

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 597**

51 Int. Cl.:

**G01S 5/16** (2006.01)

**G01S 17/74** (2006.01)

**G02B 6/26** (2006.01)

**G02B 6/293** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2013 E 13172914 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2677338**

54 Título: **Sistema de metrología óptica proyectiva**

30 Prioridad:

**19.06.2012 IT TO20120538**

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

**29.11.2017**

73 Titular/es:

**THALES ALENIA SPACE ITALIA S.P.A. CON  
UNICO SOCIO (100.0%)  
Via Saccomuro, 24  
Roma, IT**

72 Inventor/es:

**BRESCIANI, FULVIO y  
MUSSO, FABIO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 644 597 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

Sistema de metrología óptica proyectiva

5 La presente invención se refiere a un sistema de metrología óptica proyectiva.

Como es sabido, actualmente existen numerosos sistemas de metrología que también encuentran aplicación, entre otros campos, en el campo aeroespacial.

10 En particular, se conocen sistemas de metrología que permiten determinar la actitud y/o la posición de un satélite. Aún más en particular, se conocen sistemas de metrología que, dado un par de satélites, permiten determinar la posición mutua y la actitud mutua entre los dos satélites.

15 La determinación de las actitudes y las posiciones de satélites reviste especial importancia en el caso de sistemas de satélites en los que los satélites están dispuestos en formación, es decir, en casos en los que se prevé el control de la actitud y/o la posición de cada satélite como una función de la actitud/posición de los otros satélites.

20 En la práctica, dados dos satélites, la determinación de la actitud mutua y de la posición mutua requiere la determinación de seis grados de libertad. En particular, en el supuesto de un primer sistema de referencia y un segundo sistema de referencia, que forman parte integrante de un primer satélite y un segundo satélite y cada uno formado por un conjunto correspondiente de tres ejes perpendiculares, la actitud mutua y la posición mutua entre los sistemas de referencia primero y segundo, y por tanto entre los satélites primero y segundo, pueden ser expresadas en términos de desplazamientos (lineales) y rotaciones (ángulos). Incluso más en particular, la posición mutua del segundo satélite con respecto al primer satélite puede ser expresada mediante un conjunto de tres desplazamientos; de manera similar, la actitud mutua del segundo satélite con respecto al primer satélite se puede expresar mediante un conjunto de tres ángulos.

30 Dicho esto, los sistemas de metrología óptica proyectiva son tales que, dados dos satélites, uno de ellos está provisto de un objetivo formado por un número N de fuentes de luz, y el otro satélite está provisto de una unidad óptica, que incluye un sensor optoelectrónico capaz de adquirir una imagen del objetivo, basándose en la cual, mediante procesamiento, la unidad óptica determina uno o más de los grados de libertad antes mencionados.

35 A modo de ejemplo, la solicitud de patente EP1986018 describe un sistema para determinar la posición y la orientación de un sistema con seis grados de libertad, donde el número N de fuentes de luz del objetivo es igual a uno. Sin embargo, para permitir determinar los seis grados de libertad, el sistema descrito en el documento EP1986018 requiere que la única fuente de luz esté formada por una fuente de luz coherente, por ejemplo, un láser, y también requiere que la unidad óptica, además de procesar las imágenes del objetivo, sea capaz de realizar mediciones de la energía efectivamente recibida por el sensor optoelectrónico y una medición angular de la rotación de la polarización del haz de luz emitido por la fuente de luz coherente. El sistema descrito en el documento EP1986018 requiere por tanto que ambos satélites tengan circuitos optoelectrónicos adecuados y una fuente de alimentación correspondiente.

45 Por otro lado, se conocen sistemas de metrología que no contemplan la determinación de la medición de energía, es decir, sistemas de metrología de tipo estrictamente proyectivo. Un ejemplo de estos sistemas de metrología se proporciona en el documento US 7.561.262, en el que las fuentes de luz están formadas por reflectores diseñados para colocarlos en el segundo satélite y que son iluminados por radiación emitida por el primer satélite. En particular, en referencia a la unidad transeptora y a la unidad reflectora para indicar las partes del sistema de metrología descrito en el documento US 7.561.262 y dispuestas en los satélites primero y segundo, respectivamente, este sistema de metrología hace uso de una unidad reflectora de tipo pasivo. Por tanto, el segundo satélite no necesita ningún circuito optoelectrónico, o una fuente de alimentación correspondiente, con una reducción consecuente del consumo de energía.

55 Aunque el sistema de metrología descrito en el documento US 7.561.262 se caracteriza, por tanto, por una relativa sencillez constructiva y un consumo reducido, se contempla que la unidad transeptora, prevista en el primer satélite, emita un haz óptico que tenga una distribución espacial tal que incida eficazmente sobre todos los reflectores previstos en el segundo satélite. Por tanto, el haz óptico se caracteriza por una sección transversal de dimensiones significativas; en consecuencia, la unidad transeptora requiere una cantidad significativa de energía eléctrica para generar el haz óptico.

60 La solicitud de patente US2003/071996 describe un sistema de metrología óptica que subdivide radiación de banda ancha en una pluralidad de subbandas de banda estrecha; cada subbanda está asociada a un sistema óptico de subbanda capaz de optimizar el rendimiento por lo que respecta al rango de longitudes de onda cubiertas por la subbanda. Además, la radiación de cada subbanda se dirige a un detector, que genera señales eléctricas correspondientes que pueden ser procesadas por una unidad de procesamiento.

65

El documento de patente US4740951 describe un demultiplexor óptico integrado que puede separar una pluralidad de componentes monocromáticas que forman un haz de luz que se propaga en una fibra óptica de entrada; además, el demultiplexor puede transportar las componentes así separadas a una pluralidad de fibras ópticas de salida.

5 El documento de patente US6072633 describe un aparato capaz de generar, dado un haz óptico en una entrada, tres haces ópticos en una salida, que tienen colores diferentes. El aparato comprende un par de espejos dicróicos, un espejo de banda ancha de alta reflectividad y un material gaseoso, que se interpone entre el espejo de banda ancha y el segundo espejo dicróico.

10 El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de metrología óptica proyectiva que resuelva al menos en parte los inconvenientes de la técnica conocida.

