde a la [figura 1] para una segunda vía de obtención de imágenes del instrumento de obtención de imágenes, como funcional en un modo de adquisición de imágenes;

la [figura 2b] corresponde a la [figura 2a] para un modo de calibración de la segunda vía del instrumento de obtención de imágenes;

60 la [figura 3] representa una disposición del plano focal que es posible para la primera vía de obtención de imágenes de la [figura 1]; y

la [figura 4] ilustra una aplicación del instrumento de obtención de imágenes.

Descripción detallada de la invención

En aras de la claridad, las dimensiones de los elementos mostrados en estas figuras no corresponden ni a dimensiones reales ni a proporciones de tamaño reales. Además, algunos de estos elementos se muestran solo simbólicamente, y referencias idénticas mostradas en diferentes figuras designan elementos idénticos.

5 Según la [figura 1], una primera vía de obtención de imágenes de un instrumento que se designa globalmente por la referencia 10, comprende un telescopio de tipo Korsch. Este telescopio comprende el espejo M1 primario, el espejo M2 secundario y el espejo M3₁ terciario. Según la invención, la primera vía de obtención de imágenes comprende también un espejo adicional, que se designa con la referencia M4₁ y que está situado en la trayectoria de la luz entre el espejo M3₁ terciario y el plano PF₁ focal. De este modo, durante la adquisición de la imagen por esta primera vía de obtención de imágenes, los rayos R luminosos procedentes de una escena situada delante del espejo M1 primario son reflejados en primer lugar por este espejo M1 primario, luego sucesivamente por el espejo M2 secundario, el espejo M3₁ terciario y el espejo M4₁ adicional, para converger en el plano PF₁ focal. Cuando el espejo primario constituye una pupila de entrada del telescopio Korsch, este último tiene una pupila de salida que se sitúa aguas abajo del espejo M3₁ terciario, a lo largo de la trayectoria de propagación de la luz en esta primera vía de obtención de imágenes. El espejo M4₁ adicional se superpone a esta pupila de salida. Así pues, está ópticamente conjugado con la superficie del espejo M1 primario. Para el instrumento 10 de obtención de imágenes de la [figura 1], la pupila de salida en la que está colocado el espejo M4₁ adicional es la imagen de la pupila de entrada, es decir, la imagen del espejo M1 primario, por el espejo M2 secundario, el espejo M3₁ terciario y el espejo MS plano (véase más adelante la descripción de este último).

20 El espejo M4₁ adicional tiene una superficie reflectante deformable y está controlado por un controlador C4, denominado CTRL. La tecnología de fabricación del espejo M4₁ deformable es conocida por el experto en la técnica. De este modo, el controlador C4 ajusta la forma de la superficie reflectante del espejo M4₁ deformable para compensar defectos en la forma de la superficie reflectante del espejo M1 primario. Este ajuste de la forma puede realizarse en bucle abierto, pero preferiblemente en bucle cerrado, por ejemplo en función de al menos un criterio de nitidez o contraste de la imagen formada en el plano PF₁ focal. De este modo, pueden compensarse los defectos estáticos o dinámicos del espejo M1 primario. Tal ajuste de la forma de la superficie reflectante del espejo M4₁ adicional puede compensar también los errores de posición del espejo M2 secundario y/o del espejo M3₁ terciario.

30 Esta primera vía de obtención de imágenes comprende además un conjunto 5₁ de captación de imágenes, que está dispuesto en el plano PF₁ focal del telescopio de Korsch. Para una aplicación del instrumento de obtención de imágenes en la que la imagen se capta en modo de escáner de barrido, el conjunto 5₁ de captación de imágenes puede comprender una pluralidad de sensores TDI que están dispuestos en el plano PF₁ focal. Como se muestra en la [figura 3], todos los sensores TDI, cada uno designado por una referencia 50, están dispuestos en el plano PF₁ focal de manera que sus direcciones DC de columna respectivas son paralelas a una dirección V_{imagen} de desplazamiento que se proporciona para la imagen en el plano PF₁ focal durante la operación de escáner de barrido. Como se muestra en la figura, los sensores de imagen TDI pueden desplazarse al tresbolillo ventajosamente en el plano PF₁ focal. En este caso, dos sensores TDI adyacentes están desplazados, por una parte, perpendicularmente a la dirección V_{imagen} de movimiento de la imagen, para formar imágenes de segmentos de hilera sucesivos a lo ancho de la hilera, y desplazados, por otra parte, paralelamente a la dirección V_{imagen} de movimiento de la imagen, formando solapamientos I entre los segmentos de hilera sucesivos, en los extremos de línea de los sensores TDI. Estos desplazamientos también facilitan la colocación de todos los sensores TDI en el plano PF₁ focal. Las referencias 50a-50d designan etapas sucesivas de sensores TDI, cuyo número puede aumentarse muy significativamente, que están desplazadas dentro de cada sensor 50 paralelamente a la dirección de las columnas DC.

