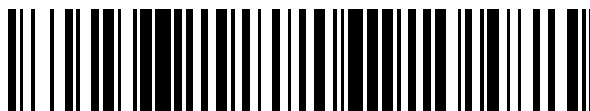


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 188**

51 Int. Cl.:

G01J 3/02 (2006.01)
G01J 3/28 (2006.01)
G01J 3/36 (2006.01)
H01L 27/146 (2006.01)
H01L 31/0232 (2006.01)
G02B 23/00 (2006.01)
G02B 5/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2009 E 09166608 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 2163870**

54 Título: **Filtro multiespectral para sensor de imágenes, dispositivo de detección de imágenes mejorado para un generador de imágenes multiespectral y generador de imágenes multiespectral que comprende este filtro**

30 Prioridad:

12.09.2008 FR 0805019

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

18.06.2013

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, RUE DE VILLIERS
92200 NEUILLY SUR SEINE, FR**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 408 188 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

Filtro multiespectral para sensor de imágenes, dispositivo de detección de imágenes mejorado para un generador de imágenes multiespectral y generador de imágenes multiespectral que comprende este filtro

5 La presente invención se refiere a un filtro multiespectral para dispositivo de detección de imágenes, a un dispositivo de detección de imágenes mejorado que permite la supresión de las imágenes fantasma en el plano focal de un generador de imágenes multiespectral y a un generador de imágenes multiespectral que comprende este filtro. Esta se aplica en particular en el campo de los telescopios reflectores del tipo « Off Axis » para los cuales el haz de luz captado por el sistema óptico del telescopio y reflejado por el sistema óptico del telescopio está angularmente desplazado con respecto al plano focal del generador de imágenes.

10 Un telescopio Off Axis, como por ejemplo un telescopio del tipo Korsch u otro, es un sistema óptico, con simetría de revolución alrededor del eje longitudinal, que comprende una multitud de espejos dispuestos de acuerdo con el eje longitudinal, cuya pupila de salida (no representada) y/o el campo de la toma de imagen es excéntrico. La figura 1a representa un esquema de un ejemplo de sistema óptico de un telescopio Off Axis, de acuerdo con un plano de corte YZ. En esta figura, el sistema óptico 20 del telescopio comprende tres espejos esféricos M1, M2, M4 centrados en el eje longitudinal 10 del sistema óptico 20 y un cuarto espejo M3, espejo plano inclinado (a 45° en la figura). Los dos espejos M1, M2 están dispuestos perpendicularmente al eje longitudinal 10 de tal modo que el segundo espejo M2 está dispuesto aguas arriba del primer espejo M1 con respecto al trayecto de un haz de luz incidente. El espejo M3 es un espejo plano inclinado con respecto al eje 10 y tiene una cara reflectante dispuesta frente al espejo Off Axis M4. Un haz de luz incidente procedente de una escena observada por el telescopio lo refleja una primera vez el primer espejo M1 en dirección al segundo espejo M2 dispuesto aguas arriba, a continuación lo refleja una segunda vez el segundo espejo M2 en dirección al tercer espejo M3 situado aguas abajo del espejo M1. El espejo M3 refleja el haz de luz procedente del espejo M2 en dirección al espejo Off Axis M4 que devuelve el haz focalizado 40 en un plano focal 30, paralelo al eje longitudinal 10 y separado transversalmente con respecto a dicho eje longitudinal 10, siendo el plano focal 30 el foco óptico del telescopio. El haz focalizado 40 no es perpendicular al plano focal 30 del telescopio sino que llega al plano focal 30 con un ángulo de incidencia oblicuo α . La detección de las imágenes captadas por el telescopio se puede realizar por tanto situando unos sensores en el plano focal 30 del telescopio. Los sensores se asocian a unos filtros de entrada o a un filtro multiespectral que permite observar las imágenes en diferentes ventanas espectrales. El documento EP 1 801 553 describe un ejemplo de estructura multicapa situada en la entrada de un sensor, sin embargo este tipo de estructura tiene una función de dispersor espectral y no resulta fácil definir las ventanas espectrales con precisión. La invención no se refiere a este tipo de estructura, sino a unos filtros de banda cuyas bandas están separadas por una distancia predefinida y cuyo espectro está predeterminado.

