

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 075**

51 Int. Cl.:

H05G 2/00 (2006.01)
G02F 1/35 (2006.01)
H01S 4/00 (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01)
G01N 21/62 (2006.01)
G03H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2009 E 09764260 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2364579**

54 Título: **Dispositivo de generación de fuente secundaria mediante la interacción láser-materia que comprende un dispositivo óptico de control de la posición y de la orientación de una superficie en movimiento**

30 Prioridad:

04.12.2008 FR 0858270

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.12.2013

73 Titular/es:

**ECOLE POLYTECHNIQUE (33.3%)
Etablissement Public Administratif
91128 Palaiseau Cedex , FR;
ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE
TECHNIQUES AVANCÉES (33.3%) y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (33.3%)**

72 Inventor/es:

**BOROT, ANTONIN;
LOPEZ-MARTENS, RODRIGO;
GEINDRE, JEAN-PAUL y
DOUILLET, DENIS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 433 075 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

Dispositivo de generación de fuente secundaria mediante la interacción láser-materia que comprende un dispositivo óptico de control de la posición y de la orientación de una superficie en movimiento

5 El campo de la invención es el de los dispositivos de control de la orientación y de la posición de una superficie en movimiento y, en particular, de una superficie destinada a utilizarse como blanco para un haz láser primario con el fin de generar un haz secundario (X-UV, electrones, protones...) mediante la interacción con dicho blanco.

10 Este tipo de dispositivo encuentra en particular sus aplicaciones en el campo de la generación de armónicos de orden superior mediante la interacción láser-materia sobre un blanco sólido, que corresponde a la generación de un campo electromagnético con una longitud de onda extremadamente corta, del orden de algunas decenas de nanómetros, pudiendo ponerse en fase a estos armónicos con el fin de generar unos pulsos con una duración de attosegundos (en la práctica del orden de unos 10^{-17} o 10^{-16} segundos), buscándose dichas fuentes de radiación, por ejemplo, en el análisis de fenómenos ultrarrápidos a escala subatómica.

15 En la actualidad, existen unas fuentes armónicas resultantes de la interacción de un láser de femtosegundo sobre un blanco sólido, sin embargo estas últimas se realizan con una baja, e incluso muy baja, cadencia de repetición (< 10 Hz). El fenómeno de interacción láser-materia genera, en efecto, la emisión de un haz secundario que puede ser normalmente un haz armónico, es decir, un haz de luz con una longitud de onda más corta que la de la fuente primaria.

20 El problema con el que nos encontramos en este tipo de interacciones de láser ultra-intenso sobre un blanco sólido cuando se busca funcionar a una muy alta cadencia es el poder regenerar la superficie de interacción entre cada disparo, ya que cada interacción conlleva la destrucción de la superficie de interacción, y es necesario que el pulso luminoso de la fuente primaria interactúe con una zona virgen del blanco.

25 Es, por lo tanto, necesario prever unos medios que permitan desplazar el blanco entre cada disparo, de tal modo que la superficie presentada al siguiente pulso láser esté intacta. Sabiendo que el punto focal del láser es fijo en el espacio, una solución consiste en utilizar un blanco en forma de disco al cual se le imprime un movimiento de rotación, con el fin de que los impactos del láser sobre el blanco formen un círculo. Una vez se acaba este círculo, se traslada el blanco en paralelo a la superficie del blanco, a continuación se vuelve a comenzar el movimiento de rotación con el fin de obtener un círculo concéntrico al primero, y así sucesivamente. Este procedimiento permite la obtención de una fuente secundaria cuya frecuencia de repetición es igual a la de la fuente primaria.

30 Sin embargo y de manera inherente al procedimiento empleado, la puesta en movimiento del blanco crea unas inestabilidades al nivel de la emisión de la fuente secundaria, tanto en términos de posición de dicha fuente secundaria (lo que conlleva también una inestabilidad en la eficacia del proceso de generación) como en términos de orientación de dicha fuente, cuando es necesario poder disponer de una fuente secundaria de alta precisión en términos de posición y de orientación del haz.

35 Se conoce en particular de la patente US 20041195529 un dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria que emite un haz óptico en una primera longitud de onda sobre una superficie en movimiento con la cual el primer haz interactúa de tal modo que genera un haz secundario. Este dispositivo comprende, además, un dispositivo óptico de control de tal modo que determina la posición del punto de emisión de la fuente secundaria sobre dicha superficie, comprendiendo este dispositivo de control un haz de control, una cámara y unos medios para generar una bucle de retroalimentación.

40 En comparación con dicho dispositivo, el dispositivo de la presente invención permite controlar la posición así como la orientación de una superficie en movimiento utilizada para generar una radiación secundaria mediante la interacción materia-luz en el caso en el que la superficie en movimiento sea plana. La patente US 2004/195529 se refiere, por su parte, a la compensación del error de posición del lugar de emisión de la radiación secundaria en el caso de la interacción de un láser con un chorro de materia líquida o sólida.

45 Por otra parte, se conocen en particular la patente US 2008/157011 o la patente JP 2007 103176 o incluso la publicación K. NISHIHARA que describen unas configuraciones en las cuales un láser interactúa con un blanco plano sólido o líquido, pero no sugieren ninguna solución de control de la orientación y de la posición de la interacción láser-materia cuando se utiliza una superficie plana en rotación como blanco para emitir una radiación.

