

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 533**

51 Int. Cl.:

**G01J 3/45** (2006.01)

**G01J 3/453** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10170621 .6**

96 Fecha de presentación: **23.07.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2284510**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2011**

54 Título: **Interferómetro estático de campo compensado para espectroscopía por transformada de Fourier**

30 Prioridad:  
**07.08.2009 FR 0903904**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.06.2012**

73 Titular/es:  
**Thales**  
**45, rue de Villiers**  
**92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:  
**Buisson, Christophe;**  
**Simeoni, Denis;**  
**Astruc, Patrick y**  
**Degrelle, Cyril**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

**ES 2 382 533 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**

Interferómetro estático de campo compensado para espectroscopía por transformada de Fourier

5 La presente invención se refiere al ámbito de los interferómetros estáticos. Más particularmente, la invención se refiere a los interferómetros utilizados para espectroscopía por transformada de Fourier, particularmente en el marco de misiones de observaciones de la Tierra y/o de sondeo atmosférico.

La región espectral que se aplica a la invención puede ser, particularmente, la banda infrarroja, la banda UV o también la banda visible.

Finalmente, la invención propone una solución al problema del efecto de auto-apodización de campo en un interferómetro estático utilizado para espectroscopía por transformada de Fourier.

10 En el caso de de un interferómetro estático, para obtener una variación intrapupilar de la diferencia de marcha, una solución existente consiste en utilizar espejos, llamados "espejos de reenvío", que comprenden superficies escalonadas ("*echellettes*"). Los espejos de reenvío permiten la reflexión de los haces incidentes, previamente divididos por una lámina separadora, para ser recombinados a la salida del interferómetro. Durante la recombinación, las franjas de interferencias que se forman presentan más o menos contraste de acuerdo con el  
15 rendimiento del interferómetro y el tamaño angular del campo analizado.

La figura 1 representa un caso de realización de un interferómetro con superficies escalonadas de la técnica anterior que comprende una lámina separadora 7 que divide el haz incidente procedente de una fuente S en un primer haz 4 que se refleja en un espejo M2 y en un segundo haz 3 que se refleja en un espejo con superficies escalonadas M1. Los dos haces reflejados 3' y 4' se recombinan después de un segundo paso por la lámina separadora 7. La  
20 diferencia de marcha, indicada como  $DDM_j$ , igual a la diferencia de trayectoria óptica entre las ondas 1 y 2 a la salida del interferómetro, depende de la distancia  $\Delta_j$ , que separa la superficie escalonada j del plano de referencia 5 que corresponde a la diferencia de marcha nula.

Esta solución también permite evitar cualquier desplazamiento de los espejos de reenvío mediante un dispositivo a menudo imponente.

25 Para cada superficie escalonada, la diferencia de marcha varía en función del ángulo de campo, induciendo en el caso de una fuente extendida una caída del contraste de las franjas de interferencia. Éste es el fenómeno de auto-apodización. Este fenómeno limita el campo máximo admisible por el interferómetro y, por lo tanto, el campo de visión del instrumento.

Un ejemplo de dicho instrumento se describe, por ejemplo, en el documento CA230994.

30 El objetivo de la compensación de campo es anular o reducir la dependencia de la diferencia de marcha, indicada de forma más general como  $DDM$ , con el ángulo de campo.

La compensación de campo se ha estudiado en el caso de interferómetros de Michelson para los cuales la variación de la diferencia de marcha se obtiene barriendo la posición de un espejo de uno de los brazos del interferómetro a lo largo del eje óptico.

35 El principio consiste en insertar en uno de los brazos del interferómetro una lámina de grosor, indicado como e, y de índice, indicado como n.

La figura 2 representa dicho dispositivo cuando un espejo  $M_1$  es trasladado una posición a, con respecto a un plano de referencia.

40 Los haces incidentes procedentes de la fuente S se separan en una lámina separadora 7 en dos haces 3, 4 que se reflejan respectivamente en un primer espejo  $M_1$  y en un segundo espejo  $M_2$ ,

La diferencia de marcha, indicada como  $\delta_{12}$ , entre las ondas que interfieren 3', 4' se escribe entonces en función del ángulo de campo  $\theta$ :

$$\delta_{12}(e, \Delta, \theta) \approx 2 \cdot \left\{ (n-1) \cdot e + \Delta + \frac{\theta^2}{2} \cdot \left( \frac{n-1}{n} \cdot e - \Delta \right) \right\}$$

45 Para una posición  $\Delta_1$  del espejo  $M_1$  con respecto al plano de referencia, existe por lo tanto un grosor de lámina  $e_1$  que permite anular la dependencia de la diferencia de marcha  $\delta_{12}$  del ángulo de campo  $\theta$ :

$$e_1 = \Delta_1 \cdot n/(n-1)$$

La diferencia de marcha  $\delta_{12}(e_1, \Delta_1)$  se escribe entonces:

$$\delta_{21} \approx 2 \cdot (n + 1) \cdot \Delta_1$$

5 Esta diferencia de marcha no es nula y no depende del ángulo de campo. Hay una compensación del efecto de campo sobre el interferograma.

Un inconveniente de dicha solución es que el dispositivo funciona a condición de que la diferencia de marcha sea constante en el plano de la pupila. Además, este dispositivo debe ajustarse a cada posición  $\Delta$  del espejo M1.

10 Esta solución no funciona, por lo tanto, en el caso de un interferómetro estático con superficies escalonadas, tal como se representa en la figura 1. En efecto, la diferencia de marcha varía en el plano de la pupila, estando cada superficie escalonada situada en una posición  $\Delta_j$  que varía de una superficie escalonada a otra.

Un objetivo de la invención es paliar los inconvenientes mencionados anteriormente.

El interferómetro de acuerdo con la invención permite obtener la compensación de campo en el caso de un interferómetro estático.

La solución de la invención consiste en colocar una lámina de vidrio prismática en un brazo del interferómetro.

15 En esta configuración, es posible anular la variación de la diferencia de marcha, DDM, con el ángulo de campo mientras se utiliza un espejo cuya superficie reflectante se compone de una pluralidad de superficies reflectantes denominadas "superficies escalonadas" ("*echellettes*"), paralelas unas a otras y cuya posición varía a lo largo del eje óptico.

20 En consecuencia, el ángulo de campo no degrada el contraste del interferograma y la auto-apodización no limita el campo del interferómetro. Por lo tanto, puede aumentarse el ángulo de campo del instrumento y el tamaño y la masa del interferómetro pueden reducirse.

25 Ventajosamente, el interferómetro estático comprende una pupila de entrada, una lámina separadora, un primer espejo y un segundo espejo dispuestos de forma que los haces luminosos procedentes de una fuente colimada se dividan en la lámina separadora, se reflejen en cada uno de los espejos y se recompongan interfiriendo a la salida del interferómetro.