45 Además de las deformaciones de su superficie reflectante, el espejo M4₁ adicional tiene una forma básica que es curva. La forma básica del espejo M4₁ adicional es la que tiene cuando el controlador C4 no está controlando ninguna deformación. Esta forma básica curva está adaptada para eliminar o reducir las distorsiones producidas por el telescopio Korsch en la imagen formada en el plano PF₁ focal. Gracias a esta función adicional del espejo M4₁ adicional, es decir, la supresión de las distorsiones de la imagen, no es necesario aplicar otros métodos de supresión o compensación de las distorsiones, tales como la utilización de una superficie cóncava o convexa para apoyar los sensores 50 de imagen. De este modo, en la primera vía de obtención de imágenes del instrumento 10, es posible utilizar una superficie que sea plana para soportar todos los sensores TDI en el plano PF₁ focal. En función de la anchura de barrido deseada, pueden disponerse de este modo entre 2 y 40 sensores TDI en el plano PF₁ focal, sobre un soporte común que es plano. La planicidad del soporte común facilita enormemente el montaje del conjunto 5₁ de captación de imágenes.

60 Según un posible diseño del instrumento 10 de obtención de imágenes, los componentes ópticos de al menos una parte terminal de la primera vía de obtención de imágenes, que comprende el espejo M3₁ terciario, el espejo M4₁ deformable adicional y el conjunto 5₁ de captación de imágenes, pueden ser transportados por una plataforma dedicada, designada por la referencia 11. Ventajosamente, los espejos M1 y M2 primario y secundario también pueden ser transportados por esta plataforma 11. Cuando el instrumento 10 de obtención de imágenes está destinado a integrarse en un satélite, la parte terminal de la primera vía de obtención de imágenes, o la primera vía de obtención de imágenes completa, puede comprobarse y ajustarse primero fuera del satélite después de montarse en la plataforma 11, y después la plataforma 11 que transporta la primera vía de obtención de imágenes o su parte

terminal se monta en un chasis del satélite (no mostrado).

La primera vía de obtención de imágenes puede ser funcional para la luz visible, por ejemplo utilizando sensores de imagen a base de silicio en el conjunto 5₁ de captación de imágenes.

5 Una segunda vía de obtención de imágenes opcional del instrumento 10 puede comprender un telescopio adicional, que comparte el espejo M1 primario y el espejo M2 secundario con la primera vía de obtención de imágenes, como se muestra en la [figura 2a]. Además de los espejos M1 y M2, la segunda vía de obtención de imágenes puede comprender además un espejo terciario adicional y un cuarto espejo terciario adicional, que se denominan M3₂ y M4₂, respectivamente, y un conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional. El conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional se coloca en el plano PF₂ focal del telescopio adicional, que está formado por los espejos M1, M2, M3₂ y M4₂. De este modo, durante la adquisición de imágenes por dicha segunda vía de obtención de imágenes, los rayos R de luz procedentes de la escena situada delante del espejo M1 primario son reflejados en primer lugar por el espejo M1 primario, y luego sucesivamente por el espejo M2 secundario, el espejo M3₂ terciario adicional y el cuarto M4₂ espejo adicional, para converger en el plano PF₂ focal. Opcionalmente, puede añadirse un espejo MR de plegado de haz dentro de la segunda trayectoria de obtención de imágenes en la trayectoria de luz entre los espejos M2 y M3₂.

20 Una plataforma adicional, designada por la referencia 12, puede dedicarse a dicha segunda vía de obtención de imágenes. En este tipo de diseño con plataformas separadas para las dos vías de obtención de imágenes, la plataforma 12 puede transportar el espejo MR de plegado de haz, el espejo M3₂ terciario adicional, el cuarto espejo M4₂ adicional y el conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional. La plataforma 12 adicional puede entonces fijarse a la plataforma 11 de la primera vía de obtención de imágenes mediante tirantes 13, de manera que se sitúe en un lado de la plataforma 11 opuesto a los espejos primario M1 y secundario M2.