50 En este contexto y de manera más precisa, la presente invención tiene por objeto un dispositivo de generación de una fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria (H1) que emite un primer haz óptico en una primera longitud de onda (λ_1) focalizada en una superficie en movimiento (10), con la cual dicho primer haz interactúa de tal modo que genera un haz secundario (H2) que comprende:

55 – un dispositivo óptico de control de la posición de dicha superficie en movimiento que genera un haz de control de tal modo que determina la orientación y la posición del punto de emisión de dicha fuente secundaria sobre dicha superficie, comprendiendo dicho dispositivo óptico de control de la posición de una superficie en movimiento (10):

- un haz láser de control (11), reflejado por dicha superficie en movimiento;
- unos medios (16) de tipo cámara para mostrar en imágenes la información de la posición de dicha superficie;
- unos medios (18) para generar un bucle de retroalimentación de control de la orientación y de la posición de dicha superficie en movimiento a partir del análisis de dicha señal portadora de información,

5 caracterizado porque:

- dicho haz de control está separado en dos brazos, uno de los cuales es un haz de referencia, fijo, y el otro es un haz de análisis (12) reflejado por la superficie en movimiento y móvil;

y porque dicho dispositivo comprende:

- 10 - unos medios que hacen que dichos haces de referencia y de análisis interfieran de tal modo que generen unas franjas de interferencias;
- unos medios de análisis (17) de dichas imágenes de interferencias;
- unos medios (18) para generar un bucle de retroalimentación que permite el control de la orientación y de la posición de dicha superficie en movimiento.

15 De acuerdo con una variante de la invención, los medios de análisis de dichas imágenes de interferencias comprenden unos medios de análisis temporal de los siguientes parámetros:

- la variación del paso de la red de franjas que corresponde al número de franjas de interferencias visualizadas en la cámara;
- el desplazamiento de la red de franjas en términos de posición de la red de franjas de interferencias con respecto al borde de la cámara;
- 20 - la inclinación de las franjas de interferencias que corresponde al ángulo de las franjas con respecto al eje vertical de la cámara definido en un plano sustancialmente paralelo al de la superficie en movimiento.

25 De acuerdo con una variante de la invención, los medios para generar un bucle de retroalimentación comprenden un conjunto de actuadores motorizados acoplados a dicha superficie en movimiento y dispuestos en « recta-punto-plano », en un plano sustancialmente paralelo al de la superficie en movimiento para regular la orientación y la posición de dicha superficie.

De acuerdo con una variante de la invención, el dispositivo comprende un láser de Helio-Neón que genera el haz láser de control estabilizado en frecuencia.

De acuerdo con una variante de la invención, la superficie en movimiento es un disco de vidrio o de metal o de plástico.

30 De acuerdo con una variante de la invención, los medios para hacer que dichos haces de referencia y de análisis interfieran de tal modo que se genere un haz de interferencias comprenden dos separadores de haces y un espejo .

De acuerdo con una variante de la invención, el dispositivo comprende, además, unos medios para ampliar el diámetro de dicho haz láser situados aguas arriba de la separación del haz de análisis, de tal modo que cubra la superficie de detección de la cámara.

35 De acuerdo con una variante de la invención, los medios de análisis comprenden unos medios de tratamiento de la imagen para extraer la información de la variación de posición y de orientación de dicha superficie con respecto a un plano de referencia.

De acuerdo con una variante de la invención, el haz de la fuente secundaria es de tipo X-UV, electrones, protones.

40 De acuerdo con una variante de la invención, la superficie en movimiento está montada sobre un porta-blancos, estando dicho porta-blancos equipado con unos medios de puesta en rotación de dicha superficie y de unos medios de traslación de dicha superficie.

De acuerdo con una variante de la invención, el porta-blancos y la superficie en movimiento están montados en un recinto de vacío.

45 De acuerdo con una variante de la invención, el haz láser de control es generado por una fuente láser continua que tiene una longitud de onda inferior o igual a la longitud de onda de la fuente óptica primaria para garantizar una gran precisión de medición.

De acuerdo con una variante de la invención, la fuente óptica primaria es una fuente láser de pulsos de femtosegundo.

50 De acuerdo con una variante de la invención, la fuente secundaria es un haz láser armónico de la fuente primaria con una duración de entre unas decenas y unas centenas de attosegundos.

Se entenderá mejor la invención y se mostrarán otras ventajas con la lectura de la descripción que viene a continuación que se da a título no limitativo y por medio de las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 esquematiza el dispositivo de control de la orientación y de la posición de una superficie en movimiento utilizada en un dispositivo de acuerdo con la invención;
- 5 – las figuras 2a, 2b, 2c y 2d ilustran las diferentes posiciones que puede adoptar la superficie en movimiento y sus repercusiones sobre las franjas de interferencias;
- las figuras 3a, 3b y 3c ilustran diferentes vistas de un ejemplo de porta-blancos sobre el cual está montado el blanco destinado a generar una fuente secundaria mediante la interacción de una fuente óptica primaria y de la materia;
- 10 – las figuras 4a y 4b ilustran respectivamente unas franjas de interferencias visibles en la cámara y unas informaciones de posición (en micrómetros) captadas en dicha cámara desde estas franjas en el dispositivo de la invención;
- la figura 5 ilustra un ejemplo de dispositivo de fuente secundaria que comprende un dispositivo de control de acuerdo con la invención, siendo la fuente secundaria representada el haz armónico generado por la interacción.
- 15 El dispositivo de control propuesto para que se utilice en la presente invención se ilustra de forma esquemática en la figura 1.

Un haz láser de control 11 ilumina un blanco 10 en una zona de impacto Zi.

Este haz láser puede ser de manera ventajosa un láser de tipo Helio-Neón, estabilizado en frecuencia, que presenta una gran longitud de coherencia. Esta iluminación genera un haz óptico reflejado de análisis 12.