30 Ventajosamente, el interferómetro comprende al menos una lámina prismática de índice  $n$ , que comprende un grosor  $e_j$  variable, atravesando el primer haz la lámina prismática antes de reflejarse en una superficie reflectante del primer espejo, comprendiendo la superficie reflectante una pluralidad de zonas, estando cada zona  $j$  situada a una distancia media  $\Delta_j$  de un plano de referencia, variando la distancia media  $\Delta_j$  de una zona a otra, siendo el plano de referencia perpendicular a un eje óptico y correspondiendo a una posición de un espejo plano para la cual la diferencia de marcha entre los dos haces reflejados que interfieren es nula, estando el primer espejo M1 y la lámina prismática colocados de tal manera que, para una zona  $j$  dada, cada grosor  $e_j$  es prácticamente igual a  $\Delta_j \cdot n/(n-1)$ .

35 Ventajosamente, la lámina prismática comprende una cara perpendicular al eje óptico que comprende una pluralidad de superficies idénticas, cuya posición a lo largo del eje óptico varía de tal manera que la cara de la lámina forme una escalera.

Ventajosamente, la lámina prismática comprende una cara cuya pendiente media forma un ángulo  $\alpha_n$  predeterminado con respecto al plano perpendicular al eje óptico.

Ventajosamente, el primer espejo es un espejo con superficies escalonadas.

40 Ventajosamente, el interferómetro estático comprende un apilamiento de varias secciones de interferómetro, introduciéndose una lámina con caras paralelas en un canal de una sección de interferómetro para crear una continuidad de diferencia de marcha entre las diferentes secciones.

Ventajosamente, el primer espejo está situado a una distancia predefinida de la lámina prismática y que está inclinado para que las ondas sean reflejadas en la misma dirección que las ondas incidentes.

Ventajosamente, el ángulo de inclinación  $\alpha_n$  del prisma es prácticamente igual a

45  $\alpha_n = \text{Arc tan} \left( \frac{n}{2(n^2 - 1)} \cdot \frac{DDM_T}{L_p} \right)$ , donde  $n$  es el índice de la lámina, DDMT la variación de diferencia de marcha total

creada por el dispositivo y LP la anchura de la pupila del interferómetro.

Ventajosamente, la distancia entre superficies escalonadas  $\varepsilon$  a lo largo del eje óptico es prácticamente igual a

$$\varepsilon = \frac{DDM_T}{2 \cdot (n+1)N}, \text{ donde } N \text{ es el número de superficies escalonadas que comprende el espejo.}$$

Ventajosamente, el primer espejo está unido a una de las caras de la lámina prismática.

- 5 Ventajosamente, el ángulo de inclinación  $\alpha_n$  del prisma es prácticamente igual a  $\alpha_n = \text{Arctan}\left(\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \frac{DDM_T}{L_p}\right)$ , donde n es el índice de la lámina, DDMT la variación de diferencia de marcha total creada por el dispositivo y LP la anchura de la pupila del interferómetro.

Ventajosamente, la distancia entre superficies escalonadas  $\varepsilon$  a lo largo del eje óptico es prácticamente igual a

$$\varepsilon = \frac{DDM_T}{2 \cdot n \cdot N}, \text{ donde } N \text{ es el número de superficies escalonadas que comprende el espejo.}$$

- 10 Ventajosamente, una segunda lámina prismática está unida a la primera lámina en un primer canal del interferómetro, comprendiendo la primera lámina un primer índice  $n_a$  y la segunda está colocada en un segundo canal del interferómetro, comprendiendo dicha lámina un índice idéntico al de la primera lámina.

- 15 Ventajosamente, la primera lámina y la segunda lámina comprenden cada una al menos una cara inclinada, estando la cara inclinada de la primera lámina unida a una cara inclinada de la segunda lámina, definiendo un primer ángulo  $\alpha_a$  la inclinación de la cara inclinada de la primera lámina, definiendo un segundo ángulo  $\alpha_b$  la inclinación de la cara inclinada de la segunda lámina, estando determinados los índices y los ángulos de inclinación de cada una de las láminas para hacer despreciable la variación de diferencia de marcha con la longitud de onda a la salida del interferómetro.

- 20 Otras características y ventajas de la invención serán evidentes con ayuda de la siguiente descripción, realizada en referencia a los dibujos adjuntos que representan:

- la figura 1: un interferómetro estático con superficies escalonadas de la técnica anterior;
- la figura 2: un interferómetro estático de Michelson de campo compensado de la técnica anterior;
- la figura 3: un interferómetro estático con superficies escalonadas de campo compensado que comprende láminas de vidrio de acuerdo con una realización de la invención;
- 25 • la figura 4: un interferómetro estático con superficies escalonadas de campo compensado que comprende una lámina prismática prisma de acuerdo con una realización de la invención;
- La figura 5: una lámina prismática en frente de un espejo con superficies escalonadas;
- La figura 6A: una primera sección de interferómetro
- La figura 6B: una segunda sección de interferómetro
- 30 • La figura 7: un interferómetro estático con superficies escalonadas de campo compensado que comprende una lámina prismática en forma de escalera y un espejo con superficies escalonadas;
- La figura 8: un interferómetro estático con superficies escalonadas de campo compensado que comprende una compensación de campo acromática.

- 35 Se denomina en lo sucesivo en la descripción “un eje óptico”, a un eje de propagación de las ondas en el interferómetro. Más particularmente, en la descripción, nos interesa el eje óptico entre la lámina prismática y el espejo situado en frente de la lámina prismática.

La figura 3 representa una realización que comprende una pluralidad de láminas de vidrio apiladas y un espejo con superficies escalonadas.

- 40 Esta realización, denominada “Interferómetro con compensación total de los efectos de campo”, consiste en colocar en frente de cada superficie escalonada, situada a la distancia  $\Delta_j$  del plano de referencia 5, una lámina de vidrio de grosor  $e_j$ .

El espejo  $M_1$  está dispuesto de manera que cada lámina de vidrio de grosor  $e_j$  esté frente a una zona j correspondiente del espejo con superficies escalonadas. En esta realización, la zona j es la superficie reflectante de una superficie escalonada.

45

El plano de referencia es el plano que corresponde a una posición de un espejo plano para la cual la diferencia de marcha entre dos haces 3', 4' reflejados que interfieren es nula.

El espejo está orientado de modo que la reflexión de los haces que se reflejan en el espejo con superficie escalonada tenga la misma dirección según el eje óptico que la dirección de los haces incidentes.

- 5 El valor del grosor  $e_j$  de una lámina de vidrio  $j$  se mide entonces de acuerdo con la siguiente fórmula:  $e_j = \Delta_j - n/(n-1)$ .

Una compensación llamada "total" de los efectos de campo se obtiene, por lo tanto, para cada una de las superficies escalonadas  $j$ .

En esta realización, un apilamiento 30 de láminas de vidrio se dispone entonces en uno de los brazos del interferómetro entre la lámina separadora 7 y un espejo  $M_1$ .

- 10 Cada lámina de vidrio corresponde a una superficie escalonada y posee un grosor 31 que permite obtener, para la superficie escalonada correspondiente, la compensación de campo deseada. Por lo tanto, hay tantas láminas de vidrio como superficies escalonadas.

- 15 Los haces incidentes 3, 4, procedentes de una fuente S que hayan sido separados por la lámina separadora 7, son reflejados a continuación en los respectivos espejos  $M_1$  y  $M_2$ . Los haces 3', 4' que resultan de las reflexiones anteriores se combinan entonces después de un segundo paso por o a través de la lámina separadora 7 que presenta dos frentes de onda 1, 2 representados en la figura 3.