La figura 1b muestra un zoom, en una vista desde arriba, de un ejemplo de disposición de los sensores de acuerdo con un plano XY paralelo al plano focal. En esta figura, a título de ejemplo no excluyente, están representadas cinco regletas 60 de sensores, dispuestas por ejemplo al tresbolillo. Cada regleta puede comprender varias líneas de sensores, por ejemplo cuatro líneas, estando cada línea asignada a una banda espectral. Los sensores pueden disponerse en forma de regletas o de matrices.

Como el haz de luz focalizado que llega a los sensores por medio de los filtros no es perpendicular a los filtros, sino que tiene un ángulo de incidencia oblicuo α , este tipo de generador de imágenes presenta el inconveniente de generar unos ecos parásitos causados por las reflexiones múltiples del haz de luz 40 en las diferentes interfaces entre las caras de los filtros y los sensores. En las interfaces del filtro, las reflexiones múltiples tienen lugar a la vez en el interior de las bandas del filtro y entre las bandas del filtro. Estos ecos parásitos son responsables de la aparición de imágenes parásitas, denominadas « imágenes fantasma » que alteran la interpretación de las imágenes de la escena observada.

El documento US 2003/117621 describe una tapa de caja de sensor en forma de lámina prismática para eliminar las imágenes fantasma, no obstante la lámina no tiene ninguna función espectral.

Para resolver este problema, es habitual utilizar un filtro multiespectral que comprende una lámina con caras paralelas en la cual están depositadas, en forma de capas delgadas, diferentes bandas espectrales, encontrándose la lámina asociada a varios diafragmas que delimitan el filtro y las bandas espectrales del filtro. Las figuras 2a y 2b muestran un zoom, en una vista en sección de acuerdo con un plano XZ, de una regleta de sensores 60 que comprende un filtro multiespectral 70 en la entrada. Los diafragmas pueden ser de tipo mecánico o realizarse mediante unos absorbentes dispuestos entre las bandas espectrales del filtro y a ambos lados del filtro. Sin embargo, esta solución, que se describe con más detalle a continuación, no permite rechazar todas las imágenes fantasma. Además, esta exige, tras la realización de unos depósitos de capas delgadas para obtener las diferentes bandas espectrales del filtro, realizar un depósito de un material absorbente entre las bandas espectrales, lo que resulta muy difícil de llevar a cabo.

La presente invención tiene como objetivo resolver estos inconvenientes proponiendo un filtro multiespectral que permite eliminar de forma más eficaz todas las reflexiones múltiples en el interior de las bandas del filtro y entre las bandas del filtro.

Otro objetivo de la invención es proponer un filtro que permite prescindir de la realización de un depósito de un material absorbente entre las bandas espectrales del filtro y, por lo tanto, es más sencillo de realizar.

Otro objetivo de la invención es realizar un dispositivo de detección de imágenes mejorado, que permite la supresión de todas las imágenes fantasma en el plano focal de un generador de imágenes multiespectral.

- 5 Para ello, la invención tiene como objeto un filtro multiespectral para dispositivo de detección de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1.

De manera ventajosa, el filtro carece de material absorbente y de diafragma entre las diferentes bandas espectrales.

- 10 De manera ventajosa, cada banda espectral está constituida por un depósito de al menos un material que deja pasar unas longitudes de onda comprendidas dentro de dicha banda espectral y que rechaza todas las demás longitudes de onda.

La invención también se refiere a un dispositivo de detección de imágenes mejorado para un generador de imágenes multiespectral, que comprende una multitud de sensores y al menos un filtro multiespectral dispuesto en la entrada de los sensores, encontrándose la primera cara interna de la lámina prismática dispuesta frente a los sensores.