- 20 Dos separadores de haz y un espejo fijo bastan para montar el interferómetro de tipo Mach-Zehnder. En primer lugar, el haz se separa en dos brazos por medio de un separador 131, un primer brazo se dirige en la dirección de un espejo fijo 132 y un segundo brazo se dirige hacia el blanco. A continuación se recombinan por medio de un segundo separador de haces 133, y se envían a la cámara, donde interfieren y generan un haz 11/12 que produce unas franjas de interferencias que el dispositivo de la invención propone analizar.

- 25 El movimiento del blanco conlleva un desplazamiento del brazo del láser que se refleja en este con respecto al brazo fijo, lo que conlleva un movimiento de las franjas de interferencias. Es deseable ampliar el diámetro del haz antes del primer separador con el fin de cubrir la superficie de detección de la cámara. Se puede utilizar un láser de Helio-Neón estabilizado en frecuencia para evitar la deriva de frecuencia de un láser de Helio-Neón clásico y de este modo mejorar la resolución del dispositivo.

- 30 Se prevén unos medios para ampliar el diámetro de dicho haz antes del primer separador con el fin de cubrir la superficie de detección de la cámara.

Los dos brazos se recombinan a continuación y se visualizan en una cámara 16. Esta cámara recoge las franjas de interferencias.

- 35 Los medios de tratamiento de la imagen 17 en la salida de la cámara proporcionan las variaciones de ángulo y de posición en tiempo real de la superficie en movimiento y permiten de este modo corregir por medio de los medios 18 los movimientos de la superficie.

- 40 En efecto, cuando la superficie se lleva a la superficie con un movimiento de rotación alrededor de un eje sustancialmente perpendicular a su superficie, las estructuras de accionamiento y los defectos de alineación pueden conducir a generar unas desviaciones de orientación y de posición con respecto a una superficie ideal fija de interacción. Son estas desviaciones lo que permite compensar el dispositivo de la invención, midiéndolas y previendo un bucle de control para corregirlas actuando sobre dicha superficie móvil.

- 45 Las figuras 2a, 2b, 2c y 2d se refieren respectivamente a una posición estándar de referencia de la superficie y definida en un punto de referencia (X, Y, Z), con una rotación de dicha superficie en y, con una rotación de dicha superficie en x y con una variación de profundidad, y muestran en cada uno de los casos ya expuestos la evolución de las franjas de interferencias detectadas en la cámara como se explicará a continuación en la descripción.

Por medio de unos motores de precisión montados en la superficie en movimiento, un bucle de retroalimentación permite compensar en tiempo real las variaciones de ángulo y de posición de la superficie, y ofrecer en todo momento una superficie en movimiento que presenta siempre la misma posición y la misma orientación. Estos motores son de manera ventajosa unos motores muy pequeños de tipo pico-motores.

50 **Ejemplo de dispositivo de control de posición utilizado en un dispositivo de acuerdo con la invención**

Las figuras 3a, 3b y 3c ilustran a este título un ejemplo de porta-blancos equipado con un dispositivo de control de posición.

La figura 3a ilustra una vista en sección de un porta-blancos en el cual está montada la superficie llamada blanco 10 destinada a ponerse en rotación por medio de unos medios 70. También están previstos unos medios de puesta en

traslación, puede tratarse de un motor de desplazamiento lateral 40.

Una estructura llamada porta-blanco permite gracias a un conjunto de medios específicos poner la superficie 10 en movimiento y colocarla en un soporte 20.

5 El porta-blanco está sometido a un movimiento de rotación (cuyo eje es perpendicular a la superficie del blanco) y de traslación (en paralelo a la superficie del blanco). La rotación está impulsada por los medios 70, y un rodamiento de bolas permite la rotación del blanco. La traslación también está impulsada por un motor de desplazamiento lateral 40, por medio de un motor paso a paso, cuyo cuerpo está fijado a la parte móvil de la pletina de traslación y el tornillo a la parte fija.

10 Además, cinco motores permiten modificar la posición en profundidad del blanco así como su orientación. Los dos motores 61 y 62 situados detrás del blanco permiten una pre-alineación del blanco con respecto al eje de rotación, con el fin de que la superficie del blanco sea lo más perpendicular posible al eje de rotación. La alimentación de los dos motores se realiza por medio de un contacto giratorio.

15 Los otros tres motores 51, 52 y 53 que pueden normalmente ser unos pico-motores permiten realizar la pre-alineación de la pletina de traslación en paralelo a la superficie del blanco, y son estos los que se utilizan en las alineaciones de profundidad y de orientación. Se disponen en « recta-punto-plano », para facilitar las alineaciones. Se utilizan una escuadra 21 y una estructura de soporte 22 para compensar el peso del blanco y aliviar los motores. Dos muelles 26 permiten un ajuste preciso de la compensación del peso de la parte giratoria del porta-blanco.

20 La estructura de soporte 22 comprende unos elementos de fijación que permiten fijar un soporte intermedio destinado a soportar el blanco. Está, además, solidarizada con una placa 23 accionada por el motor de desplazamiento lateral 40. El conjunto se puede fijar de manera amovible en el porta-blanco.

La figura 3b muestra la superficie móvil de frente y pone de relieve el movimiento de traslación que el motor de desplazamiento lateral 40 puede aportar.

25 La figura 3c ilustra una vista denominada trasera de la plataforma equipada con el dispositivo y pone de relieve el conjunto de los pico-motores 51, 52 y 53 dispuestos en « recta-punto-plano », de tal modo que se pueden corregir los defectos de orientación de la superficie que los medios 70 ponen en rotación.