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de metrología óptica proyectiva tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

15 Para una mejor comprensión de la invención, a continuación se describirán algunas realizaciones, estrictamente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra un diagrama de bloques de una primera y una segunda unidad de un sistema de metrología;
- 20 - la figura 2 muestra un diagrama de bloques de un sistema de satélites que incluye dos satélites, a los que están fijadas, respectivamente, las unidades primera y segunda mostradas en la figura 1; y
- la figura 3 muestra una vista en perspectiva de partes de la segunda unidad mostrada en la figura 1; y
- la figura 4 muestra un diagrama de bloques de una parte de la primera unidad mostrada en la figura 1.

25 La figura 1 muestra un sistema de metrología óptica de tipo proyectivo, que se denominará en lo sucesivo sistema de metrología 1 por razones de brevedad. Además, el sistema de metrología 1 se describe a continuación con referencia en particular a una aplicación de satélite, aunque también se puede usar en diferentes ámbitos de aplicación. En particular, por razones de sencillez, se hace referencia a continuación a un sistema de satélites 3 formado por un primer satélite sat1 y un segundo satélite sat2 y mostrado en la figura 2.

30 En detalle, el sistema de metrología 1 comprende una unidad transceptora 2 y una unidad pasiva 4, que están restringidas respectivamente al primer satélite sat1 y al segundo satélite sat2. En este sentido, cabe señalar que, para simplificar la representación, en la figura 1 la unidad transceptora 2 y la unidad pasiva 4 están colocadas a una distancia corta estrictamente desde el punto de vista cualitativo.

35 La unidad transceptora 2 comprende una fuente óptica 6, un primer filtro óptico 8 y un generador de haz óptico 10, que están conectados ópticamente entre sí. En particular, la fuente óptica 6 puede generar una señal óptica que es recibida por el primer filtro óptico 8, que genera una señal filtrada correspondiente. La señal filtrada es recibida después por el generador de haz óptico 10, que irradia un haz óptico OF.

40 En detalle, la señal óptica generada por la fuente óptica 6 puede ser tanto de tipo continuo como de tipo modulado; en este segundo caso, la señal óptica puede, por ejemplo, ser modulada en amplitud y, en particular, con una modulación encendido/apagado. Además, en la presente realización, la señal óptica está formada por denominada luz blanca, es decir, su espectro es distinto de cero para longitudes de onda que oscilan entre 380 nm y 760 nm. En cualquier caso, son posibles realizaciones en las que la señal óptica tenga un espectro distinto de cero en diferentes regiones espectrales, tales como, por ejemplo, las regiones ultravioleta e infrarrojas.

45 El primer filtro óptico 8 es de tipo de paso de banda y puede filtrar la señal óptica de modo que el espectro de la señal filtrada tenga N picos (máximos relativos), dispuestos respectivamente a longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ ; con ese fin, el espectro de la función de transferencia del primer filtro óptico 8 tiene N bandas de paso, cada una de las cuales está centrada en una longitud de onda central de banda de paso respectiva, que es igual a una longitud de onda correspondiente de entre las longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ . Bandas prohibidas correspondientes, en las que el espectro de la función de transferencia es sustancialmente cero, o más bien adopta valores inferiores al 10 % del máximo de espectro, se interponen entre las bandas de paso.

50 Estrictamente a modo de ejemplo, en la presente descripción se hace referencia a una realización en la que  $N = 3$ , aunque N puede adoptar cualquier valor entero distinto de cero. Por tanto, el haz óptico está formado por radiación electromagnética con longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2$  y  $\lambda_3$ .

60 El generador de haz óptico 10 está formado, por ejemplo, por una o más lentes que pueden conformar, de manera conocida, la forma espacial del haz óptico OF que se emite al espacio libre.

La unidad transceptora 2 comprende además un sistema óptico de entrada 12, formado, por ejemplo, por una o más lentes y dispuesto para recibir una señal de respuesta óptica, que se describe en detalle más adelante.

65 La unidad transceptora 2 comprende además un segundo filtro óptico 14 y un sensor optoelectrónico 16.

El segundo filtro óptico 14 está ópticamente acoplado al sistema óptico de entrada 12, que puede colimar y dirigir la señal de respuesta óptica a un segundo filtro óptico 14 que, en respuesta, genera una señal para analizar, siendo esta última señal para analizar finalmente recibida por el sensor optoelectrónico 16.

5 Por razones que se describen más adelante, el segundo filtro óptico 14 es del tipo de paso de banda. En particular, el espectro de la función de transferencia del segundo filtro óptico 14 tiene N bandas de paso, cada una de las cuales está centrada en una longitud de onda central de banda de paso respectiva, que es igual a una longitud de onda correspondiente de entre las longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ . Bandas prohibidas correspondientes, en las que el espectro de la función de transferencia es sustancialmente cero, se interponen entre las bandas de paso. Es decir, el espectro de la función de transferencia del segundo filtro óptico 14 es sustancialmente igual al espectro de la función de transferencia del primer filtro óptico 8.

En respuesta a la recepción de la señal para analizar, el sensor optoelectrónico 16 puede generar una señal eléctrica correspondiente.

15 En detalle, el sensor optoelectrónico 16 puede estar formado, por ejemplo, de manera conocida, por un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD), que incluye una superficie sensible plana formada por una pluralidad de píxeles. Al alcanzar la superficie sensible del sensor optoelectrónico, la señal para analizar forma una imagen, siendo la señal eléctrica generada por el sensor optoelectrónico 16 indicativa de esta imagen.

20 La unidad transceptora 2 comprende además una unidad de procesamiento 18, que está conectada al sensor optoelectrónico 16, para recibir la señal eléctrica generada por este último. La unidad de procesamiento 18 es de tipo conocido y puede determinar la posición y/o la actitud del segundo satélite sat2 con respecto al primer satélite sat1, basándose en la señal eléctrica generada por el sensor optoelectrónico 16. Con este fin, la unidad de procesamiento 18 ejecuta algoritmos de procesamiento conocidos sobre la señal eléctrica generada por el sensor optoelectrónico 16. Es decir, la unidad de procesamiento 18 determina una o más cantidades relacionadas con la posición y/o la actitud del segundo satélite sat2 con respecto al primer satélite sat1, basándose en la imagen formada por la señal para analizar sobre la superficie sensible del sensor optoelectrónico 16.