25 Gracias a la disposición de la segunda vía de obtención de imágenes en la plataforma 12 adicional, a excepción de los espejos primario M1 y secundario M2, es fácil ajustar ópticamente los componentes de esta segunda vía de obtención de imágenes después de haberlos montado en la plataforma 12 y antes de fijar ésta a la plataforma 11. Este ajuste se denomina comúnmente alineación óptica del módulo de infrarrojos. En efecto, puede efectuarse independientemente del resto del instrumento de obtención de imágenes, en un banco de ajuste independiente, utilizando una fuente de haz luminoso de ajuste que sustituye al haz luminoso reflejado por el espejo M1 primario y luego por el espejo M2 secundario durante la utilización del instrumento de obtención de imágenes. Al permitir que la segunda vía de obtención de imágenes se ajuste fuera del resto del instrumento de obtención de imágenes y fuera del satélite, la segunda vía de obtención de imágenes puede ajustarse en tiempo oculto mientras el resto del instrumento se está montando, ajustando ópticamente e integrando en el satélite.

30 Ventajosamente, las dos vías de obtención de imágenes que comparten los espejos primario M1 y secundario M2 pueden separarse por división de campo en una imagen intermedia de la escena que se forma tras la reflexión de la luz en los espejos primario M1 y secundario M2. Para ello, puede utilizarse un divisor de haces, que puede estar constituido por un espejo MS plano, que está fijo y colocado para superponerse a una parte de la imagen intermedia, por ejemplo para reflejar los rayos que convergen en esta parte de imagen intermedia hacia el espejo M3₁ terciario y el extremo de la primera vía de obtención de imágenes (véase la [figura 1]). Al mismo tiempo, los rayos que forman la imagen intermedia sin incidir en el espejo MS divisor de haces se propagan sin desviación hacia el espejo MR plegable y el extremo de la segunda vía de obtención de imágenes (véase la [figura 2a]). Para lograr esta separación entre las dos vías de obtención de imágenes, el espejo MS divisor de haces puede ser transportado ventajosamente por la plataforma 11, ya que solo tiene efecto sobre los rayos que siguen la primera vía de obtención de imágenes. Evidentemente, pueden utilizarse otros sistemas ópticos para separar las dos vías de obtención de imágenes.

35 La segunda vía de obtención de imágenes puede ser funcional para la luz infrarroja, por ejemplo utilizando al menos un sensor de imagen basado en germanio o telurio de cadmio en el plano PF₂ focal para esta segunda vía de obtención de imágenes. Cuando el campo espectral al que está dedicada la segunda vía de obtención de imágenes así lo requiera, puede disponerse un criostato 14 en la plataforma 12, para contener el conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional.

40 Por último, cuando la segunda vía de obtención de imágenes es una vía infrarroja, puede ser necesaria la calibración de las intensidades detectadas por el conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional. Para realizar dicha calibración, el instrumento 10 de obtención de imágenes puede incorporar una fuente 15 de radiación infrarroja que se dispone para enviar temporalmente radiación de calibración al conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional. Según el diseño modular de las vías de obtención de imágenes con respecto a las dos plataformas 11 y 12, la fuente 15 puede ser transportada preferiblemente por la plataforma 12. En este caso, un mecanismo retráctil permite enviar al conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional o bien la radiación de calibración producida por la fuente 15 para una etapa de calibración, o la luz procedente de la escena a través del telescopio adicional. Por ejemplo, el mecanismo retráctil puede comprender un espejo MM móvil que se coloca temporalmente en la trayectoria de la luz entre el espejo M2 secundario y el espejo MR de plegado de haz. Durante la etapa de calibración, el espejo MM bloquea de este modo la luz procedente de la escena hacia el espejo MR de plegado de haz, y refleja simultáneamente la radiación procedente de la fuente 15 hacia este último. Cuando se capta una imagen útil

utilizando la segunda vía de obtención de imágenes, se retira el espejo MM móvil, de modo que la radiación de calibración ya no llega al conjunto 5₂ de captación de imágenes adicional, y es sustituida por la luz procedente de la escena.