Los diferentes elementos motorizados están controlados por un piloto de mandos que transmite la información procedente del análisis temporal realizado por el programa informático a partir de las imágenes recogidas por la cámara 16 que se ilustra en la figura 1.

Esta cámara 16 graba las franjas de interferencias que lleva el haz de interferencia 11/12.

30 La cámara capta los movimientos de las franjas de interferencias que se analizan a continuación mediante un programa informático adaptado a esta necesidad y basado en la transformación de Fourier.

Este programa informático permite determinar:

- la variación del paso de la red de franjas (número de franjas en la cámara);
- la desviación de la red de franjas (posición absoluta de la red de franjas con respecto al borde de la cámara);
- 35 – y la inclinación de las franjas (ángulo de las franjas con respecto al eje y vertical de la cámara).

A partir de estas informaciones, los medios de tratamiento informático de estas informaciones crean una imagen del blanco y determinan la posición en profundidad del blanco, así como la orientación del blanco, es decir las dos coordenadas verticales y horizontales del vector normal en la superficie del blanco. Los medios de tratamiento informático caracterizan, por lo tanto, por completo y en tiempo real el movimiento del blanco.

40 La variación instantánea de la posición en profundidad y de la inclinación del blanco se comunica a continuación a los tres motores de alineación fina, con el fin de que compensen esas variaciones. Este bucle de retroalimentación permite, por lo tanto, asegurarse de que la superficie siempre presenta una posición en profundidad y una orientación idénticas y controladas.

45 La figura 4a ilustra un ejemplo de franjas recogidas por la cámara. Este análisis se realiza en modo continuo a razón de una captura de imagen y de análisis que corresponde a una decena por segundo. Cada captura de imagen conduce tras su tratamiento a restituir en la pantalla una imagen propiamente dicha de la superficie analizada. De acuerdo con una variante, se puede considerar introducir unas variaciones colorimétricas que indican la orientación y la posición en profundidad de dicha superficie.

50 La figura 4b ilustra las capturas sucesivas de imagen de la superficie puesta en rotación y traduce en ordenadas la posición en términos de profundidad expresada en micrómetros en función de una abscisa de tiempo. Normalmente, en una sucesión de alrededor de 2.000 imágenes se observan unas desviaciones de posición del orden de algunos micrómetros para una superficie en movimiento de alrededor de una quincena de centímetros de diámetro.

A partir de estas figuras de franjas de interferencias y de la evolución en el tiempo del desplazamiento de las franjas de interferencias, se pueden determinar los movimientos indeseables de la superficie en movimiento y corregir estos últimos gracias al empleo de los motores descritos con anterioridad y controlados desde la información deducida del análisis temporal de las franjas de interferencias.

- 5 El dispositivo óptico de control de la orientación y de la posición de una superficie en movimiento mediante la medición interferométrica anteriormente descrito está especialmente adaptado para la generación de un haz secundario resultante de la radiación de un blanco bajo la acción de un haz láser primario.

En efecto, numerosas aplicaciones precisan, para utilizar una fuente óptica llamada secundaria generada a partir de de una fuente primaria, mantener con la máxima precisión la superficie de interacción al nivel del punto focal de la fuente primaria y controlar su orientación, es decir controlar con precisión el punto fuente de la emisión secundaria.

Ahora bien, durante el uso de un blanco irradiado por una fuente primaria para generar una fuente secundaria, resulta indispensable regenerar dicho blanco y, por lo tanto, prever el desplazamiento de tal modo que se exponga de forma permanente una superficie virgen. Puede resultar ventajoso prever unos medios de puesta en rotación de dicho blanco. Sin embargo, estos medios conllevan inevitablemente unas distorsiones al nivel de dicho blanco que conviene corregir en tiempo real, de ahí la necesidad de disponer de un dispositivo como el de la invención.

Ejemplo de realización de una fuente secundaria de tipo armónico que comprende el dispositivo de control de posición mediante medición interferométrica

La fuente secundaria considerada es una fuente de pulsos de muy corta duración H_2 destinada a poder analizar unos fenómenos físicos extremadamente rápidos.

- 20 Un haz incidente de pulsos de tipo femtosegundo H_1 en una primera longitud de onda λ_1 por ejemplo procedente de una fuente óptica primaria, se envía a un blanco 10 animado con un movimiento de rotación.

Normalmente, el blanco puede ser un disco de vidrio cuya interacción con el haz primario genera la emisión de un haz de tipo armónico (es decir en unas longitudes de onda superiores a la del haz primario incidente) que se puede comprimir para obtener un haz con una duración del orden de algunas decenas o centenas de attosegundos. El haz generado de este modo corresponde al haz H_2 que se representa en la figura 5.

El blanco está, por otra parte, montado en un porta-blancos tal como se representa en las figuras 3a a 3c.

La zona de impacto del haz láser continuo de control 11 destinado al dispositivo de control se sitúa en una zona del blanco próxima pero diferente de la de la zona de impacto del haz primario H_1 , para no degradar la imagen del haz de análisis.