25 Como se muestra en la figura 2, la unidad transceptora 2, y en particular la unidad de procesamiento 18, está conectada eléctricamente a un sistema de control de actitud y/o posición 20, de tipo conocido y restringido al primer satélite sat1. De una manera conocida, el sistema de control de actitud y/o posición 20 controla la actitud y/o posición del primer satélite sat1, basándose en la posición y/o actitud determinada por la unidad de procesamiento 18.

30 Con respecto a la unidad pasiva 4, esta comprende un colector óptico 30, que constituye una entrada óptica de la unidad pasiva 4 y puede recibir y colimar el haz óptico generado por el generador de haz óptico 10. En la realización mostrada en la figura 1, el colector óptico 30 está formado por un diafragma 32, apto para ser atravesado por al menos una parte del haz óptico, y por una lente de colimación 34, dispuesta aguas abajo del diafragma 32 y en la salida de la cual, en uso, se forma una señal colimada. Por ejemplo, el diafragma 32 tiene simetría circular y el diámetro de la lente de colimación 34 es mayor que el diámetro del diafragma 32; además, el diafragma 32 y la lente de colimación 34 tienen ejes ópticos coincidentes.

35 En la práctica, el diafragma 32 constituye la entrada óptica de la unidad pasiva 4 y delimita una abertura física correspondiente, que constituye una apertura óptica correspondiente, es decir, una región a través de la cual pueden pasar los rayos de luz. Sin embargo, es posible tener realizaciones en las que la lente de colimación 34 no esté presente o esté dispuesta de manera que ocupe la abertura física delimitada por el diafragma 32, así como realizaciones en las que la lente 34 sea sustituida por un sistema de lentes.

40 La unidad pasiva 4 comprende además elementos dicróicos primero, segundo y tercero 42, 44 y 46.

45 Cada uno de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44 tiene una longitud de onda de elemento dicróico respectiva. Además, considerando cualquier elemento dicróico de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44 y dada una señal genérica correspondiente que incide sobre el mismo, el mismo elemento dicróico puede reflejar una primera componente de esta señal genérica a lo largo de una primera dirección, siendo esta primera componente sustancialmente monocromática a una longitud de onda igual a la longitud de onda de elemento dicróico del elemento dicróico considerado. Además, el elemento dicróico considerado puede transmitir todas las componentes de la señal genérica que difieran de la primera componente, es decir, todas las componentes monocromáticas con longitudes de onda diferentes de la longitud de onda de elemento dicróico, a lo largo de una segunda dirección. La segunda dirección puede, por ejemplo, ser ortogonal a la primera dirección. Por ejemplo, cada elemento dicróico puede estar constituido, de una manera conocida, por un divisor de haz dicróico correspondiente.

50 Con más detalle, el primer elemento dicróico 42 puede reflejar una primera componente de la señal colimada, monocromática a la longitud de onda  $\lambda_1$ , a lo largo de la primera dirección respectiva. Además, el primer elemento dicróico 42 puede transmitir una primera señal intermedia, formada por las componentes de la señal colimada que tienen longitudes de onda diferentes de  $\lambda_1$ , a lo largo de la segunda dirección respectiva. En la realización mostrada

en la figura 1, la primera señal intermedia tiene por tanto un espectro con dos picos, situados en longitudes de onda  $\lambda_2$  y  $\lambda_3$ .

El segundo elemento dicróico 44 puede recibir la primera señal intermedia y reflejar una segunda componente de la señal colimada, monocromática a la longitud de onda  $\lambda_2$ , a lo largo de la primera dirección respectiva. Además, el segundo elemento dicróico 44 puede transmitir una segunda señal intermedia, formada por las componentes de la señal colimada que tienen longitudes de onda diferentes de  $\lambda_2$ , a lo largo de la segunda dirección respectiva. Así, en la realización mostrada en la figura 1, la segunda señal intermedia coincide con una tercera componente de la señal colimada, monocromática a la longitud de onda  $\lambda_3$ ; por tanto, la segunda señal intermedia tiene un espectro con un solo pico, situado a la longitud de onda  $\lambda_3$ .

Las primeras direcciones de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44 pueden, por ejemplo, ser paralelas entre sí. Además, las segundas direcciones de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44 pueden coincidir entre sí.

Con respecto al tercer elemento dicróico 46, este puede recibir la segunda señal intermedia y reflejar la última componente restante de la señal colimada, monocromática a la longitud de onda  $\lambda_3$ , a lo largo de la primera dirección respectiva. La primera dirección del tercer elemento dicróico 46 puede, por ejemplo, ser paralela a las primeras direcciones de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44.

En principio, el tercer elemento dicróico 46 también puede transmitir una tercera señal intermedia, formada por las componentes de la señal colimada que tienen longitudes de onda diferentes de  $\lambda_3$ , a lo largo de la segunda dirección respectiva. Sin embargo, como no hay más componentes de la señal colimada presentes aguas abajo del segundo elemento dicróico 44, la tercera señal intermedia es sustancialmente nula. Por la misma razón, son posibles realizaciones en las que, en lugar del tercer elemento dicróico 46, esté presente un elemento reflectante no selectivo en frecuencia, que pueda reflejar la segunda señal intermedia, es decir, la componente de la señal colimada monocromática a la longitud de onda  $\lambda_3$ , a lo largo de una dirección paralela a las primeras direcciones de los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44.

En uso, las componentes primera, segunda y tercera mencionadas anteriormente de la señal colimada, cada uno de las cuales es sustancialmente monocromática a una longitud de onda respectiva, se propagan en consecuencia en paralelo entre sí.

A modo de aclaración, en la descripción se hace referencia a una señal que es monocromática a una longitud de onda dada, o más brevemente a una señal a una longitud de onda dada, para indicar una señal que tiene un espectro tal que la parte principal (por ejemplo, igual al 86 % del espectro completo) está contenida dentro de una banda centrada a la longitud de onda dada y que tiene una anchura de no más de un nanómetro.

Con fines prácticos, los elementos dicróicos primero y segundo 42 y 44 y el elemento reflectante 46 forman un primer separador cromático 50 que, dada una señal de entrada no monocromática, la separa espacialmente en una pluralidad de componentes monocromáticas. Además, como la señal de entrada a este primer separador cromático 50, concretamente la señal colimada, sustancialmente no tiene otras componentes además de las componentes monocromáticas que son efectivamente separadas por el primer separador cromático 50, no se producen pérdidas apreciables de energía.