Las franjas de interferencia presentan entonces un contraste potente al tiempo que están libres de la influencia del ángulo de campo.

- 20 Por otro lado, esta realización impone la realización de un bloque de vidrio constituido por un apilamiento de láminas de vidrio. Esta realización se aplica más particularmente para grosores de láminas superiores a 1 mm típicamente. Esto para evitar cualquier birrefringencia que podría ser introducida por el bloque de vidrio y que tendría como consecuencia reducir el contraste de las franjas de interferencia.

- 25 La figura 4 representa una segunda realización preferida de un interferómetro con compensación total de los efectos de campo. En esta realización, dos canales están separados por una lámina separadora 7 orientada a  $45^\circ$ . Un canal permite que las ondas 4 se reflejen en un espejo plano  $M_2$  estático. El segundo canal permite que las ondas 3 atraviesen una lámina prismática 40 y se reflejen en el espejo  $M_1$ . El ángulo del prisma de la lámina prismática se denomina  $\alpha_n$ .

En esta última realización, la inclinación  $\alpha_n$  de la cara de salida de la lámina prismática, se selecciona en función de la distancia entre las superficies escalonadas del espejo  $M_1$ .

- 30 Los espejos  $M_1$  y  $M_2$  están orientados para estar en auto-colimación para un haz procedente del centro del campo. Es decir que la orientación del espejo  $M_1$  se determina de modo que las direcciones de las ondas respectivamente incidente y reflejada en el espejo  $M_1$  sean idénticas.

- 35 Las diferencias de marcha dependen de las distancias, indicada como  $\Delta_i$ , entre cada superficie escalonada y entre un plano 5 de referencia. El plano de referencia corresponde a una posición de un espejo plano para la cual la diferencia de marcha entre los dos haces 3', 4' reflejados que interfieren es nula.

Los frentes de onda 1 y 2 se representan a la salida del interferómetro entre los haces 3' y 4' reflejados en los espejos  $M_1$  y  $M_2$ .

La anchura de la pupila del interferómetro a la salida se indica como  $L_p$  y la diferencia de marcha para un haz que se refleja en una superficie escalonada  $j$  se indica a la salida del interferómetro como  $DDM_j$ .

- 40 La figura 5 representa una parte del interferómetro de la figura 4, los haces incidentes 3, una lámina prismática 40 y el espejo con superficies escalonadas  $M_1$ .

Los parámetros físicos de la lámina prismática 40 y del espejo con superficies escalonadas  $M_1$  son los siguientes:

- 45  $\varepsilon$ : distancia entre las superficies escalonadas a lo largo del eje óptico.  
 L: Anchura de las superficies escalonadas en la dirección perpendicular al eje óptico.  
 $\alpha_n$ : ángulo del prisma.  
 $\alpha'$ : ángulo entre los haces emergentes y la normal del prisma.

En el caso de un interferómetro con compensación total de los efectos de campo, los parámetros físicos  $\varepsilon$ ,  $\alpha'$  y  $\alpha_n$  se escriben:

$$\alpha_n = \text{Arc tan} \left( \frac{n}{2 \cdot (n^2 - 1)} \cdot \frac{DDM_T}{L_p} \right)$$

$$\alpha' = \arcsen [n \cdot \text{sen} (\alpha_n)]$$

$$\varepsilon = \frac{DDM_{\text{Max}}}{2 \cdot (n + 1) \cdot N}$$

donde:

- N: número de superficies escalonadas que comprende el espejo con superficies escalonadas;
- DDM<sub>T</sub>: variación de la diferencia de marcha total creada por el dispositivo;
- 5 • n: índice del material que compone la lámina prismática;
- L<sub>p</sub>: anchura de la pupila del interferómetro.

Una de las principales ventajas del dispositivo de acuerdo con la invención es permitir una compensación total de los efectos de campo y, por lo tanto, permitir una supresión del fenómeno de auto-apodización.

- 10 Además, la invención permite una mejora de la ganancia de señal para un interferómetro del estado de la técnica de tamaño comparable. También es posible utilizar un aumento del tamaño de la pupila para reducir el tamaño y la masa de los interferómetros estáticos. Por otro lado, el dispositivo de acuerdo con la invención permite la utilización de componentes ópticos estándar que no plantean ningún gran problema de realización.

Finalmente, la invención no introduce ninguna birrefringencia inducida por la realización del componente.

- 15 Las figuras 6A y 6B representan una variante de realización de un interferómetro con compensación total de los efectos de campo para la cual el interferómetro está formado por el apilamiento de dos secciones de interferómetro.

Se denomina una sección de interferómetro a una parte del interferómetro en la que puede introducirse una lámina de vidrio delante de uno de los espejos para formar dos frentes de onda que tienen una primera característica dada a la salida del interferómetro. Una segunda parte del interferómetro no comprende ninguna lámina de vidrio. En esta segunda parte, llamada sección, otros dos frentes de onda presentan una segunda característica dada.

- 20 Dichas características dadas de cada uno de dichos frentes de onda permiten realizar una cobertura más amplia de las diferencias de marcha a la salida del interferómetro.

Esta solución permite crear un desfase de diferencia de marcha  $\Delta_i$  representado en forma de del desfase del plano de referencia 5 y 5' en una primera parte del interferómetro.

- 25 Otra solución habría podido ser disponer espejos que comprenden dos partes cada uno. Teniendo una primera parte del espejo M1 y una primera parte del espejo M2 una primera disposición en un plano (O, x, y, Z<sub>1</sub>) en una primera sección y estando una segunda parte del espejo M1 y una segunda parte del espejo M2 en una segunda sección dispuestas en un plano (O x, y, z<sub>2</sub>).

Por otro lado, esta última solución es más compleja de implementar, debiendo entonces los espejos M1 y M2 comprender una discontinuidad en su superficie reflectante que comprende dos partes.

- 30 En variantes de realización, es posible apilar una pluralidad de secciones de interferómetro disponiendo láminas de vidrio de diferentes grosores en cada sección.

En la primera sección del interferómetro representada en la figura 6A, la introducción de un grosor de vidrio suplementario, representado en forma de la lámina con cara paralela 50, en el canal del espejo M<sub>2</sub> permite realizar un desfase de la diferencia de marcha  $\Delta_j$  representado en forma del desfase del plano de referencia 5 y 5'.

- 35 El desfase se realiza sin modificación del dispositivo del canal opuesto formado por el prisma 40 y el espejo M<sub>1</sub>. Si el grosor de la lámina de vidrio 50 se ajusta frente a la diferencia de marcha producida por el espejo M<sub>1</sub>, representada por la separación máxima entre las ondas 1 y 2, la supresión de la lámina de vidrio 50, suprimida en la figura 6B en la segunda sección del interferómetro, permite desfasar el frente de ondas 2 en un frente de ondas 2'. Esta realización permite realizar una cobertura continua de las diferencias de marcha entre las dos secciones de

interferómetro.

El interés de esta realización es reducir a la mitad o más el ángulo del prisma 40 para una diferencia de marcha total dada y para una anchura del interferómetro dada. Además, el dispositivo formado por el prisma 40 y el espejo M<sub>1</sub> es común a todas las secciones de interferómetro.