- 15 De manera ventajosa, el ángulo de prisma β puede estar comprendido entre 0,1 y 20°, y de manera preferente entre 1° y 10°.

- 20 De manera ventajosa, los sensores están dispuestos de acuerdo con al menos dos líneas paralelas entre sí y separadas por una distancia D igual a la distancia que separa las bandas espectrales del filtro y la cara interna de la lámina prismática está dispuesta a una distancia H de los sensores. La distancia H puede estar comprendida entre 0,2 mm y 30 mm, y la distancia D puede estar comprendida entre 0,2 mm y 2 mm. De manera preferente, la distancia H está comprendida entre 1 mm y 15 mm, y la distancia D está comprendida entre 0,5 mm y 2 mm.

Cada banda espectral pues estar constituida por un depósito de al menos un material que deja pasar unas longitudes de onda comprendidas dentro de dicha banda espectral y que rechaza todas las demás longitudes de onda.

- 25 La invención también se refiere a un generador de imágenes multiespectral que comprende al menos un dispositivo de detección de imágenes mejorado.

- 30 De manera ventajosa, el generador de imágenes multiespectral comprende unos medios ópticos para captar unos haces de luz incidentes y unos medios ópticos para reflejar los haces de luz incidentes y focalizar los haces reflejados en un plano focal situado en el foco óptico del generador de imágenes, presentando los haces focalizados en el plano focal un ángulo de incidencia oblicuo con respecto al plano focal, encontrándose situado el dispositivo de detección de imágenes mejorado en el plano focal del generador de imágenes multiespectral.

De manera ventajosa, el generador de imágenes multiespectral es un generador de imágenes Off Axis.

- 35 Se harán evidentes otras particularidades y ventajas de la invención con la descripción que viene a continuación, que se da a título meramente ilustrativo y no excluyente, en referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- figura 1a: un esquema de un ejemplo de sistema óptico de un generador de imágenes de tipo telescopio Off Axis, de acuerdo con un plano de corte YZ;
- figura 1b: un zoom, en una vista desde arriba, de un ejemplo de disposición de los sensores de acuerdo con un plano XY paralelo al plano focal del generador de imágenes de la figura 1a;
- 40 - figuras 2a y 2b: dos vistas esquemáticas en sección, de acuerdo con un plano XZ, de un ejemplo de dispositivo de detección de imágenes para un generador de imágenes multiespectral, de acuerdo con la técnica anterior;
- figuras 3a y 3b: dos vistas esquemáticas en sección, de acuerdo con un plano XZ, de un ejemplo de dispositivo de detección de imágenes para un generador de imágenes multiespectral, de acuerdo con la invención.

- 45 En las figuras 2a y 2b están representadas, en sección de acuerdo con un plano XZ, dos líneas de sensores 61, 62 dispuestas en un mismo plano XY, sustancialmente paralelas entre sí y separadas la una de la otra por una distancia D. Las líneas de sensores pueden estar, por ejemplo, situadas sobre una regleta 60 de tipo CCD (en inglés: *charge coupled device*). Se pueden disponer unos materiales absorbentes 63, 64, 65 a ambos lados de cada línea de sensores y entre las líneas de sensores. En la entrada de los sensores, a una distancia H aguas arriba de estos, se sitúa un filtro multiespectral 70, por ejemplo de tipo multi-bandas (en inglés: *strip-filter*). El filtro multiespectral 70
- 50 puede estar constituido por una lámina 71, por ejemplo de vidrio, que comprende dos caras paralelas, respectivamente inferior 72 y superior 73, sobre la cual se han realizado unos depósitos de capas delgadas en forma de varias bandas 74, 75 dispuestas paralelas entre sí. A título de ejemplo, están representadas dos bandas