La unidad pasiva 4 comprende además un acoplador de guía de ondas 52, que tiene N entradas ópticas y N salidas ópticas. Cada entrada óptica puede recibir una componente correspondiente de las componentes primera, segunda y tercera de la señal colimada; además, cada entrada óptica del acoplador de guía de ondas 52 está acoplada ópticamente, en un acoplamiento individual, a una salida óptica correspondiente.

La unidad pasiva 4 comprende además N fibras ópticas 60, cada una de las cuales está conectada, por un primer extremo de la misma, a una salida óptica correspondiente del acoplador de guía de ondas 52.

Con fines prácticos, el primer separador cromático 50 y el acoplador de guía de ondas 52 cooperan para separar las N componentes monocromáticas de la señal colimada y para acoplar ópticamente cada uno de las componentes monocromáticas separadas a una fibra óptica 60 correspondiente. Además, el primer separador cromático 50 se acopla al conjunto de fibras ópticas 60 de manera que sea ópticamente comparable a un filtro de paso de banda y, en particular, a un filtro de paso de banda igual al primer filtro óptico 8, es decir, con una misma función de transferencia.

De nuevo, con referencia a las fibras ópticas 60 y considerando cualquiera de ellas, el segundo extremo respectivo define un elemento luminoso 62 correspondiente, es decir, una superficie plana que, en uso, es iluminada, y en particular es iluminada por la componente monocromática de la señal colimada acoplada a la fibra óptica. En la figura 1, los segundos extremos, es decir los elementos luminosos 62, se muestran cualitativamente.

Los segundos extremos de las N fibras ópticas 60 están restringidos a un soporte 64, el cual puede mantener fija la disposición recíproca de estos segundos extremos, como se muestra, por ejemplo, en figura 3. Por ejemplo, de acuerdo con la realización mostrada en figura 3, el soporte 64 es tal que los elementos luminosos 62 son coplanarios y están situados en los vértices de un polígono hipotético.

5 En la práctica, las N fibras ópticas 60 definen N trayectos ópticos de tipo guiado. Además, los N elementos luminosos 62 definen un objetivo luminoso 70, que emite la señal de respuesta mencionada anteriormente.

10 Como se ha mencionado anteriormente, la señal de respuesta es recibida por el sistema óptico de entrada 12 de la unidad transeptora 2, desde donde se dirige al segundo filtro óptico 14, que genera la señal para analizar.

15 Como se ha mencionado anteriormente, cuando alcanza el sensor optoelectrónico 16, la señal para analizar forma una imagen, que está formada por un número de puntos de imagen igual al número de elementos luminosos 62 del objetivo luminoso 70. Basándose en la disposición de estos puntos de imagen sobre la superficie sensible y sobre la forma (conocida) del objetivo luminoso 70, como se ha mencionado anteriormente, la unidad de procesamiento 18 determina, de manera conocida, al menos una cantidad indicativa de la actitud y/o posición del segundo satélite sat2 con respecto al primer satélite sat1.

20 Como se ha mencionado anteriormente, el segundo filtro óptico 14 puede filtrar componentes de la señal de respuesta a longitudes de onda diferentes de las longitudes de onda  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  y  $\lambda_3$ . Esta operación de filtrado permite la eliminación de posibles contribuciones no deseadas presentes en la señal para analizar, en concreto contribuciones de luz provocadas por estrellas que entran dentro del campo de visión (CdV) del sistema óptico de entrada 12. En este sentido, debe considerarse, de hecho, que, en ausencia del segundo filtro óptico 14, la radiación luminosa emitida por cualquier estrella que entre dentro del campo de visión del sistema óptico de entrada 12 determina una contribución correspondiente a la señal para analizar que, a su vez, provoca la formación de un punto de imagen correspondiente no deseado sobre la superficie sensible del sensor optoelectrónico 16. Este punto de imagen no deseado genera una contribución no deseada correspondiente a la señal eléctrica generada por el sensor optoelectrónico 16 y por tanto puede ser interpretada por la unidad de procesamiento 18 como un punto de imagen correspondiente a un elemento luminoso (no existente) del objetivo luminoso 70, lo que provoca errores en la determinación de la actitud y/o posición.

35 La operación de filtrado realizada por el segundo filtro óptico 14 permite, por tanto, una reducción significativa de posibles contribuciones a la señal para analizar causadas por estrellas o de cualquier manera por objetos luminosos distintos del objetivo luminoso 70. De hecho, todavía refiriéndonos, por ejemplo, al caso de una estrella, de toda la radiación que emite, sólo las componentes a longitudes de onda  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  y  $\lambda_3$  son capaces de alcanzar el sensor optoelectrónico 16. Sin embargo, estas componentes tienen una energía insignificante con respecto a las componentes correspondientes de la señal de respuesta enviada por la unidad pasiva 4 y por tanto generan puntos de imagen no deseados que se distinguen fácilmente de los puntos de imagen que corresponden efectivamente al objetivo luminoso 70. Estos puntos de imagen, en un caso límite, podrían ser tan débiles que no excitan ningún píxel del sensor optoelectrónico 16, o los valores de intensidad de luz detectados por los píxeles que excitan son en cualquier caso mucho más bajos con respecto a los valores de intensidad de luz detectados por los píxeles excitados por los puntos de imagen correspondientes al objetivo luminoso 70, para permitir la cancelación electrónica de las contribuciones correspondientes a la señal eléctrica, mediante la unidad de procesamiento 18.

45 Con fines prácticos, el segundo filtro óptico 14 puede estar formado, estrictamente a modo de ejemplo, por un segundo separador cromático 80 igual al primer separador cromático 50, como se muestra en la figura 4, donde elementos ya presentes en el primer separador cromático 50 están indicados con los mismos números de referencia.

50 Con referencia a la "señal para filtrar" para indicar la señal de respuesta, colimada por el sistema óptico de entrada 12 en la entrada del segundo filtro óptico 14, el segundo filtro óptico 14 modifica la señal para filtrar no sólo desde el punto de vista espectral, sino también geoméricamente.

55 En concreto, la señal para filtrar comprende N componentes monocromáticas, cada una de las cuales es generada por un elemento luminoso 62 correspondiente del objetivo luminoso 70 y está centrada en una longitud de onda correspondiente de entre las longitudes de onda  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  y  $\lambda_3$ . Por tanto, en sentido estricto, cada componente monocromática de la señal para filtrar incide sobre el segundo filtro óptico 14 desde una dirección diferente.