- 5 Una cuarta realización permite disponer de una lámina prismática 70 cuya cara de salida está unida con respecto a un espejo M<sub>1</sub> con superficies escalonadas.

La figura 7 representa otro ejemplo de realización de dispositivo de compensación de los efectos de campo. Este dispositivo, denominado "Interferómetro con compensación parcial de los efectos de campo" comprende un bloque de vidrio 70 del que una de las caras está recortada para presentar una pluralidad de superficies idénticas. Estas superficies están orientadas perpendicularmente al eje óptico y su posición a lo largo del eje óptico varía de una superficie escalonada a otra.

Estas superficies pueden estar revestidas por un tratamiento reflectante que sustituye la función reflectante del espejo M<sub>1</sub>. En esta realización, estas superficies tienen, por lo tanto, una función reflectante y constituyen, debido a esto, el espejo con superficies escalonadas de este canal del interferómetro.

- 15 En este ejemplo de realización, cada superficie escalonada está separada una distancia ε de la anterior. En esta realización, esta distancia es la misma, sea cual sea la superficie escalonada considerada.

La alternativa representada en la figura 4 y en la figura 5 sigue siendo válida en el caso de un interferómetro con compensación parcial de los efectos de campo.

En este caso, la expresión parámetros α<sub>n</sub>, α' y ε definidos anteriormente son las siguientes:

$$\alpha_n = \text{Arc tan} \left( \frac{1}{2.n} \cdot \frac{\text{DDM}_T}{L_p} \right)$$

20

$$\alpha' = \text{Arcsen}[n \cdot \text{sen}(\alpha_n)]$$

$$\varepsilon = \frac{\text{DDM}_{\text{Max}}}{2.n.N}$$

donde:

- N: número de superficies escalonadas que comprende el espejo con superficie escalonada;
- DDM<sub>T</sub>: variación de la diferencia de marcha total creada por el dispositivo;
- 25 • n: índice del material que compone la lámina prismática;
- L<sub>p</sub>: anchura de la pupila del interferómetro.

Una de las principales ventajas del dispositivo de acuerdo con la invención es permitir una atenuación significativa de los efectos de campo y, por lo tanto, del fenómeno de auto-apodización.

Además, la invención permite una mejora de la ganancia de señal para un interferómetro del estado de la técnica de tamaño comparable. También es posible utilizar un aumento del tamaño de la pupila para reducir el tamaño y la masa de los interferómetros estáticos. Por otro lado, el dispositivo de acuerdo con la invención permite la utilización de componentes ópticos estándar que pueden realizarse de forma sencilla.

Finalmente, la invención no introduce ninguna birrefringencia inducida por la realización del componente.

La figura 8 representa otro ejemplo de realización de dispositivo de compensación de los efectos de campo. En este ejemplo de realización, la compensación de campo se realiza a partir de un conjunto de dos prismas de materiales y de ángulos diferentes. Este dispositivo permite librarse de la variación de la diferencia de marcha con la longitud de onda.

En este ejemplo de realización, un primer canal 80 del interferómetro, llamado "Canal lento", comprende una lámina de material de índice n<sub>a</sub> seguida de un espejo plano M<sub>2</sub>. Una de las caras de esta lámina puede estar recubierta por

un depósito reflectante que, entonces, hace las veces de espejo plano.

El segundo canal 81, llamado "Canal rápido", está constituido por dos prismas unidos, de materiales de índices diferentes  $n_a$  y  $n_b$  y de ángulos en el vértice diferentes respectivamente  $\alpha_a$  y  $\alpha_a + \alpha_b$ , seguidos por un espejo con superficies escalonadas  $M_1$ .

- 5 La figura 8 representa las trayectorias de un rayo 83 que intercepta una superficie escalonada a lo largo de las dos canales del interferómetro. Para el rayo representado, la diferencia de marcha, entre los canales lento y rápido, experimentada por un rayo que se propaga a lo largo del eje óptico se escribe:

$$DDM = 2.[n_a.(e_0 - e_a) + n_b.e_b + L_1 - L_2].$$

Donde:

- 10
- $e_0$ : grosor de vidrio atravesado por el rayo que se propaga en el canal lento del interferómetro a través del material de índice  $n_a$ .
  - $e_a$ : grosor de vidrio atravesado por el rayo que se propaga en el canal rápido del interferómetro a través del material de índice  $n_a$ .
  - $e_b$ : grosor de vidrio atravesado por el rayo que se propaga en el canal rápido del interferómetro a través del material de índice  $n_b$ .
- 15
- $L_1$ : grosor de aire atravesado por el rayo que se propaga en el canal lento del interferómetro entre la cara de salida de la lámina de índice  $n_a$  y el espejo con superficies escalonadas.
  - $L_2$ : grosor de aire atravesado por el rayo que se propaga en el canal rápido del interferómetro entre la cara de salida de la lámina de índice  $n_b$  y el espejo con superficies escalonadas.

- 20 La variación de esta diferencia de marcha en función de la longitud de onda  $\lambda$  se escribe:

$$\frac{\partial DDM}{\partial \lambda} = 2. \left[ \frac{\partial n_a}{\partial \lambda} .(e_0 - e_a) - \frac{\partial n_b}{\partial \lambda} .e_b \right]$$

Las variaciones de índice  $dn_a/d\lambda$  y  $dn_b/d\lambda$  de los materiales de índice respectivos  $n_a$  y  $n_b$  son del mismo signo. La variación de trayectoria óptica en función de la longitud de onda en el canal lento compensará, por lo tanto, la del canal rápido.

- 25 En una aproximación al 1º orden, esta realización permite definir una diferencia de marcha acromática. Es decir, que se obtiene una configuración de interferómetro en la que la relación del diferencial de grosor de vidrio atravesado en los dos vidrios sea igual a la relación de las pendientes de índices.

$$\frac{\Delta e_{na}}{\Delta e_{nb}} = - \frac{dn_b/d\lambda}{dn_a/d\lambda}$$

donde:

$$\Delta e_{na} = e_0 - e_a \text{ et } \Delta e_{nb} = e_b$$

- 30 Los ángulos  $\alpha_a$  y  $\alpha_b$  de los prismas de materiales de índices  $n_a$  y  $n_b$  se calculan y optimizan para hacer despreciable la variación de la diferencia de marcha con la longitud de onda a la salida del interferómetro.

Este dispositivo de compensación de campo acromática es válido a la vez en los casos compensaciones de campo parcial y total.

- 35 En estas diferentes realizaciones, la invención presenta la ventaja de permitir un campo más amplio admisible a la entrada del interferómetro. El campo admisible es más amplio particularmente porque la dependencia entre el ángulo de campo y la diferencia de marcha entre dos ondas que interfieren se reduce considerablemente.