espectrales 74, 75 realizadas en la cara superior 73 de la lámina 71, pero podría haber un número distinto de dos. Por lo general, hay tantas líneas de sensores como bandas espectrales, siendo cada línea de sensores específica para la detección de los haces que han atravesado una banda espectral determinada. Cada banda espectral 74, 75 se obtiene a partir de depósitos de una o de varias capas delgadas de diferentes materiales. La composición, la estructura y el grosor de las capas delgadas se calculan de manera conocida, de tal modo que dejen pasar unas longitudes de onda comprendidas en una banda espectral predeterminada y rechacen todas las demás longitudes de onda. Se puede realizar un depósito de un material absorbente 76 sobre la cara superior 73 de la lámina 71 a ambos lados de las bandas espectrales y entre las bandas espectrales 74, 75. De este modo, el material absorbente 76 se extiende por toda la superficie de la cara superior 73 de la lámina, con la excepción de las bandas espectrales 74, 75. El material absorbente 76 puede, por ejemplo, tener únicamente propiedades absorbentes en su cara interna en contacto con el filtro y tener propiedades reflectantes en su cara externa expuesta a los haces que entran dentro del filtro de tal modo que absorba todos los haces de luz reflejados que lleguen a su cara interna y refleje todos los haces de luz que lleguen a su cara externa.

La regleta de sensores está situada en el plano focal de un generador de imágenes. Se puede emitir directamente a los sensores 61, 62 un haz de luz 1, 2, 3, 4, 5 que llega al filtro multispectral tras haber atravesado el filtro 70, como los haces 2 y 3, o transmitirlo tras haberse reflejado en una o las dos caras de la lámina 71 del filtro 70, o en el soporte de los sensores, como los haces 1, 4, 5. Las transmisiones tras las reflexiones constituyen unos ecos parásitos que es necesario eliminar ya que generan imágenes fantasma. Algunas reflexiones parásitas, denominadas intra-bandas, como el haz 1 de la figura 2b, se eliminan al optimizar el parámetro H, correspondiente a la distancia que separa el filtro de los sensores, con respecto al parámetro D, correspondiente a la distancia entre dos líneas de sensores y a la distancia entre dos bandas espectrales. Se eliminan otras reflexiones parásitas, denominadas, interbandas, como el haz 4 de la figura 2b mediante la incorporación de los tratamientos absorbentes en el filtro y/o los espacios entre las líneas de sensores. Las reflexiones internas en el filtro, como el haz 5 de la figura 2, no se pueden eliminar. Ahora bien, estas reflexiones internas en el filtro son las reflexiones más intensas para los telescopios con poca abertura y una alta resolución y son, por lo tanto, muy molestas. Las consecuencias son la degradación de la calidad de las imágenes según las condiciones de iluminación de la escena observada. En particular, la observación de escenas con altas luminancias conduce a unos puntos de saturación acompañados de ecos parásitos que pueden alterar la interpretación de las imágenes. Por último, estos ecos pueden estar presentes en zonas muy poco iluminadas cerca de zonas muy iluminadas. En este caso, los resultados de los ruidos espaciales se pueden ver alterados de manera significativa y molesta ya que dependen de la distribución espacial de la gama de luminancia observada.

Las figuras 3a y 3b muestran dos vistas esquemáticas en sección, de acuerdo con un plano XZ, de un ejemplo de dispositivo de detección de imágenes para un generador de imágenes multispectral, de acuerdo con la invención.