- 30 Todos los componentes utilizados están integrados en un recinto de vacío 30 destinado a la observación de fenómenos físicos, este recinto circular puede presentar normalmente un diámetro del orden del metro, de este modo se pueden descubrir desviaciones de posición del orden de la decena de nanómetros con un blanco que presenta un diámetro del orden de una decena de centímetros. Estas desviaciones de posición y de orientación se tratan a través de los medios 17 integrados en el bucle de retroalimentación y resultantes de la información recogida en la cámara 16 integrada en el recinto.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de generación de una fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria (H1), que emite un primer haz óptico en una primera longitud de onda (λ_1) focalizada en una superficie en movimiento (10), con la cual dicho primer haz interactúa de tal modo que genera un haz secundario (H2) que comprende:

- 5 - un dispositivo óptico de control de la posición de dicha superficie en movimiento, que genera un haz de control de tal modo que determina la orientación y la posición del punto de emisión de dicha fuente secundaria sobre dicha superficie, comprendiendo dicho dispositivo óptico de control de la posición de una superficie en movimiento (10):
 - 10 • un haz láser de control (11), reflejado por dicha superficie en movimiento;
 - 10 • unos medios (16) de tipo cámara para mostrar en imágenes la información de la posición de dicha superficie;
 - 10 • unos medios (18) para generar un bucle de retroalimentación de control de la orientación y de la posición de dicha superficie en movimiento a partir del análisis de dicha señal portadora de información,

caracterizado porque:

- 15 - dicho haz de control está separado en dos brazos, uno de los cuales es un haz de referencia, fijo, y el otro es un haz de análisis (12) reflejado por la superficie en movimiento y móvil;

y **porque** dicho dispositivo comprende:

- 15 - unos medios para hacer que dichos haces de referencia y de análisis interfieran de tal modo que generen unas franjas de interferencias;
- 20 - unos medios de análisis (17) de dichas imágenes de interferencias;
- 20 - unos medios (18) para generar un bucle de retroalimentación que permite el control de la orientación y de la posición de dicha superficie en movimiento.

2. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios de análisis (17) de dichas imágenes de interferencias comprenden unos medios de análisis temporal de los siguientes parámetros:

- 25 - la variación del paso de la red de franjas que corresponde al número de franjas de interferencias visualizadas en la cámara;
- 25 - el desplazamiento de la red de franjas en términos de posición de la red de franjas de interferencias con respecto al borde de la cámara;
- 30 - la inclinación de las franjas de interferencias que corresponde al ángulo de las franjas con respecto al eje vertical de la cámara definido en un plano sustancialmente paralelo al de la superficie en movimiento.

3. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** los medios para generar un bucle de retroalimentación (17) comprenden un conjunto de actuadores motorizados (51, 52, 53) acoplados a dicha superficie en movimiento (10) y dispuestos en « recta-punto-plano », en un plano sustancialmente paralelo al de la superficie en movimiento para regular la orientación y la posición de dicha superficie.

4. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** comprende un láser de Helio-Neón que genera el haz láser de control estabilizado en frecuencia.

5. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la superficie en movimiento es un disco de vidrio o de metal o de plástico.

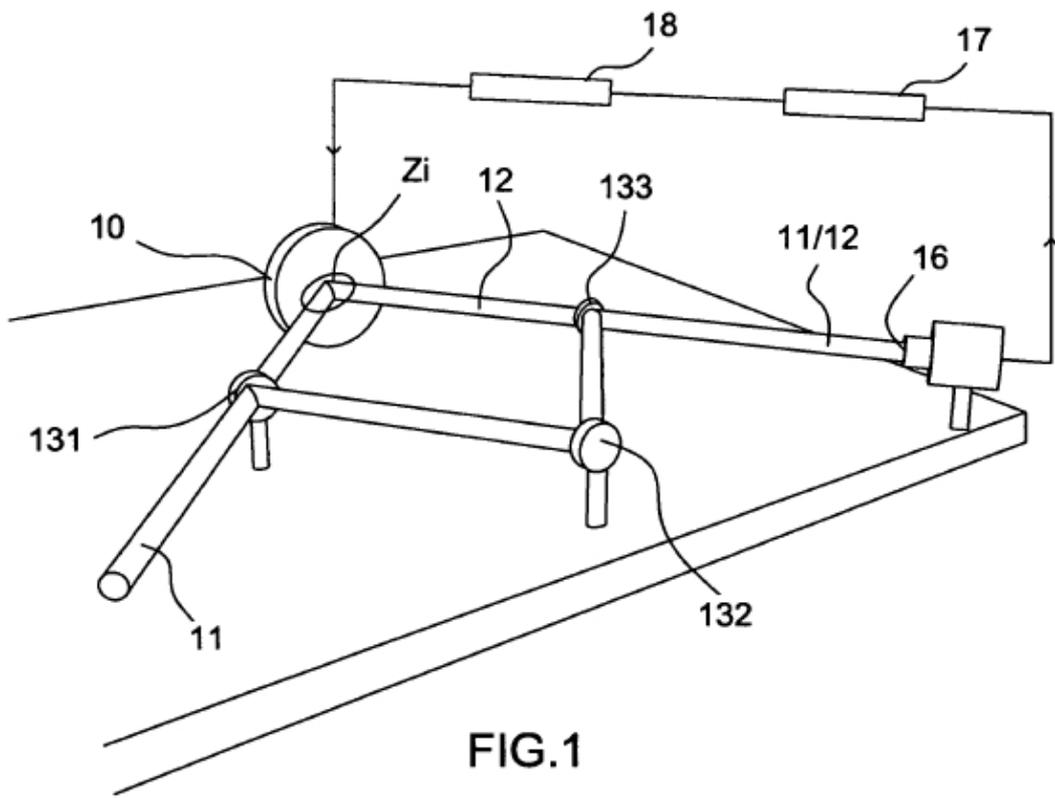
6. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los medios para hacer que dichos haces de referencia y de análisis interfieran de tal modo que se genere un haz de interferencias. comprenden dos separadores de haces (131, 133) y un espejo reflector (132).