5 El instrumento 10 de obtención de imágenes puede utilizarse para una aplicación de obtención de imágenes terrestres desde un satélite en órbita alrededor de la Tierra. Para ello, y como se ilustra en la [figura 4], el instrumento 10 está integrado en el satélite 100, y su eje A₁₀ óptico se dirige hacia la Tierra. La velocidad de desplazamiento del satélite se indica con la flecha V₁₀₀. El instrumento 10 es particularmente adecuado para el modo de escáner de barrido de captación de imágenes cuando el conjunto 5 de captación de imágenes consta de sensores TDI, como se describe con referencia a la [figura 3]. El instrumento 10 puede fijarse en relación con el satélite 100, y este último se orienta de modo que el desplazamiento de la imagen en el plano PF₁ focal sea paralelo a la dirección DC de columna de los sensores TDI. El instrumento 10 capta entonces el contenido de la franja F de la superficie terrestre como una imagen continua en el tiempo. Las dos vías de obtención de imágenes pueden activarse al mismo tiempo, para la captación simultánea de imágenes en el campo visible y el campo infrarrojo del mismo contenido de la franja.

20 Se entiende que la invención puede reproducirse modificando aspectos secundarios de las realizaciones que se han descrito en detalle anteriormente, conservando al menos algunas de las ventajas anteriormente mencionadas. En particular, pueden utilizarse componentes ópticos en lugar de algunos de los descritos, siempre que sus funciones sean sustancialmente equivalentes. Por último, la invención no se limita al modo de captación de imágenes con escáner de barrido, y puede aplicarse a instrumentos de obtención de imágenes que implementen otras funciones.

REIVINDICACIONES

1. Instrumento (10) de obtención de imágenes que comprende:

- 5 - un espejo (M1) primario, un espejo (M2) secundario y un espejo (M3₁) terciario que juntos constituyen un telescopio de tipo Korsch, constituyendo también el espejo primario una pupila de entrada del telescopio;
- un conjunto (5₁) de captación de imágenes, que se sitúa en un plano (PF₁) focal del telescopio para la captación de una imagen formada por la luz reflejada sucesivamente por el espejo (M1) primario, el espejo (M2) secundario y, a
10 continuación, el espejo (M3₁) terciario,
- un espejo (M4₁) deformable, que se coloca en una pupila del telescopio distinta de la pupila de entrada; y
- un controlador (C4), que está adaptado para ajustar una forma del espejo (M4₁) deformable, de forma variable
15 entre diferentes zonas de dicho espejo deformable, para compensar al menos un defecto de forma del espejo (M1) primario,

caracterizado por que el espejo (M4₁) deformable tiene una forma básica que es curva, además de los ajustes de la forma de dicho espejo deformable producidos por el controlador (C4), estando dicha forma básica que es curva adaptada para reducir las distorsiones de la imagen formada en el plano (PF₁) focal con respecto a un espejo plano que se dispondría en lugar del espejo deformable.

2. Instrumento (10) de obtención de imágenes según la reivindicación 1, en el que el controlador (C4) está adaptado además para ajustar la forma del espejo (M4₁) deformable para compensar al menos un error de posición de al menos un componente óptico del instrumento de obtención de imágenes.

3. Instrumento (10) de obtención de imágenes según la reivindicación 1 o 2, en el que la pupila en la que se sitúa el espejo (M4₁) deformable está situada en una trayectoria óptica de la luz que forma la imagen captada, entre el espejo (M3₁) terciario y el plano (PF₁) focal.

4. Instrumento (10) de obtención de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto (5₁) de captación de imágenes comprende una pluralidad de sensores (50) cada uno del tipo de desplazamiento temporal e integración, estando dichos sensores dispuestos en el plano (PF₁) focal con direcciones (DC) de columna respectivas que son todas paralelas a un plano común, y teniendo entre los mismos componentes de desplazamiento que son perpendiculares a las direcciones de columna, dentro de dicho plano focal.

5. Instrumento (10) de obtención de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende dos vías de obtención de imágenes,

40 comprendiendo una primera de las vías de obtención de imágenes el telescopio de tipo Korsch, el espejo (M4₁) deformable y el conjunto (5₁) de captación de imágenes, y comprendiendo una segunda de las vías de obtención de imágenes un telescopio adicional y un conjunto (5₂) de captación de imágenes adicional que está situado en un plano (PF₂) focal del telescopio adicional,

45 siendo los espejos primario (M1) y secundario (M2) comunes al telescopio de tipo Korsch y al telescopio adicional, y el Instrumento (10) de obtención de imágenes comprende además un divisor de haces que está situado en una trayectoria de luz entre el espejo (M2) secundario y un espejo (M3₂) terciario del telescopio adicional, para separar espacialmente una con respecto a otra las dos vías de obtención de imágenes aguas abajo de dicho divisor de haces, con respecto a un sentido de propagación de la luz en el instrumento de obtención de imágenes.