En la figura 3b, se esquematiza una matriz 80 de sensores que comprende una multitud de sensores, por ejemplo de tipo CCD. Los sensores comprenden unas superficies colectoras de luz que se pueden disponer en forma de una matriz o en forma de varias regletas, comprendiendo cada regleta una multitud de sensores dispuestos de acuerdo con una o varias líneas de detección. En la figura 3a, los sensores están dispuestos en cuatro líneas de detección 81, 82, 83, 84 aproximadamente paralelas y separadas por una distancia D predeterminada. Una lámina prismática 85 está dispuesta en la entrada de los sensores a una distancia H predeterminada de la regleta. Solo es necesaria una lámina prismática por regleta de sensores. La lámina prismática 85 comprende una primera cara interna 86 dispuesta frente a los sensores y una segunda cara externa 87. Las dos caras interna y externa 86, 87 de la lámina prismática 85 forman, entre sí, un ángulo de prisma β . Se deposita un filtro multispectral 88, por ejemplo de tipo multibanda, sobre la lámina prismática. Se puede depositar el filtro multispectral 88 de manera indistinta sobre la primera o la segunda cara 86, 87. Cada banda espectral se obtiene de manera conocida a partir de depósitos de una o de varias capas delgadas de diferentes materiales seleccionados de tal modo que cada banda espectral deje pasar unas longitudes de onda comprendidas dentro de dicha banda espectral y rechace todas las demás longitudes de onda. En las figuras 3a y 3b, el filtro multispectral 88 comprende cuatro bandas espectrales diferentes 91, 92, 93, 94 que permiten observar una escena en cuatro ventanas espectrales diferentes que corresponden a unos campos de frecuencias seleccionadas, pero podría tener un número distinto de cuatro, es suficiente con que el número de bandas espectrales sea superior a 2. La distancia que separa dos bandas espectrales es, de preferencia, sustancialmente igual a la distancia D que separa dos líneas de sensores.

Las distancias D y H se calculan de tal modo que se rechacen, fuera de las superficies colectoras de los sensores, todas las reflexiones parásitas 50 que se puedan producir sobre los sensores y sobre la superficie interna de la cara interna de la lámina prismática 85. El ángulo del prisma β se calcula de tal modo que todas las reflexiones parásitas internas 51 en la lámina prismática 85 también se rechacen fuera de los sensores. No obstante, el ángulo β no debe ser demasiado grande de tal modo que no se cree una excesiva dispersión espectral en la lámina prismática ya que esto tendría como consecuencia una degradación inadmisiblemente de las imágenes de la escena observada. Así pues, el ángulo de prisma β se optimiza de acuerdo con un equilibrio entre el rechazo de los ecos parásitos y la minimización de la dispersión espectral en la lámina prismática.

De manera general, cuanto más grande es el ángulo β , más pequeña es la distancia H entre los filtros y los sensores. Del mismo modo, cuanto más grande es la distancia D entre las bandas espectrales y/o entre los sensores, más grande es la distancia H entre los filtros y los sensores.

De manera ventajosa, el ángulo β puede estar comprendido entre $0,1^\circ$ y 20° , la distancia H entre los filtros y los sensores puede estar comprendida entre 0,2 mm y 30 mm, y el espacio D entre las bandas espectrales y/o entre los sensores puede estar comprendido entre 0,2 mm y 5 mm.

- 5 De manera preferente, para minimizar la dispersión espectral y la pérdida de calidad de las imágenes que se deriva de esto, el ángulo β está comprendido entre 1° y 10° , la distancia H está comprendida entre 1 mm y 15 mm, y la distancia D está comprendida entre 0,5 mm y 2 mm para cuatro bandas espectrales.

- 10 De manera ventajosa, cada una de las caras interna 86 y externa 87 de la lámina prismática 85 puede estar equipada con un diafragma 89, 90, por ejemplo de tipo mecánico u obtenido mediante los depósitos de un material absorbente, que delimita el filtro multiespectral 88 y que permite atenuar las reflexiones parásitas rechazadas. Estos diafragmas no son, sin embargo, indispensables. No se ha realizado ningún depósito de absorbente entre las bandas del filtro 88, ni entre las líneas de sensores 81, 82, 83, 84. En efecto, el uso de absorbentes es inútil ya que todas las reflexiones parásitas se rechazan fuera de los sensores.