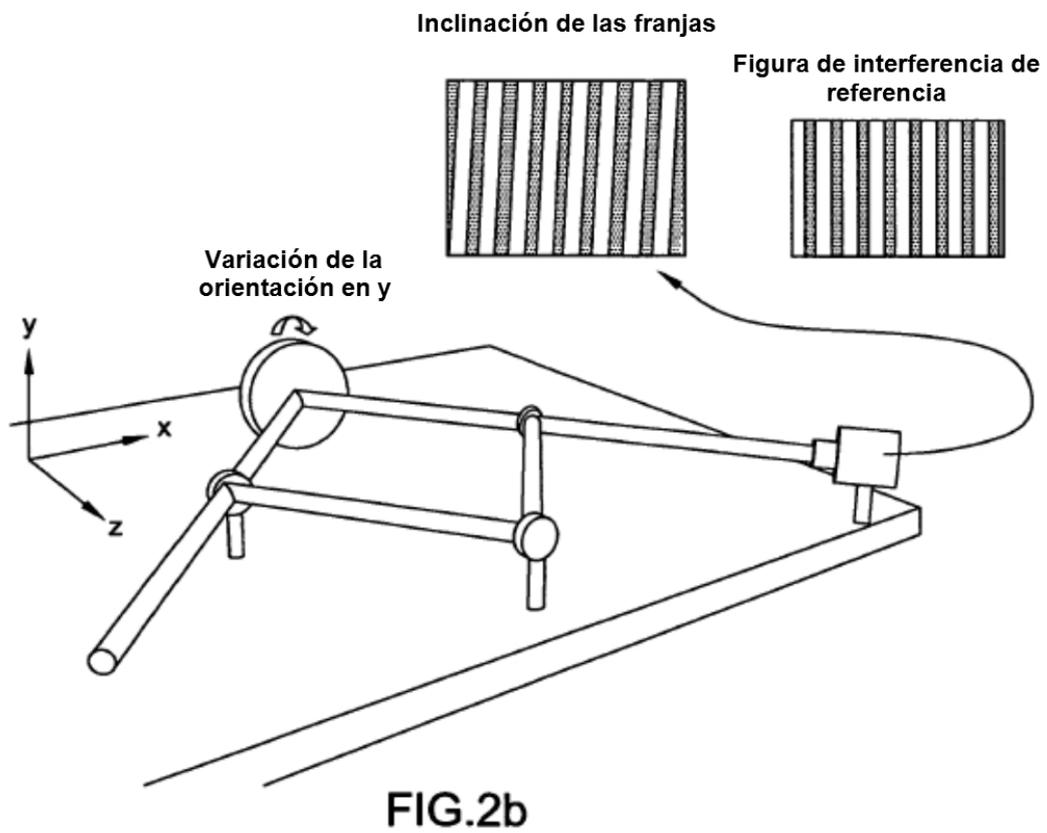
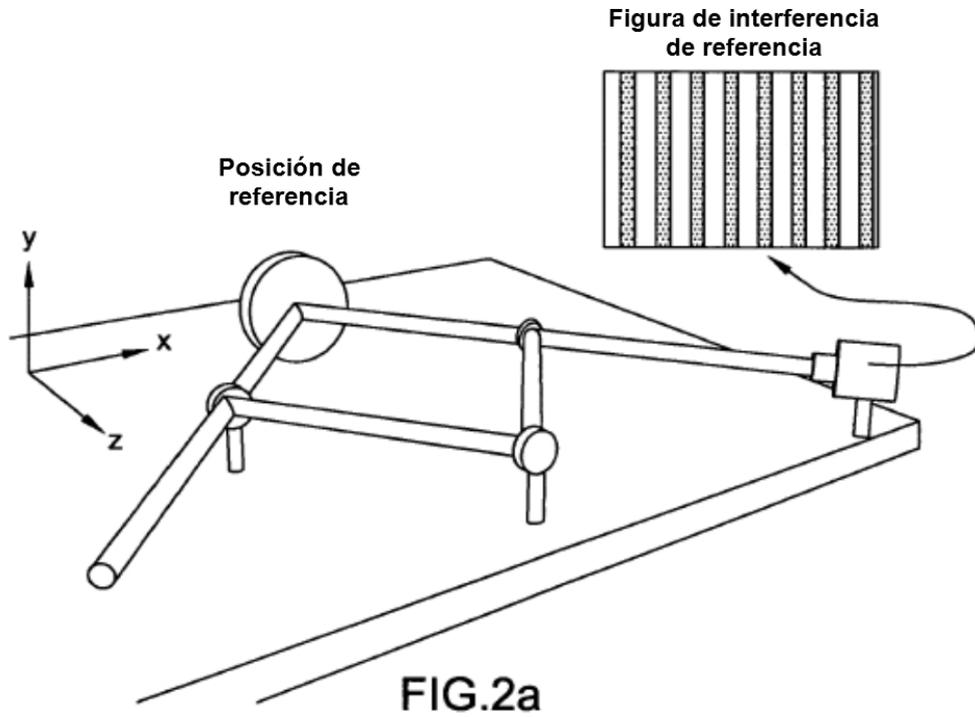
7. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** comprende, además, unos medios para ampliar el diámetro de dicho haz láser situados aguas arriba de la separación del haz de análisis, de tal modo que cubra la superficie de detección de la cámara.