REIVINDICACIONES

1. Interferómetro estático que comprende una pupila de entrada, una lámina separadora (7), un primer espejo (M<sub>1</sub>) y un segundo espejo (M<sub>2</sub>) dispuestos de forma que haces luminosos procedentes de una fuente (S) colimada se dividan en la lámina separadora, se reflejen en cada uno de los espejos (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) y se recompongan interfiriendo a la salida del interferómetro, **caracterizado porque** el interferómetro comprende al menos una lámina prismática (40) de índice n, que comprende un grosor e<sub>j</sub> variable, atravesando el primer haz (3) la lámina prismática antes de reflejarse en una superficie reflectante del primer espejo (M<sub>1</sub>), comprendiendo la superficie reflectante una pluralidad de zonas, estando cada zona j situada a una distancia media Δ<sub>j</sub> de un plano de referencia, variando la distancia media Δ<sub>j</sub> de una zona a otra, siendo el plano de referencia perpendicular al eje óptico entre la lámina prismática y el primer espejo (M<sub>1</sub>) y correspondiendo a una posición de un espejo plano para la cual la diferencia de marcha entre los dos haces reflejados que interfieren es nula, estando el primer espejo M<sub>1</sub> y la lámina prismática colocados de tal manera que, para una zona j dada, cada grosor e<sub>j</sub> es prácticamente igual a Δ<sub>j</sub> · n/(n-1).
2. Interferómetro estático de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la lámina prismática comprende una cara perpendicular al eje óptico que comprende una pluralidad de superficies idénticas cuya posición a lo largo del eje óptico varía de tal manera que la cara de la lámina forma una superficie escalonada.
3. Interferómetro estático de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la lámina prismática comprende una cara cuya pendiente media forma un ángulo α<sub>n</sub> predeterminado con respecto al plano perpendicular al eje óptico.
4. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizado porque** el primer espejo (M<sub>1</sub>) es un espejo con superficies escalonadas.
5. Interferómetro estático de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende un apilamiento de varias secciones de interferómetro, **caracterizado porque** una lámina con caras paralelas (50) se introduce en un canal de una sección de interferómetro para crear una continuidad de diferencia de marcha entre las diferentes secciones.
6. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, **caracterizado porque** el primer espejo (M<sub>1</sub>) está situado a una distancia predefinida de la lámina prismática y está inclinado para que las ondas sean reflejadas en la misma dirección que las ondas incidentes.
7. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** el ángulo de inclinación α<sub>n</sub> del prisma es prácticamente igual a  $\alpha_n = \text{Arc tan} \left( \frac{n}{2(n^2-1)} \cdot \frac{DDM_T}{L_P} \right)$ , donde n es el índice de la lámina, DDM<sub>T</sub> la variación de diferencia de marcha total creada por el dispositivo y L<sub>P</sub> la anchura de la pupila del interferómetro.
8. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado porque** la distancia entre las superficies escalonadas ε a lo largo del eje óptico es prácticamente igual a  $\varepsilon = \frac{DDM_T}{2 \cdot (n+1)N}$ , donde N es el número de superficies escalonadas que comprende el espejo.
9. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado porque** el primer espejo (M<sub>1</sub>) está unido a una de las caras de la lámina prismática.
10. Interferómetro estático de acuerdo con las reivindicaciones 2, 3 y 9, **caracterizado porque** el ángulo de inclinación α<sub>n</sub> del prisma es prácticamente igual a  $\alpha_n = \text{Arc tan} \left( \frac{1}{2 \cdot n} \cdot \frac{DDM_T}{L_P} \right)$ , donde n es el índice de la lámina, DDM<sub>T</sub> la variación de diferencia de marcha total creada por el dispositivo y L<sub>P</sub> la anchura de la pupila del interferómetro.

11. Interferómetro estático de acuerdo con las reivindicaciones 2, 3 y 9, **caracterizado porque** la distancia entre las superficies escalonadas  $\varepsilon$  a lo largo del eje óptico es prácticamente igual a  $\varepsilon = \frac{DDM_T}{2.n.N}$ , donde N es el número de superficies escalonadas que comprende el espejo.

5 12. Interferómetro estático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 9, **caracterizado porque** una segunda lámina prismática está unida a la primera lámina en un primer canal del interferómetro, comprendiendo la primera lámina un primer índice  $n_a$  y la segunda está colocada en un segundo canal del interferómetro, comprendiendo dicha lámina un índice idéntico al de la primera lámina.

10 13. Interferómetro estático de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la primera lámina y la segunda lámina comprenden, cada una, al menos una cara inclinada, estando la cara inclinada de la primera lámina unida a una cara inclinada de la segunda lámina, definiendo un primer ángulo  $\alpha_a$  la inclinación de la cara inclinada de la primera lámina, definiendo un segundo ángulo  $\alpha_b$  la inclinación de la cara inclinada de la segunda lámina, estando los índices y los ángulos de inclinación de cada una de las láminas determinados para hacer despreciable la variación de diferencia de marcha con la longitud de onda a la salida del interferómetro.