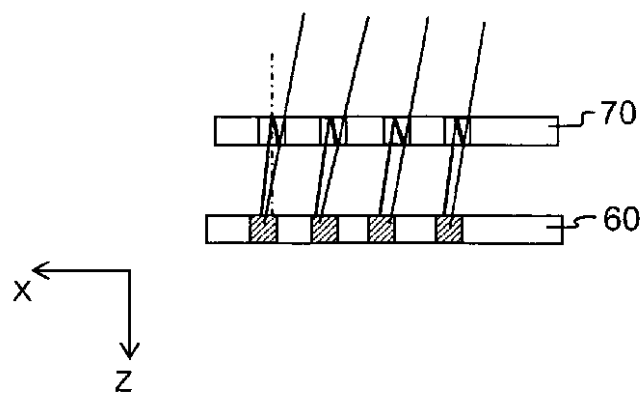
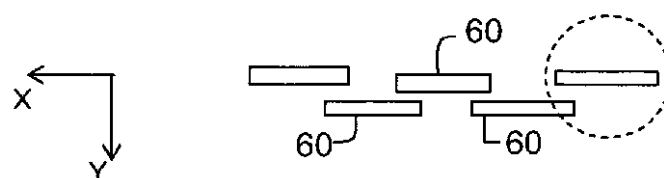
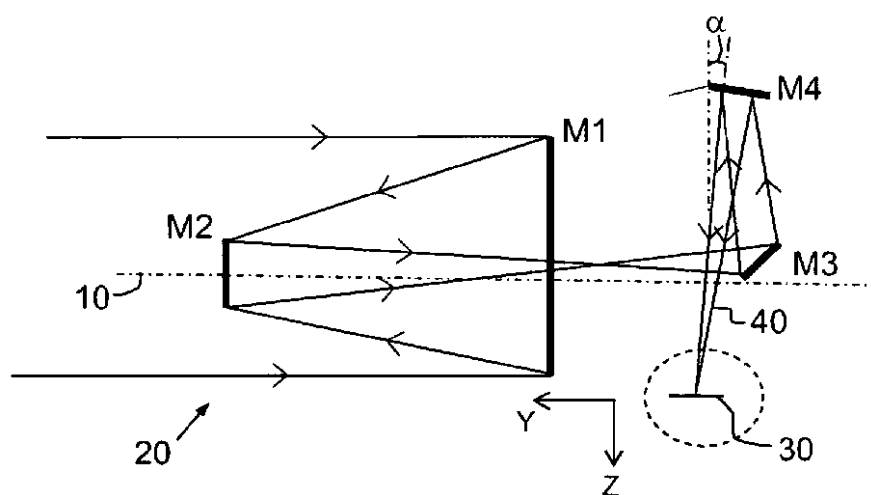
- 15 Cuando los sensores están situados en el plano focal de un generador de imágenes, se puede transmitir directamente a las líneas de sensores 81, 82, 83, 84 un haz de luz 6, 7, 8, 9 que llega al filtro multiespectral 88 tras haber atravesado el filtro multiespectral 88 y la lámina prismática 85, o reflejarse en una o las dos caras de la lámina prismática 85, o en los sensores. Todos los haces reflejados, incluso los internos a la lámina prismática 85 se rechazan fuera de los sensores.

- 20 El dispositivo de detección de imágenes mejorado presenta, por lo tanto, las ventajas de suprimir por completo las imágenes fantasma en los generadores de imágenes, en particular los generadores de imágenes Off Axis, y permitir simplificar la realización de los filtros multiespectrales poniendo los absorbentes entre las bandas inútiles.