60 Suponiendo, para simplificar la descripción, que las componentes monocromáticas de la señal para filtrar inciden sobre el segundo filtro óptico 14 con una misma dirección, a la salida del segundo filtro óptico 14 estas componentes monocromáticas se propagan a lo largo de direcciones diferentes, aunque paralelas, ya que cada componente monocromática de la señal para filtrar es desviada un mismo ángulo por el segundo separador cromático 80. Esta última característica garantiza que la distribución espacial de la señal para filtrar, es decir, las inclinaciones recíprocas de las direcciones de propagación de las componentes monocromáticas, no sea alterada por el segundo separador cromático 80. Por tanto, la presencia del segundo filtro óptico 14 no supone ninguna distorsión de la imagen del objetivo luminoso que se forma en el sensor optoelectrónico 16, con respecto a un caso de referencia en el que el segundo el filtro óptico 14 no existe. Por tanto, la presencia del segundo filtro óptico 14 no impide la

ejecución correcta de los algoritmos mediante la unidad de procesamiento 18 para la determinación de la actitud y/o posición.

5 Por otra parte, son posibles realizaciones en las que el segundo filtro óptico 14 sea diferente. Por ejemplo, son posibles realizaciones en las que el segundo filtro óptico 14 esté formado por un prisma.

10 También son posibles realizaciones en las que el segundo filtro óptico genera un cambio en la distribución espacial de la señal para filtrar y, por tanto, modifica las direcciones de propagación de las componentes monocromáticas en ángulos diferentes. En este caso, se forma una imagen distorsionada en el sensor optoelectrónico 16, con respecto a lo que sucedería en el caso de ausencia del segundo filtro óptico. Sin embargo, de una manera conocida, todavía es posible determinar una matriz de transferencia indicativa de estos ángulos diferentes, basándose en lo cual la unidad de procesamiento 18 determina, partiendo de las posiciones sobre la superficie sensible de los puntos de imagen de la imagen distorsionada, las posiciones de los puntos de imagen correspondientes de una imagen corregida, es decir, de la imagen que se formaría sobre la superficie sensible del sensor optoelectrónico 16 si el efecto de distorsión geométrica introducido por el segundo filtro óptico no existiera. La determinación de la actitud y/o posición se lleva a cabo mediante la unidad de procesamiento 18 basándose en la imagen corregida.

15 Las ventajas que se pueden conseguir con el presente sistema de metrología se ponen de manifiesto claramente a partir de la descripción anterior. En particular, puesto que el haz óptico OF emitido por el generador de haz óptico 10 sólo ilumina el diafragma 32, puede tener una sección transversal más pequeña con respecto a unidades reflectoras ópticas tradicionales. De hecho, la zona del diafragma 32, que define una superficie de entrada para el haz óptico OF de un tipo simplemente conectado, puede hacerse mucho más pequeña con respecto al espacio transversal global ocupado por el objetivo luminoso 70.

20 Desde un punto de vista más cuantitativo, en el supuesto de una dirección de referencia paralela al eje del diafragma 32, es posible referirnos a una "primera zona" para indicar la zona obtenida proyectando, con líneas paralelas a la dirección de referencia, el diafragma 32 sobre un plano de referencia perpendicular a la dirección de referencia. Además, es posible referirnos a una "segunda zona" para indicar la zona obtenida proyectando el objetivo luminoso 70 sobre el plano de referencia, con líneas paralelas a la dirección de referencia. Dicho esto, la primera zona es más pequeña que la segunda zona. Se mantienen consideraciones similares en el caso en el que la entrada óptica de la unidad pasiva 4 está formada por algún conjunto de elementos ópticos, en el supuesto de referirnos a la primera zona antes mencionada para indicar la zona de la apertura óptica formada por la entrada óptica de la unidad pasiva 4, siendo la apertura óptica tal que cada parte del haz óptico OF que la atraviesa con una dirección paralela a una dirección de acoplamiento, que depende de la estructura óptica de la entrada óptica, está acoplada a al menos una fibra óptica 60, mientras que cualesquiera partes del haz óptico OF que no atraviesen esta apertura óptica no están acopladas a las fibras ópticas 60.

35 Por tanto, es posible aprovechar las ventajas, en lo que se refiere al consumo de energía y a la sencillez de circuito, de una unidad óptica pasiva, sin que ello implique un aumento del consumo de la unidad óptica que genera el haz óptico diseñado para iluminar la unidad óptica pasiva.

40 Como se ha explicado anteriormente, el sistema de metrología descrito también presenta una mejor resistencia a efectos no deseados causados por la presencia de objetos luminosos distintos del objetivo luminoso 70 dentro del campo de visión del sistema óptico de entrada 12.

45 Finalmente, está claro que se pueden realizar modificaciones y variantes en el sistema de metrología descrito sin apartarse del alcance de la presente invención, tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas.

50 Por ejemplo, en lugar de una luz blanca, la fuente óptica 6 podría generar luz con un espectro que tenga N máximos relativos, a longitudes de onda  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ , y que sea sustancialmente cero para longitudes de onda diferentes de las longitudes de onda  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ . En este caso, la fuente óptica 6 puede estar formada por N fuentes elementales sustancialmente monocromáticas, cada una de las cuales emite radiación coherente a una longitud de onda correspondiente de entre las longitudes de onda  $\lambda_2, \dots, \lambda_N$ . Más en concreto, cada fuente elemental puede estar formada por un diodo LED correspondiente o un láser correspondiente. Además, en esta realización, el primer filtro óptico 8 puede no existir, o tener de en cualquier caso una única banda de paso, dentro de la cual entran las longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ .

60 Con respecto al primer filtro óptico 8, al primer separador cromático 50 y al segundo filtro óptico 14, uno o más de éstos podrían, por ejemplo, estar formados por una estructura denominada periódica o cuasiperiódica, tal como, por ejemplo, una rejilla de Bragg.

De una manera conocida, la estructura periódica o cuasiperiódica está diseñada de manera que el espectro de la función de transferencia sea del tipo descrito anteriormente.

65 Con respecto a la unidad de procesamiento 18, esta podría calcular, como se ha indicado, sólo un subconjunto de las cantidades relacionadas con la actitud y/o la posición.