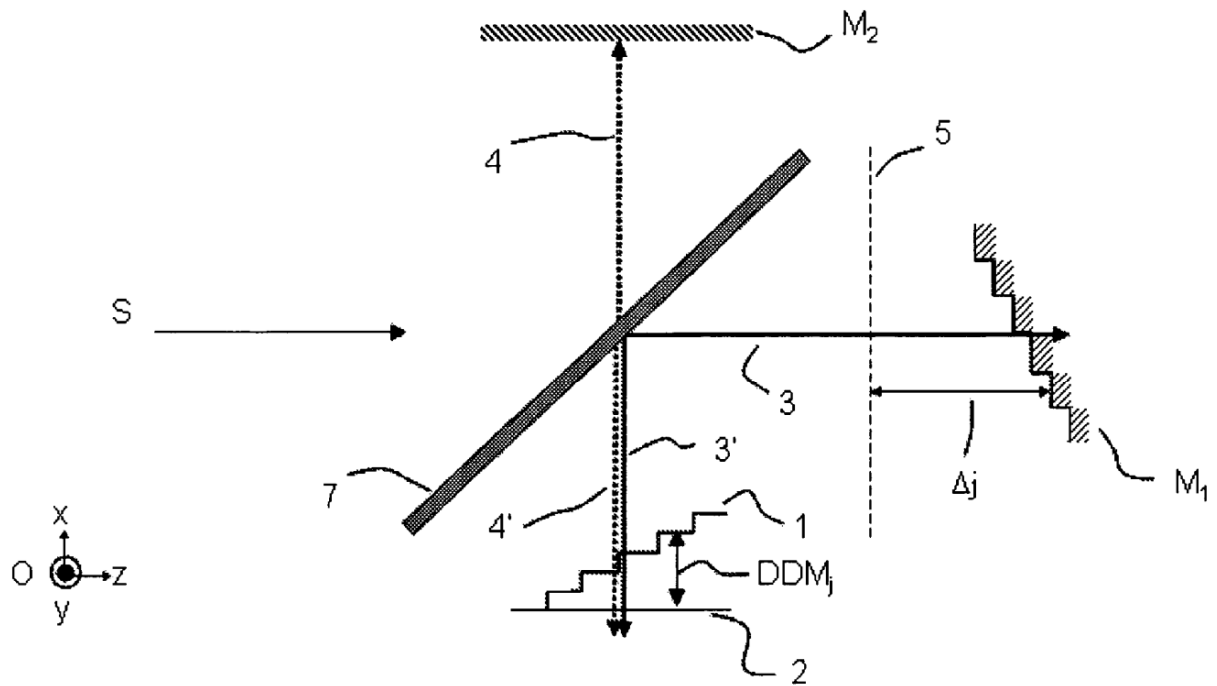


FIG.1

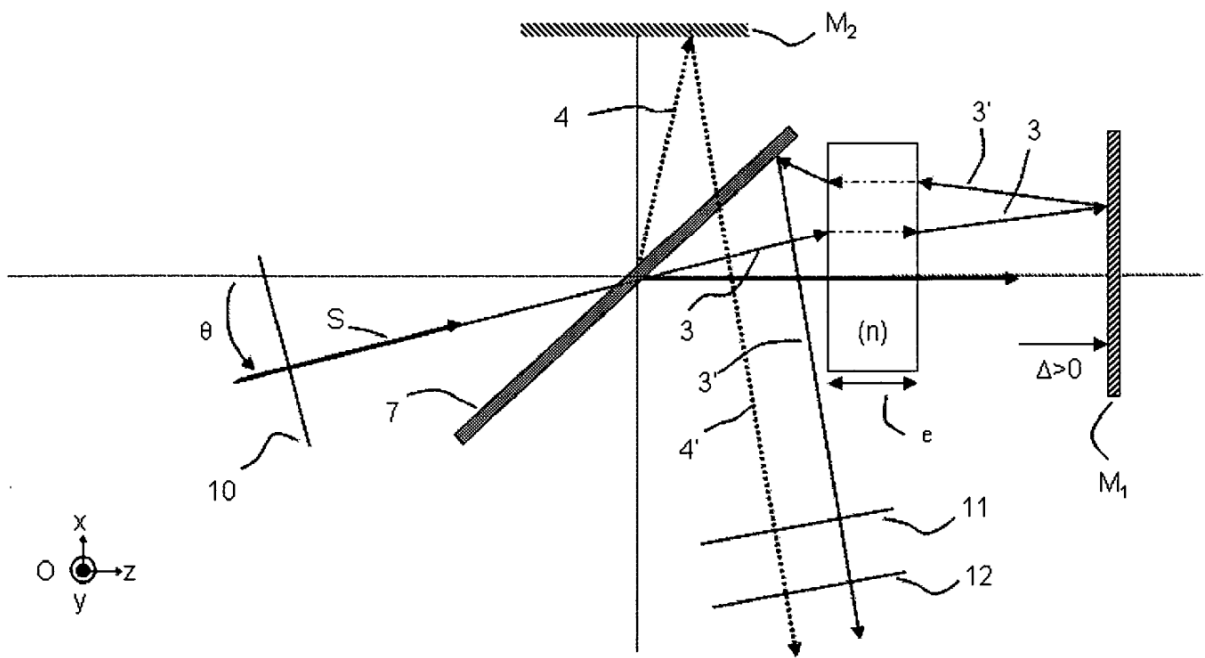


FIG.2

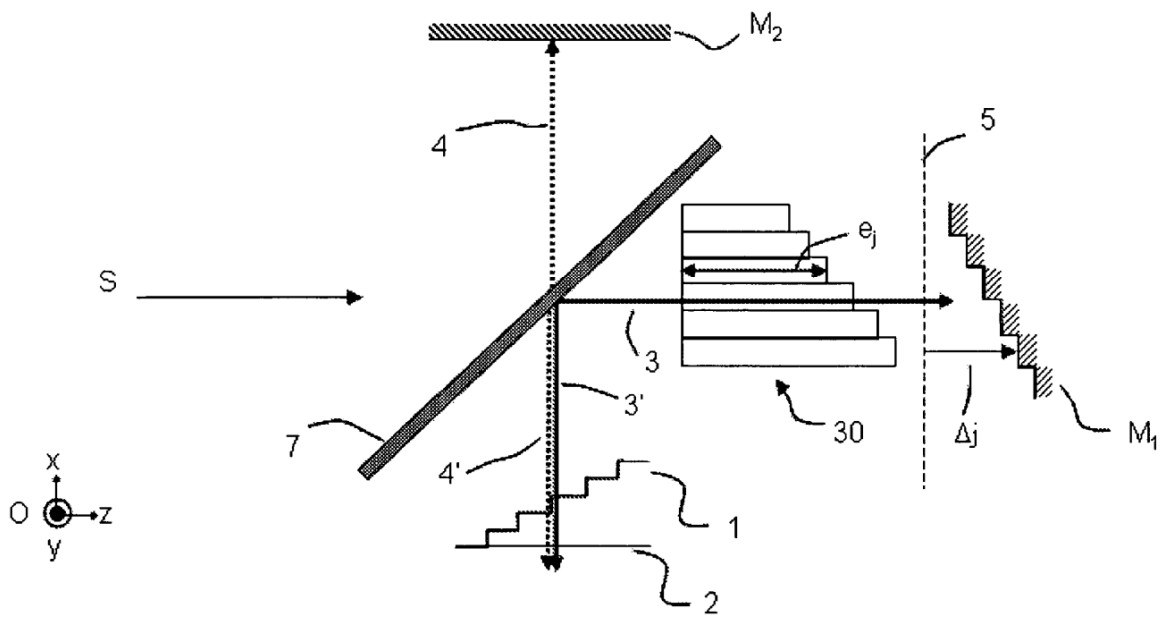


FIG.3