6. Instrumento (10) de obtención de imágenes según la reivindicación 5, en el que el divisor de haces se superpone a una imagen intermedia formada por los espejos primario (M1) y secundario (M2) durante el uso del instrumento de obtención de imágenes, de modo que dicho divisor de haces funciona con división de campo.

7. Instrumento (10) de obtención de imágenes según la reivindicación 6, en el que el divisor de haces está constituido por un espejo (MS) superpuesto a una parte de la imagen intermedia que está dedicada a una de las vías de obtención de imágenes, con exclusión de una parte complementaria de dicha imagen intermedia que está dedicada a la otra vía de obtención de imágenes.

8. Instrumento (10) de obtención de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende dos plataformas (11, 12) para soportar componentes ópticos,

estando soportados el divisor de haces, el espejo (M3₁) terciario del telescopio tipo Korsch, el espejo (M4₁) deformable y el conjunto (5₁) de captación de imágenes por una primera (11) de dichas plataformas, de manera que la primera plataforma está dedicada a la primera vía de obtención de imágenes, y

estando una segunda (12) de las plataformas dedicada a la segunda vía de obtención de imágenes, soportando componentes de dicha segunda vía de obtención de imágenes excluyendo los espejos primario (M1) y secundario (M2).

5

9. Instrumento (10) de obtención de imágenes según la reivindicación 8, en el que la segunda vía de obtención de imágenes es un vía de obtención de imágenes infrarrojas, y en el que la segunda plataforma (12) soporta además un criostato (14) que está dispuesto para enfriar el conjunto (5₂) de captación de imágenes adicional, y también soporta una fuente (15) de radiación integrada que está dispuesta para suministrar temporalmente radiación de calibración a dicho conjunto de captación de imágenes adicional.

10

10. Satélite (100) que comprende un instrumento (10) de obtención de imágenes según las reivindicaciones 8 o 9, en el que la primera plataforma (11) del instrumento de obtención de imágenes es solidaria con un chasis del satélite y la segunda plataforma (12) del instrumento de obtención de imágenes está fijada a la primera plataforma.

15

11. Procedimiento de captación de imágenes a partir de un satélite (100) que está en órbita alrededor de la Tierra, en el que un instrumento (10) de obtención de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 está situado a bordo del satélite, y la imagen se capta utilizando dicho instrumento de obtención de imágenes.