5 Con respecto al primer separador cromático 50, este podría ser reemplazado por un divisor de haz óptico no selectivo en frecuencia. Este divisor de haz óptico, de un tipo conocido, coopera con el acoplador de guía de ondas 52 de manera que cada una de las fibras ópticas 60 sigue acoplada a una componente correspondiente de la señal colimada; sin embargo, las componentes así acopladas no son componentes monocromáticas, sino de banda ancha. En este caso, estas componentes de la señal colimada tienen sustancialmente el mismo contenido espectral.

10 En lugar de fibras ópticas 60, podría haber presentes guías de onda de un tipo diferente. Si es necesario, los trayectos ópticos relacionados con los elementos luminosos 62 podrían ser de tipo no guiado, en cuyo caso, dentro de la unidad pasiva 4, las componentes monocromáticas de la señal colimada, después de ser separadas, se propagan al menos en parte en el espacio libre. En este caso, el primer separador cromático puede estar formado, por ejemplo, por un prisma.

15 Finalmente, es posible que el primer separador cromático 50 y el acoplador de guía de ondas 52 no existan, en cuyo caso los primeros extremos de las fibras ópticas 60 pueden agruparse para formar un haz de fibras, que es iluminado por el haz óptico OF y actúa como un divisor de haz óptico no selectivo en frecuencia. También en esta realización, el diafragma 32 y/o la lente de colimación 34 pueden no existir o sustituirse por diferentes elementos ópticos. En el caso en el que ni el diafragma 32 ni la lente de colimación 34 existan, el conjunto de los primeros extremos de las fibras ópticas 60 forma la entrada óptica de la unidad pasiva 4; en particular, los primeros extremos de las fibras ópticas 60 forman aperturas ópticas correspondientes de la entrada óptica de la unidad pasiva 4.

20



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de metrología óptica proyectiva que comprende una primera unidad óptica (4) y una segunda unidad óptica (2), comprendiendo la primera unidad óptica (4):

- una entrada óptica (30, 32, 34) configurada para recibir una primera señal luminosa; y
- un objetivo luminoso (70) diseñado para emitir una segunda señal luminosa y formado por una serie de elementos luminosos (62);

y en el que la segunda unidad óptica (2) comprende:

- una fuente de luz (6, 8, 10) diseñada para generar dicha primera señal luminosa;
- un sensor optoelectrónico (16) diseñado para recibir dicha segunda señal luminosa, de manera que dicha segunda señal luminosa forme una imagen del objetivo luminoso sobre dicho sensor optoelectrónico; y
- una unidad de procesamiento electrónico (18) configurada para determinar al menos una cantidad indicativa de la disposición mutua del objetivo luminoso y la segunda unidad óptica, basándose en dicha imagen;

**caracterizado por que** la primera unidad óptica comprende, además:

- una serie de trayectos ópticos (60); y
- medios de separación (50, 52) configurados para separar una serie de componentes de la primera señal luminosa recibida por la entrada óptica y para acoplar cada una de las componentes separadas en un trayecto óptico correspondiente;

en el que dicha entrada óptica delimita una apertura óptica y está configurada para acoplar la primera señal luminosa a los medios de separación (50, 52) a través de dicha apertura óptica; y en el que cada elemento luminoso del objetivo luminoso está ópticamente acoplado en un trayecto óptico correspondiente, para ser iluminado, en uso, por la componente de la primera señal luminosa acoplada en dicho trayecto óptico correspondiente.

2. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha segunda unidad óptica (2) comprende además un sistema óptico (12, 14) diseñado para recibir dicha segunda señal luminosa y dirigirla hacia el sensor optoelectrónico (16).

3. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios de separación (50, 52) están configurados de manera que cada componente separada es sustancialmente monocromática a una longitud de onda de componente correspondiente, siendo las longitudes de onda de componente diferentes entre sí.

4. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los medios de separación comprenden una pluralidad de elementos dicróicos (42, 44, 46), estando asociado cada elemento dicróico a una longitud de onda correspondiente y estando configurado para recibir una señal óptica de entrada respectiva y para reflejar una primera componente de dicha señal óptica de entrada respectiva a lo largo de una primera dirección y para transmitir componentes de dicha señal óptica de entrada respectiva que difieran de dicha primera componente a lo largo de una segunda dirección, siendo dicha primera componente sustancialmente monocromática a la longitud de onda asociada a dicho elemento dicróico.

5. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dicha segunda unidad óptica (2) comprende además un sistema óptico (12, 14) diseñado para recibir dicha segunda señal luminosa y dirigirla hacia el sensor optoelectrónico (16), comprendiendo dicho sistema óptico (12, 14) un filtro óptico de tipo de paso de banda (14) que tiene una función de transferencia, cuyo espectro tiene un número de bandas de paso igual al número de elementos luminosos (62), incluyendo cada banda de paso una longitud de onda correspondiente de entre dichas longitudes de onda de componente.

6. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho sistema óptico (12, 14) comprende una pluralidad de elementos dicróicos (42, 44, 46).

7. El sistema de metrología de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de dichos trayectos ópticos (60) es al menos parcialmente de tipo guiado.

8. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 7, en el que cada uno de dichos trayectos ópticos está formado por una fibra óptica (60) correspondiente.

9. El sistema de metrología de acuerdo con la reivindicación 8, en el que cada fibra óptica (60) tiene un primer y un segundo extremo, estando el primer extremo conectado a dichos medios de separación (50, 52) y definiendo el segundo extremo un elemento luminoso (62) correspondiente del objetivo luminoso (70).

10. El sistema de metrología de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha entrada óptica comprende un diafragma (32).

11. El sistema de metrología de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha entrada óptica comprende una lente (34) diseñada para colimar dicha primera señal luminosa.
- 5 12. El sistema de metrología de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios de separación (50, 52) están interpuestos ópticamente entre dicha entrada óptica (30, 32, 34) y dichos trayectos ópticos (60).
- 10 13. El sistema de metrología de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha fuente de luz (6, 8, 10) está configurada para generar dicha primera señal luminosa de modo que esté formada enteramente por un número de componentes sustancialmente monocromáticas igual al número de elementos luminosos (62).
- 15 14. Un sistema de satélites que comprende un primer satélite (sat1) y un segundo satélite (sat2) y un sistema de metrología óptica proyectiva (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las unidades ópticas primera y segunda (4, 2) están respectivamente restringidas a los satélites primero y segundo; y que comprende además un sistema de control de actitud y/o posición (20) restringido al primer satélite y configurado para recibir dicha al menos una cantidad determinada por la unidad de procesamiento electrónico (18).