Aunque la invención se haya descrito en relación con un modo particular de realización, resulta evidente que esta no está en absoluto limitada y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones si estas entran en el ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Filtro multiespectral para dispositivo de detección de imágenes, **caracterizado porque** comprende una lámina prismática (85) que comprende una primera cara interna (86) y una segunda cara externa (87), estando la primera y la segunda cara (86, 87) inclinadas la una respecto de la otra con un ángulo β y **porque** comprende al menos dos bandas espectrales diferentes (91, 92, 93, 94) depositadas de manera indistinta en la primera o la segunda cara (86, 87) de la lámina prismática (85), encontrándose las diferentes bandas espectrales (91, 92, 93, 94) separadas entre sí por una distancia (D) predeterminada y optimizándose el ángulo de prisma β mediante un equilibrio entre el rechazo de los ecos parásitos y la minimización de la dispersión espectral en la lámina prismática.
2. Filtro multiespectral según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el filtro carece de material absorbente y de diafragma entre las diferentes bandas espectrales (91, 92, 93, 94).
3. Filtro multiespectral según la reivindicación 2, **caracterizado porque** cada banda espectral (91, 92, 93, 94) está constituida por un depósito de al menos un material que deja pasar unas longitudes de onda comprendidas dentro de dicha banda espectral y que rechaza todas las demás longitudes de onda.
4. Dispositivo de detección de imágenes mejorado para un generador de imágenes multiespectral, que comprende una multitud de sensores (81, 82, 83, 84) y al menos un filtro multiespectral (88) según una de las reivindicaciones anteriores, encontrándose el filtro multiespectral dispuesto en la entrada de los sensores (81, 82, 83, 84), encontrándose la primera cara interna (86) de la lámina prismática dispuesta frente a los sensores (81, 82, 83, 84).
5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el ángulo de prisma β es optimizado mediante un equilibrio entre el rechazo de los ecos parásitos y la minimización de la dispersión espectral en la lámina prismática.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el ángulo de prisma β está comprendido entre $0,1^\circ$ y 20° .
7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el ángulo de prisma β está comprendido entre 1° y 10° .
8. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** los sensores están dispuestos según al menos dos líneas paralelas entre sí y separadas por una distancia D igual a la distancia que separa las bandas espectrales del filtro y **porque** la cara interna de la lámina prismática está dispuesta a una distancia H de los sensores.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la distancia H está comprendida entre 0,2 mm y 30 mm, y la distancia D está comprendida entre 0,2 mm y 2 mm.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la distancia H está comprendida entre 1 mm y 15 mm, y la distancia D está comprendida entre 0,5 mm y 2 mm.
11. Generador de imágenes multiespectral **caracterizado porque** comprende al menos un dispositivo de detección de imágenes mejorado según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10.
12. Generador multiespectral según la reivindicación 11 que comprende unos medios ópticos (20) para captar los haces de luz incidentes y unos medios ópticos (M1, M2, M3, M4) para reflejar los haces incidentes y focalizar los haces reflejados en un plano focal (30) situado en el foco óptico del generador de imágenes, presentando los haces focalizados en el plano focal un ángulo de incidencia oblicuo (50) con respecto al plano focal (30), **caracterizado porque** el dispositivo de detección de imágenes mejorado está situado en el plano focal (30) del generador de imágenes multiespectral.
13. Generador de imágenes multiespectral según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** es un generador de imágenes Off Axis.