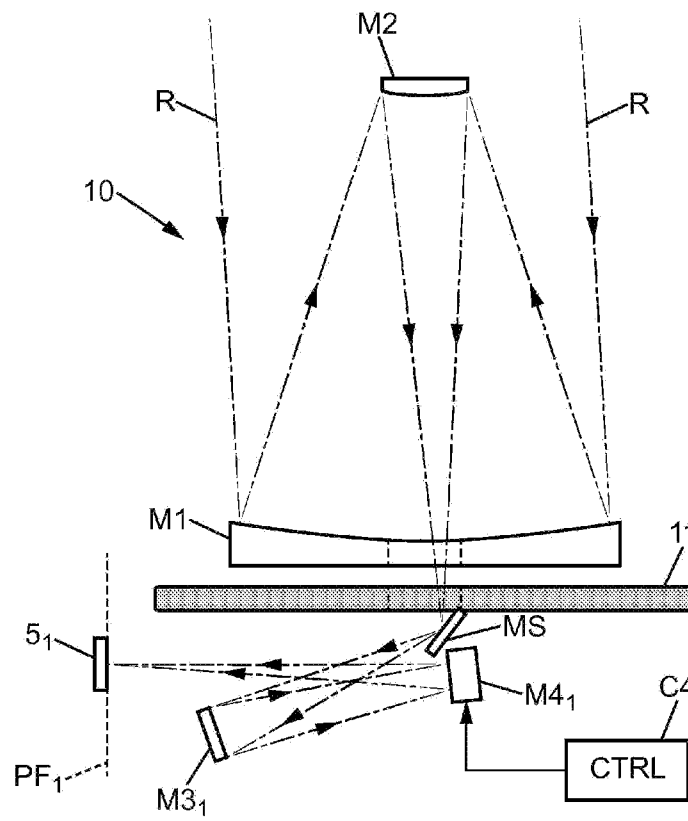


FIG. 1

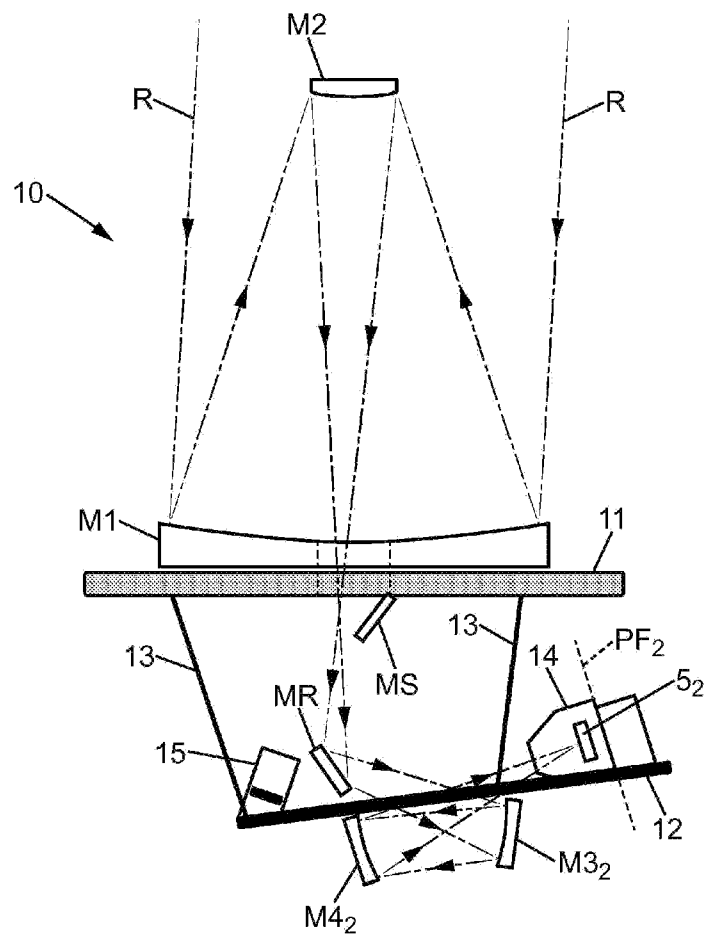


FIG. 2a

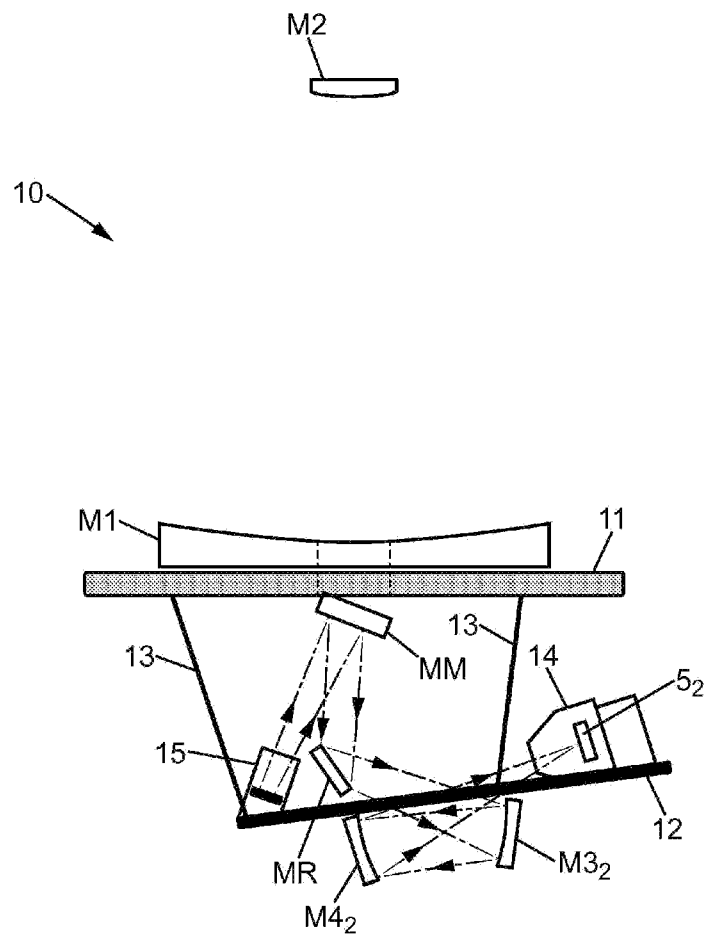