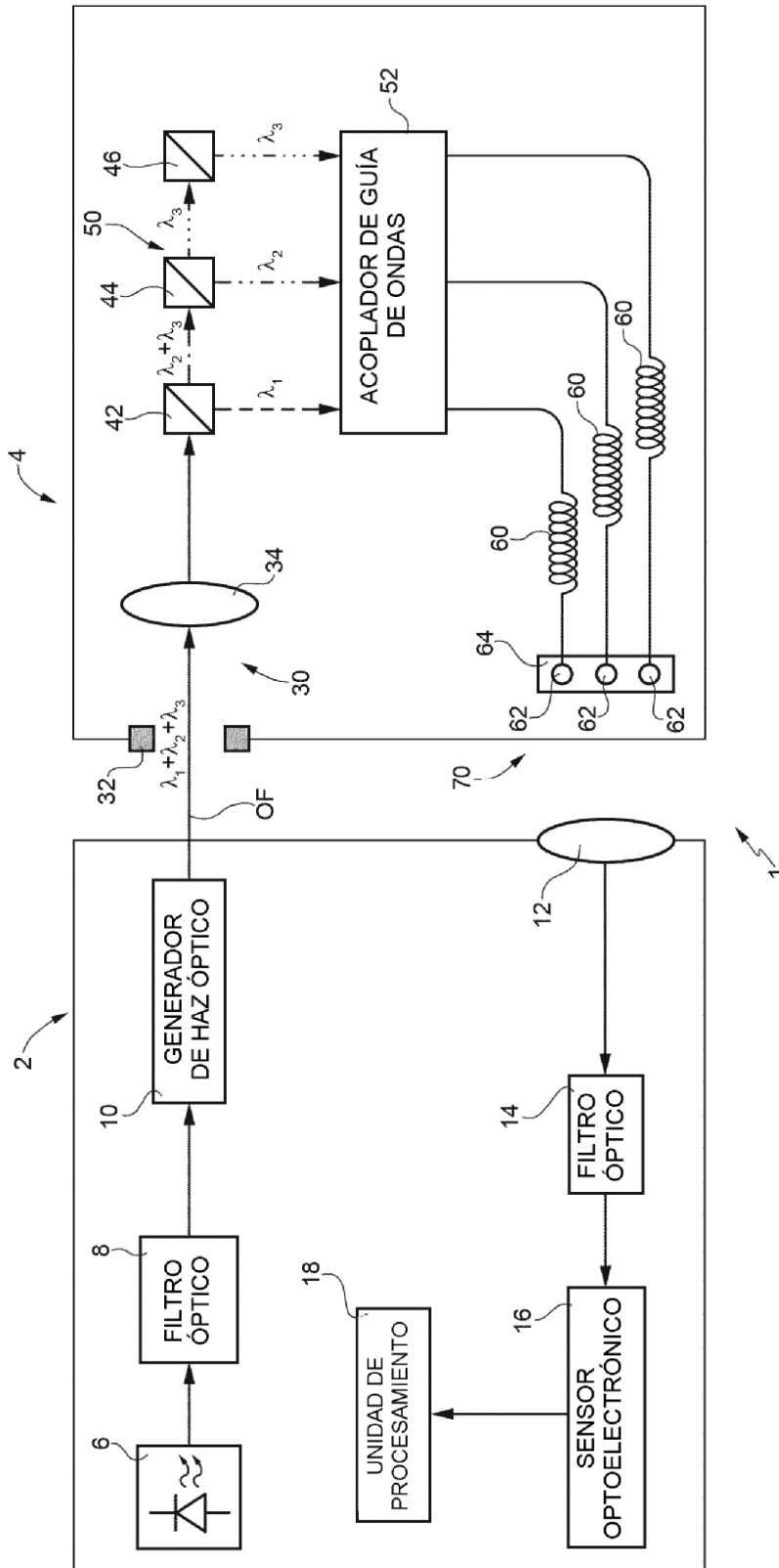


FIG. 1

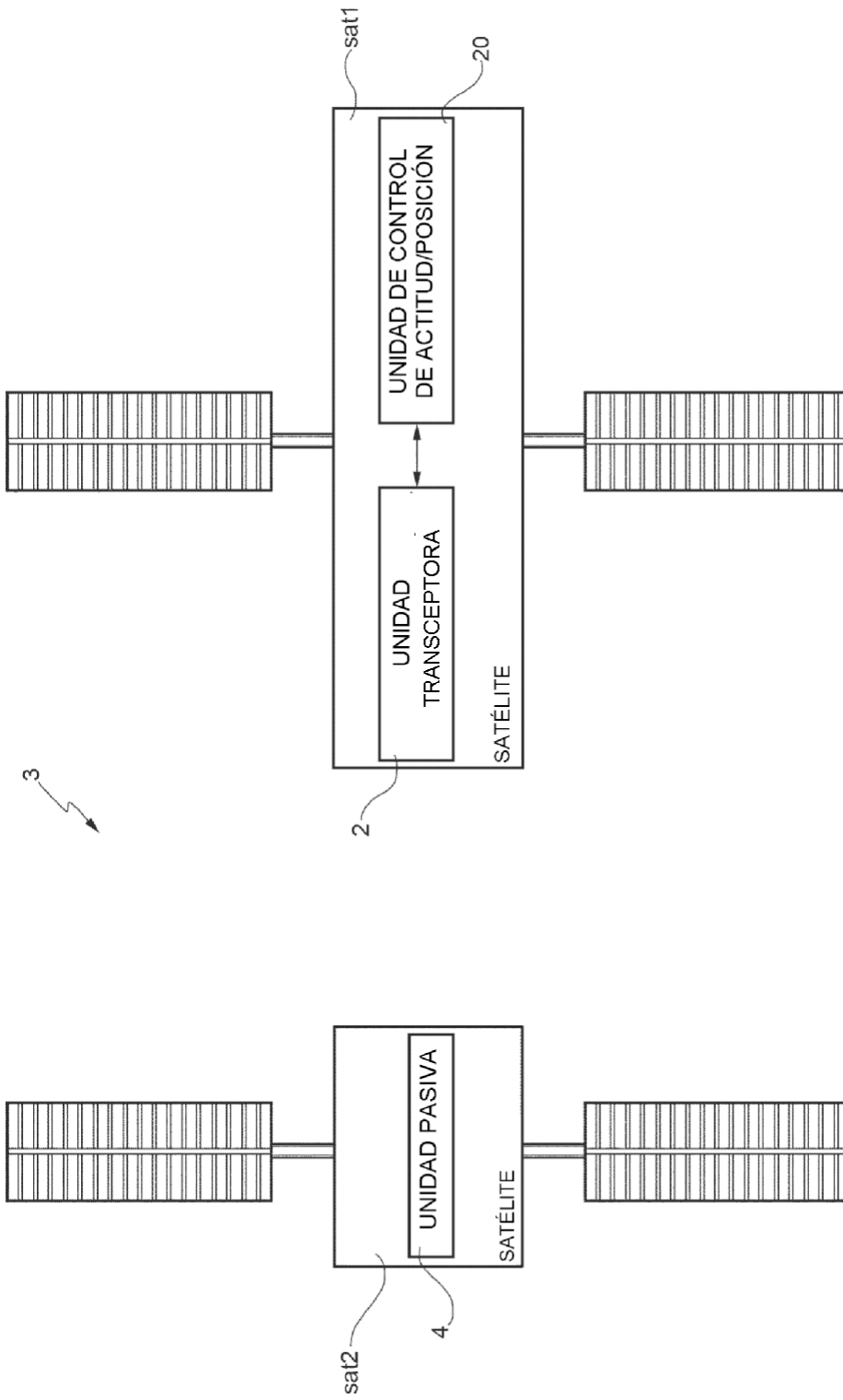


FIG. 2