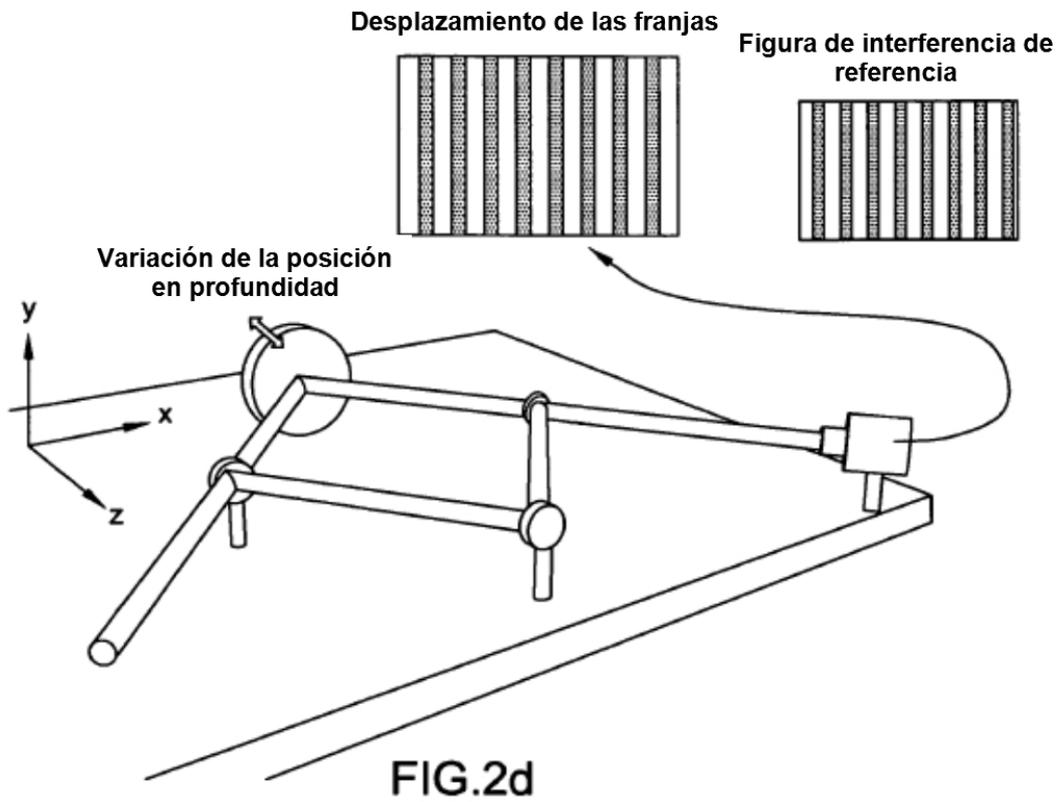
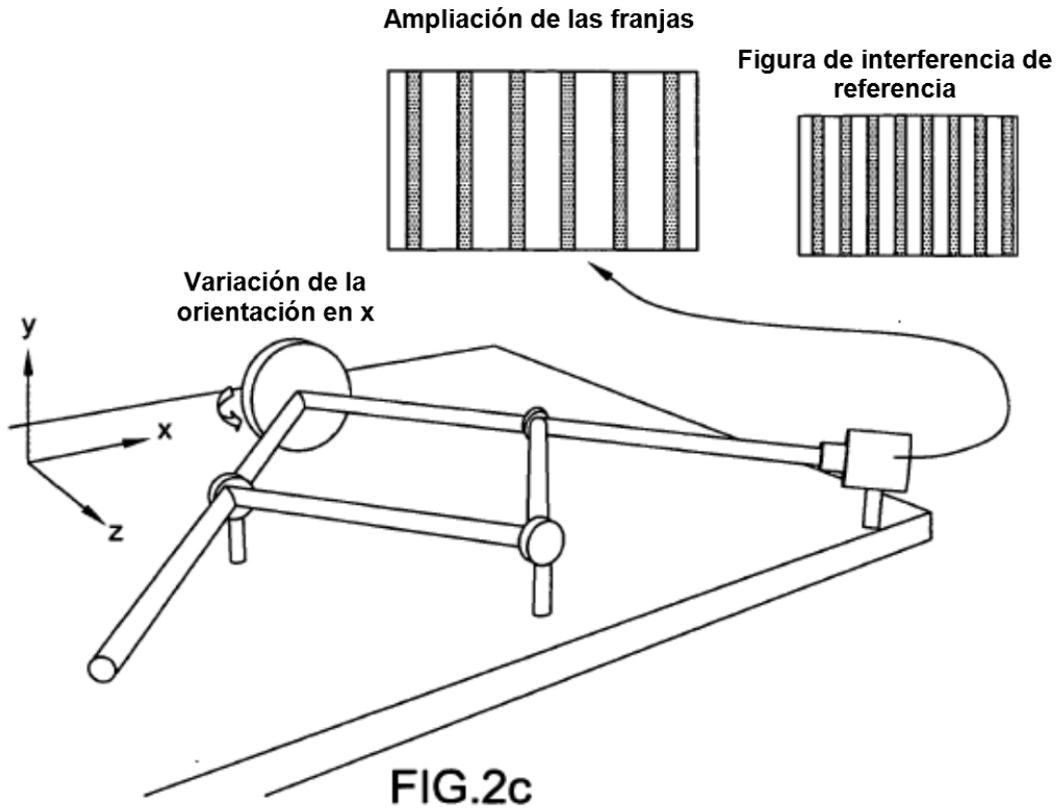
8. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** los medios de análisis comprenden unos medios de tratamiento de la imagen para extraer la información de la variación de posición y de orientación de dicha superficie con respecto a