FIG. 2b

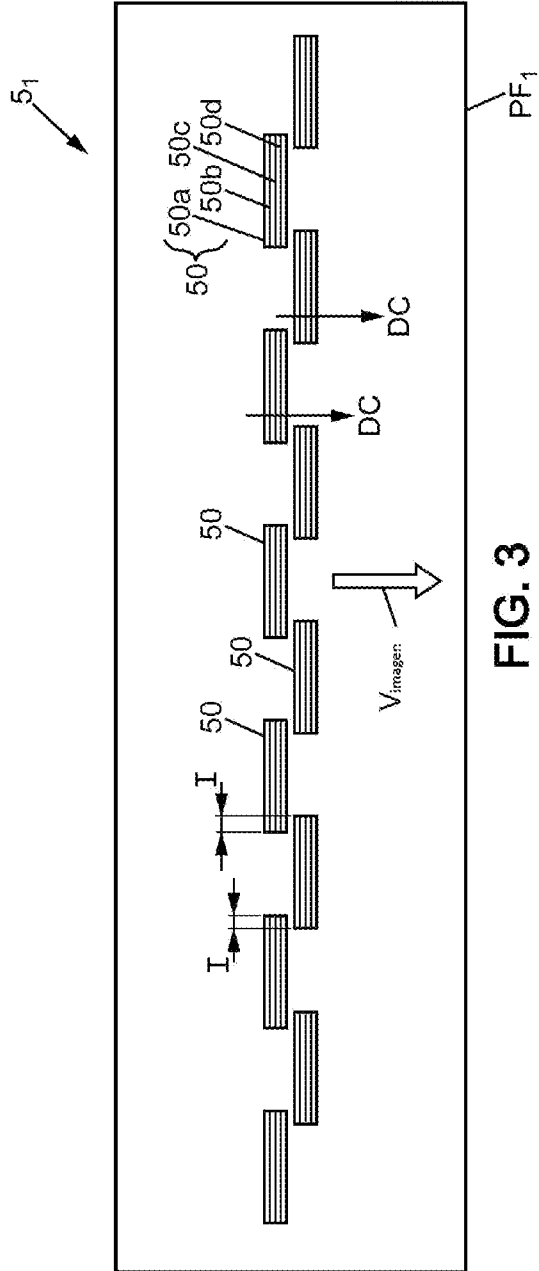


FIG. 3

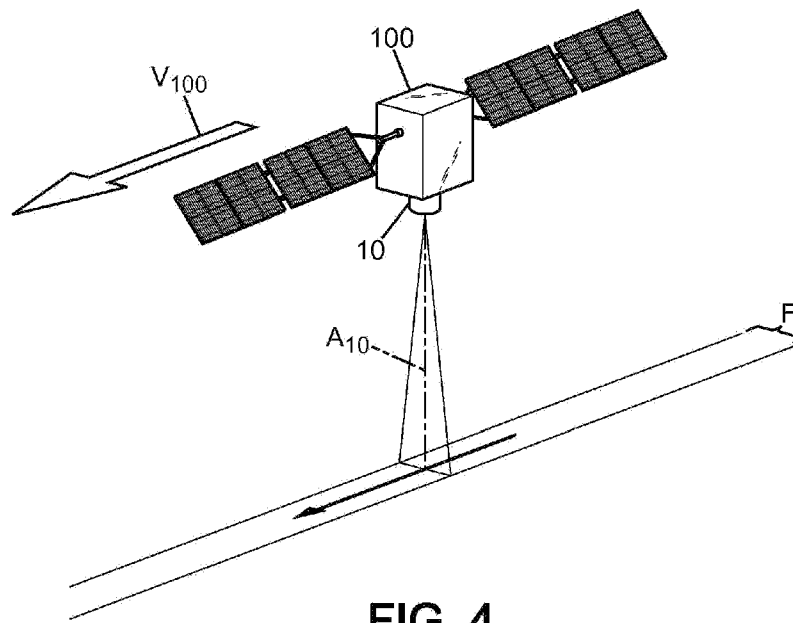


FIG. 4