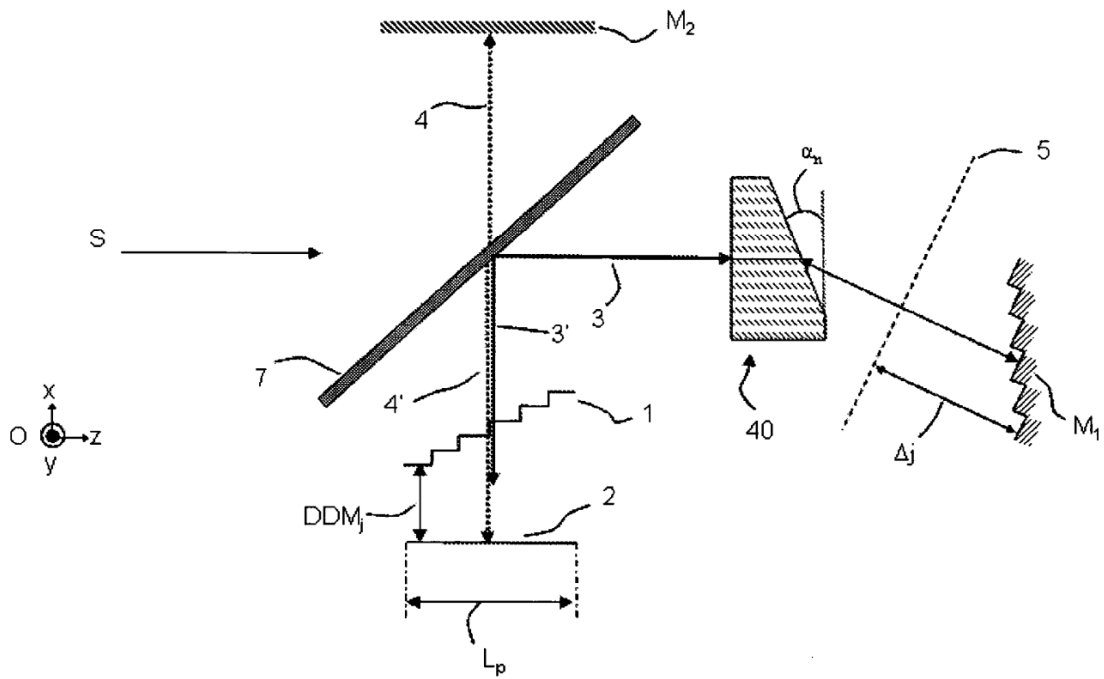


FIG.4

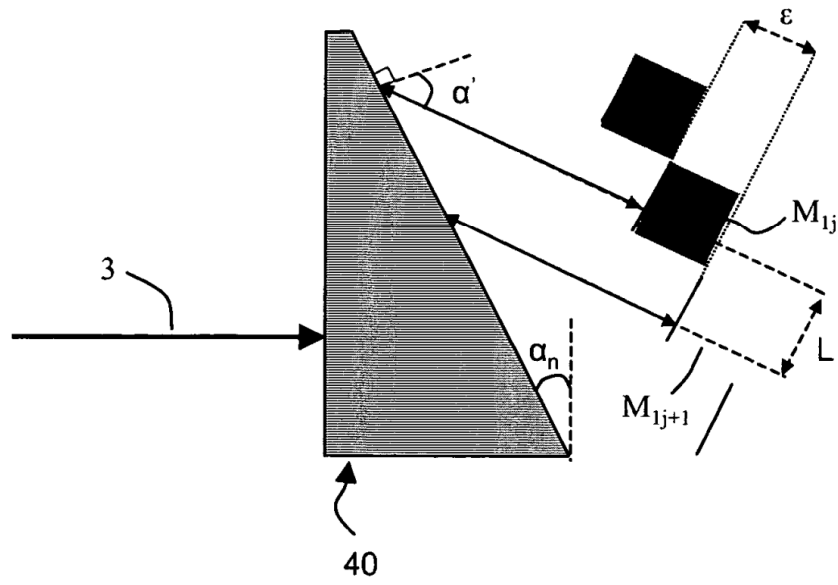
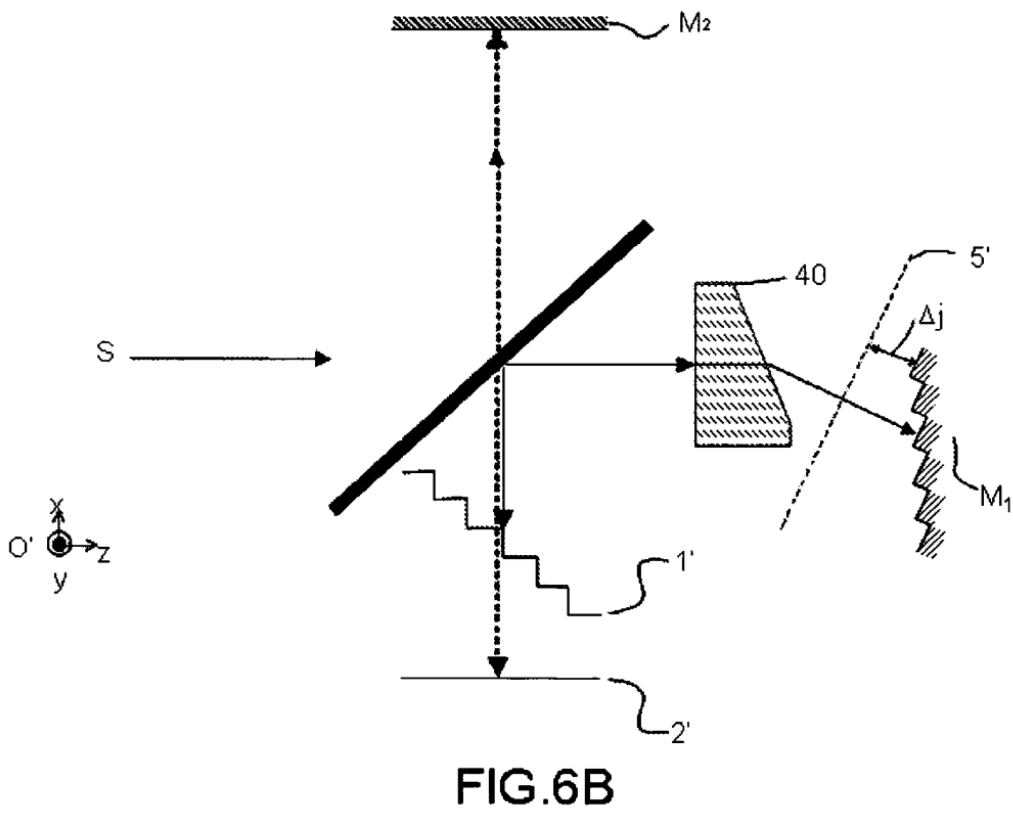
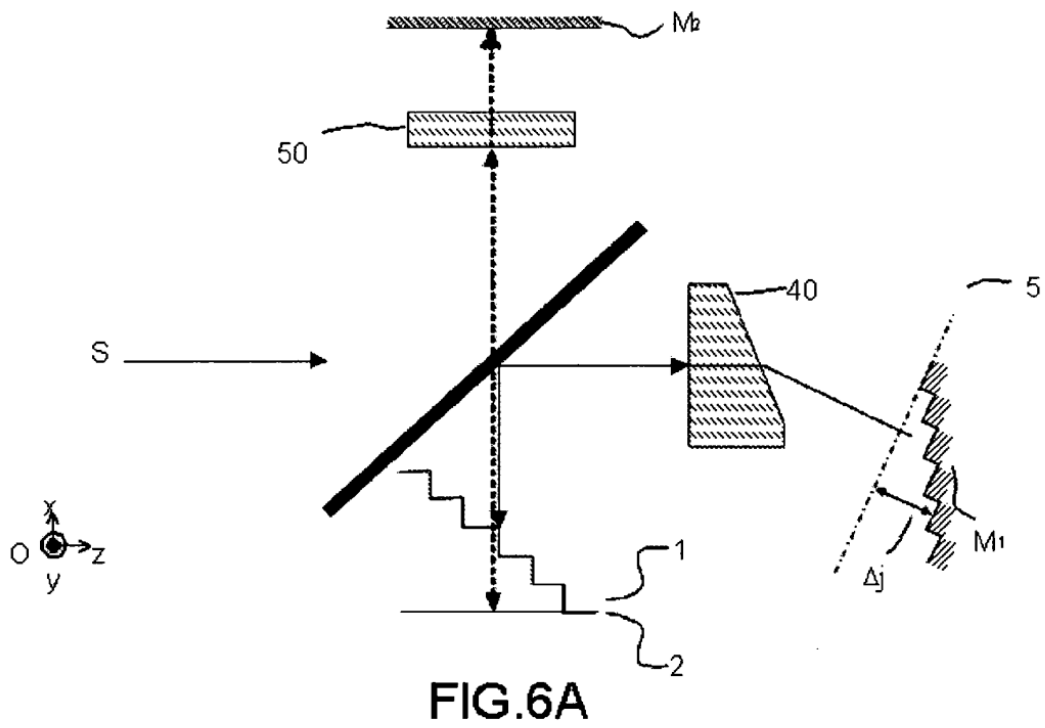