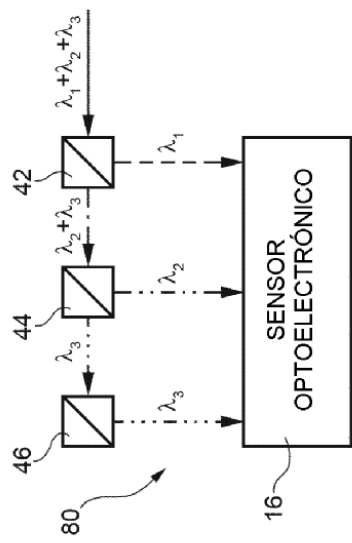


FIG. 4

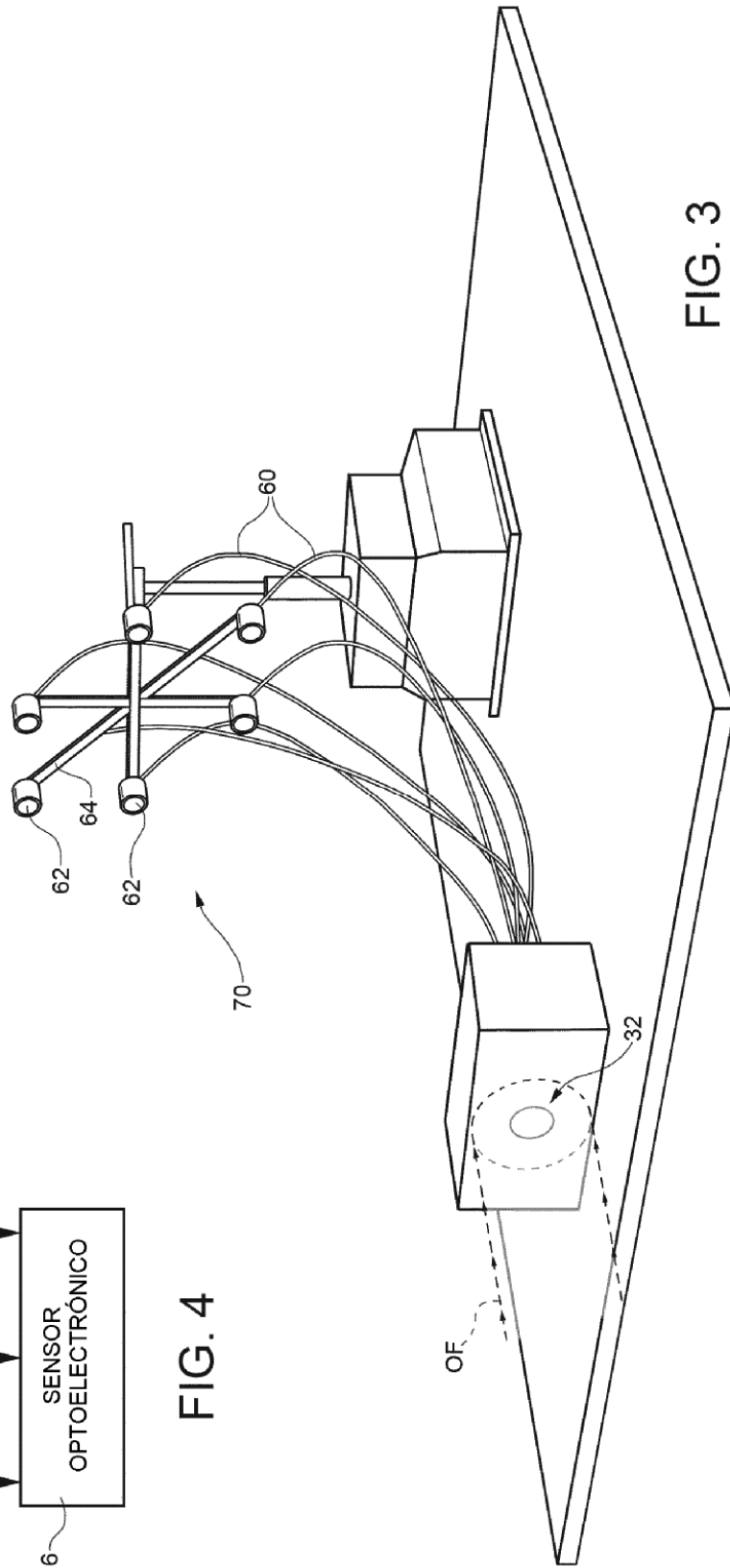


FIG. 3