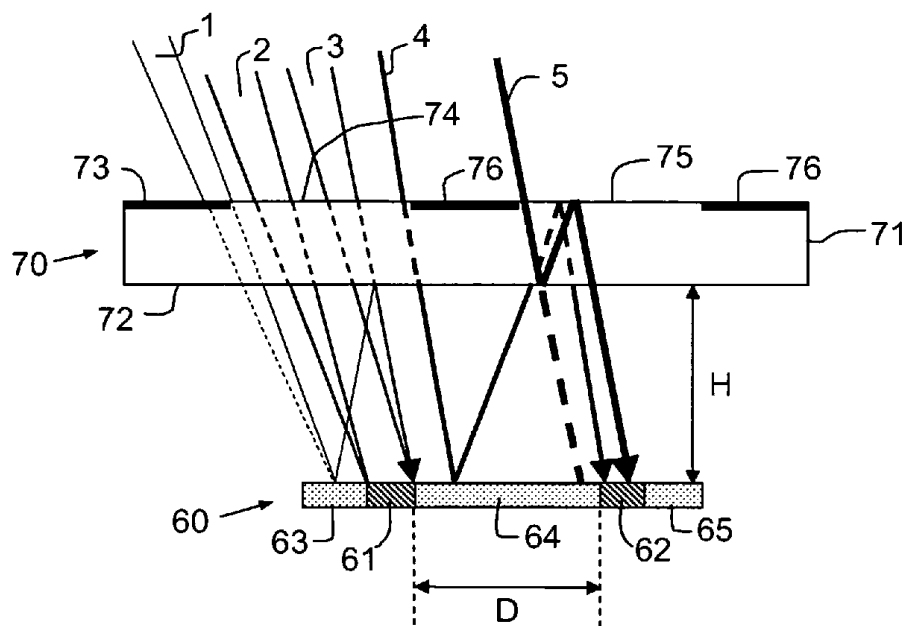


FIG.2b

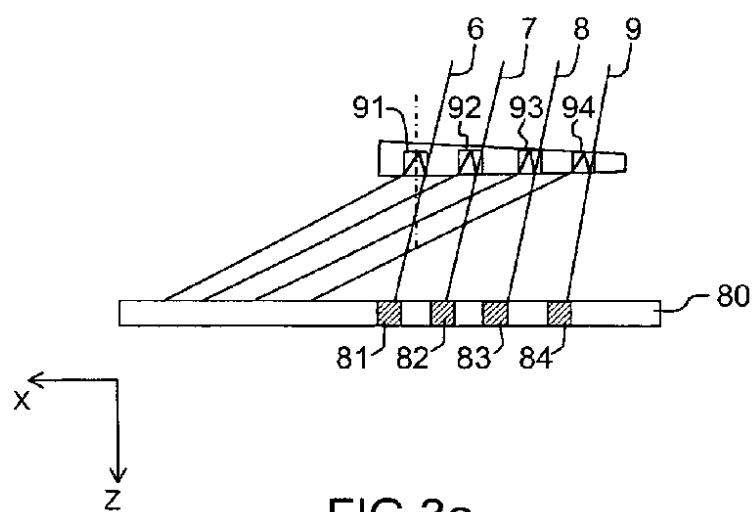


FIG. 3a

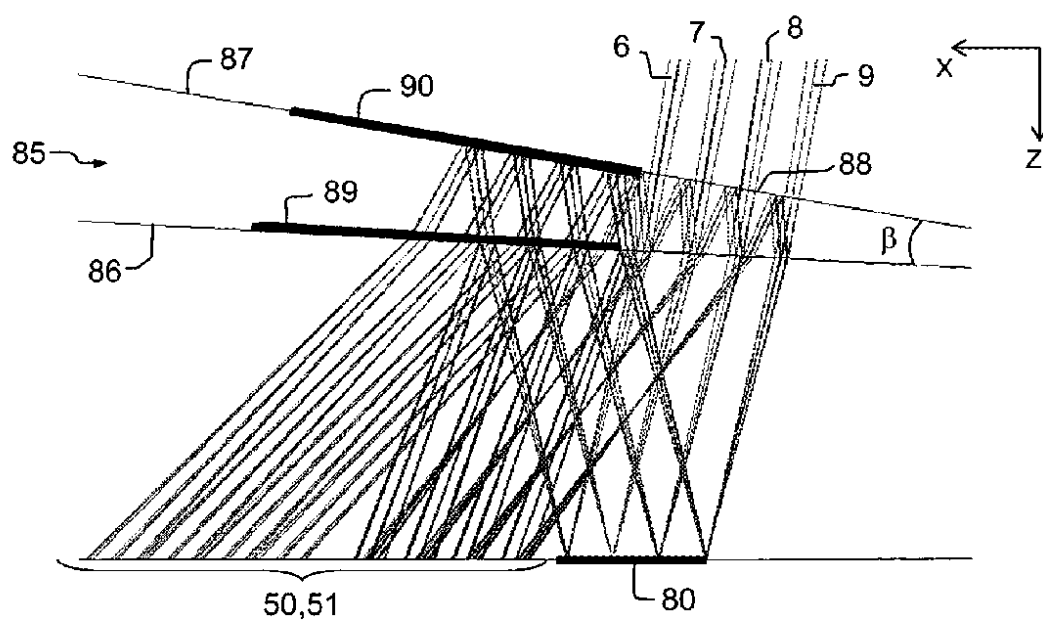


FIG. 3b