FIG.5



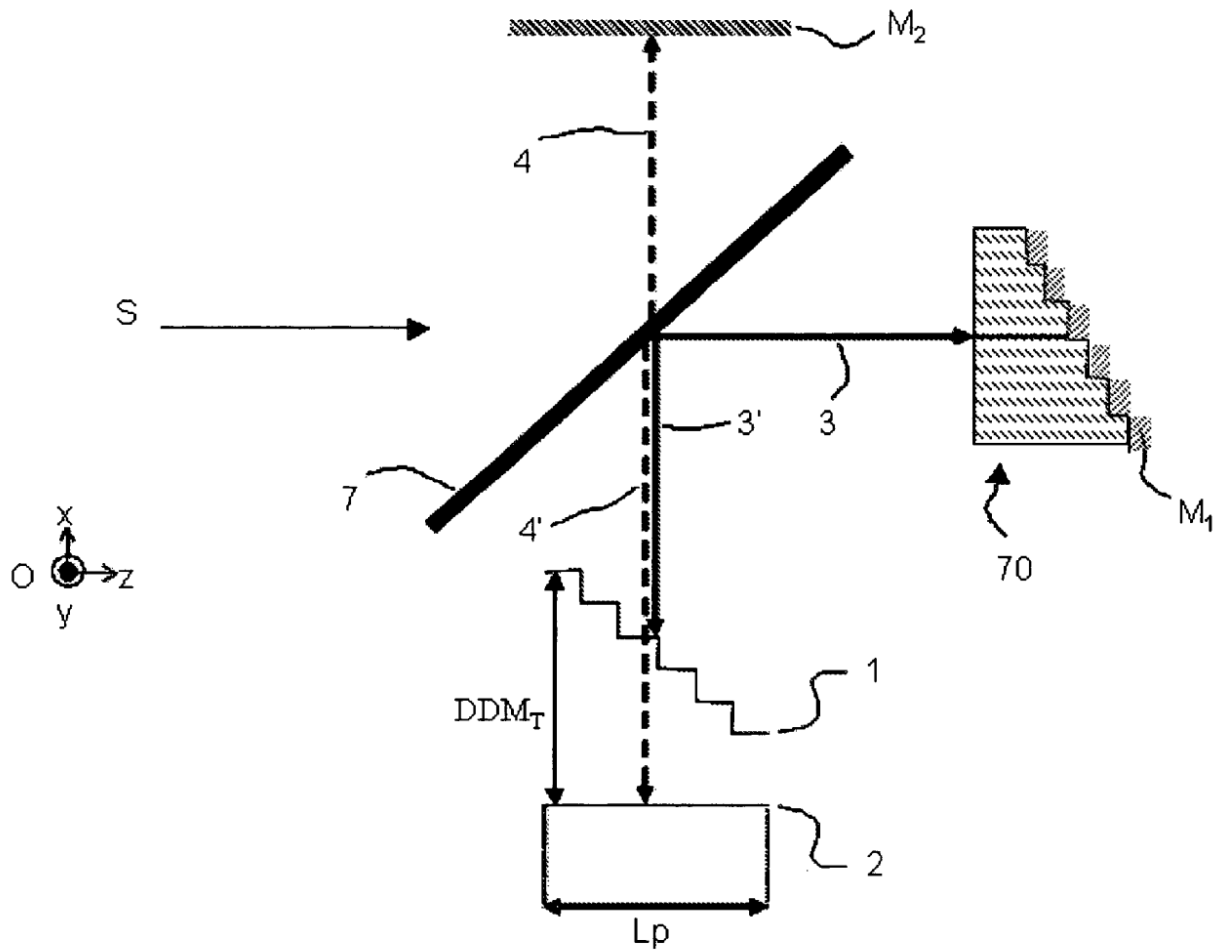


FIG.7

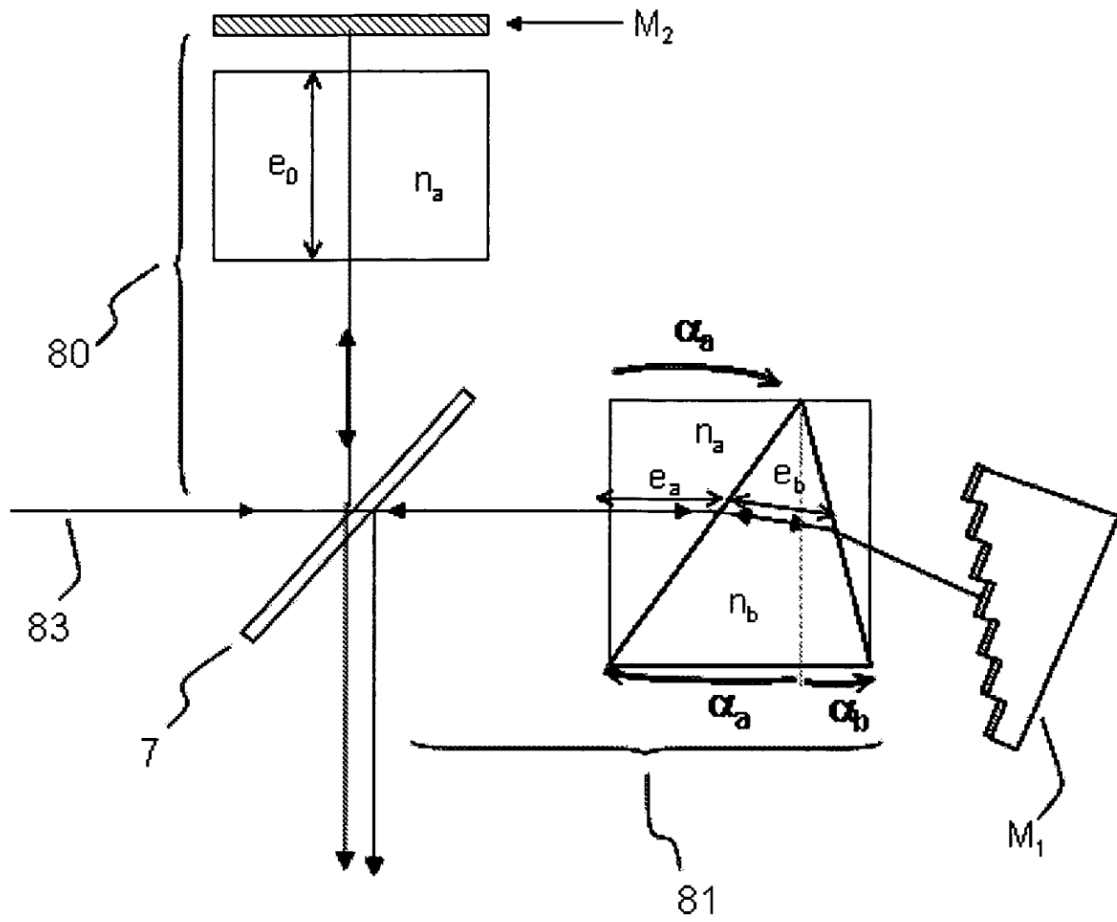


FIG.8