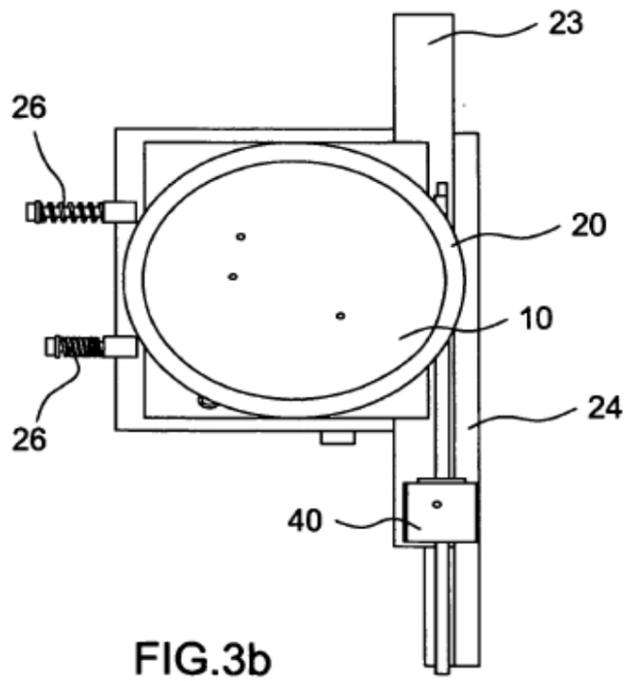
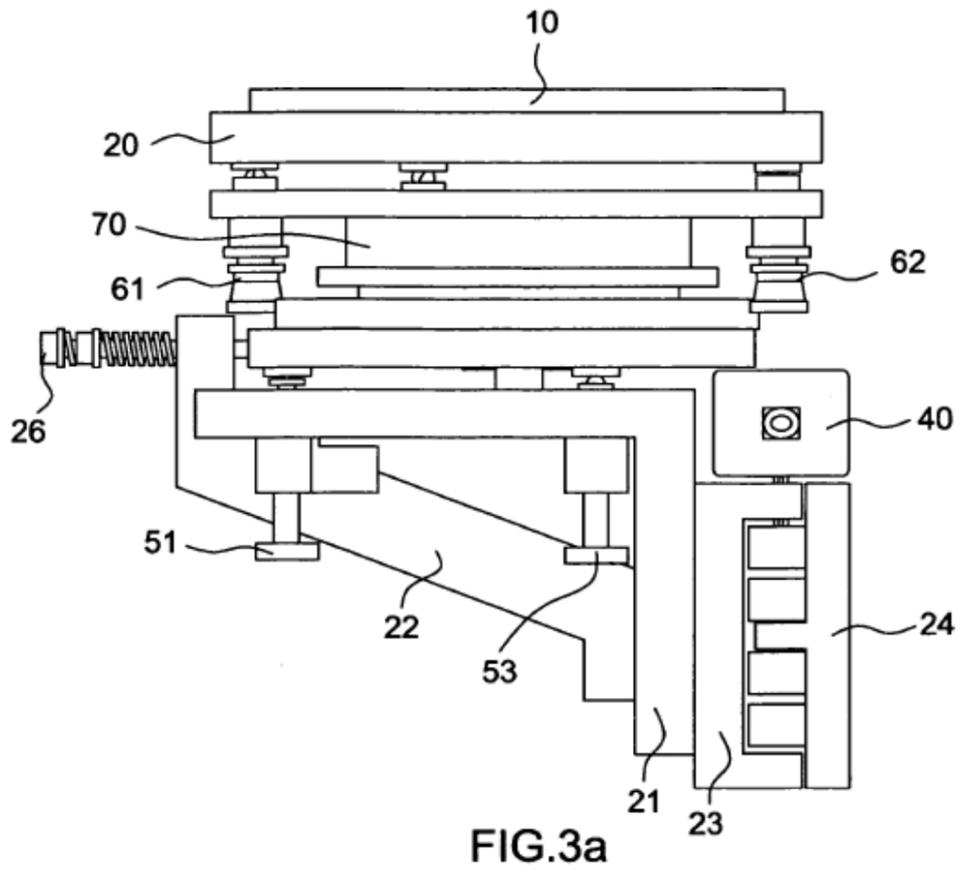
un plano de referencia.

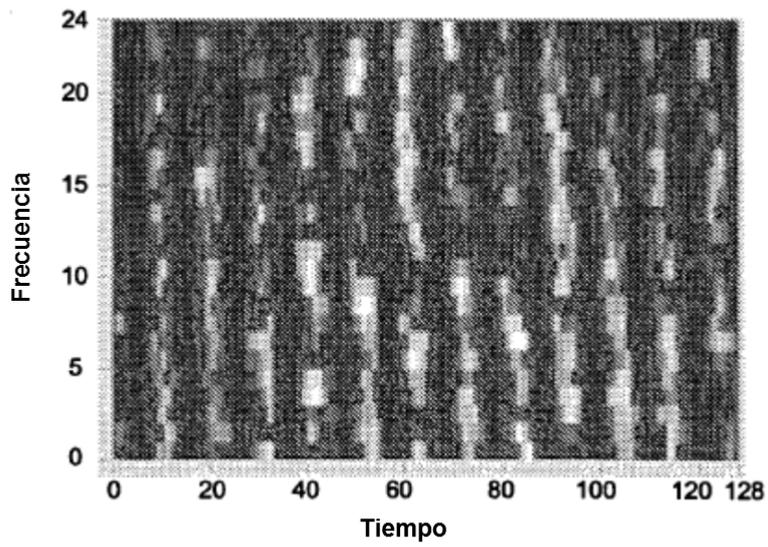
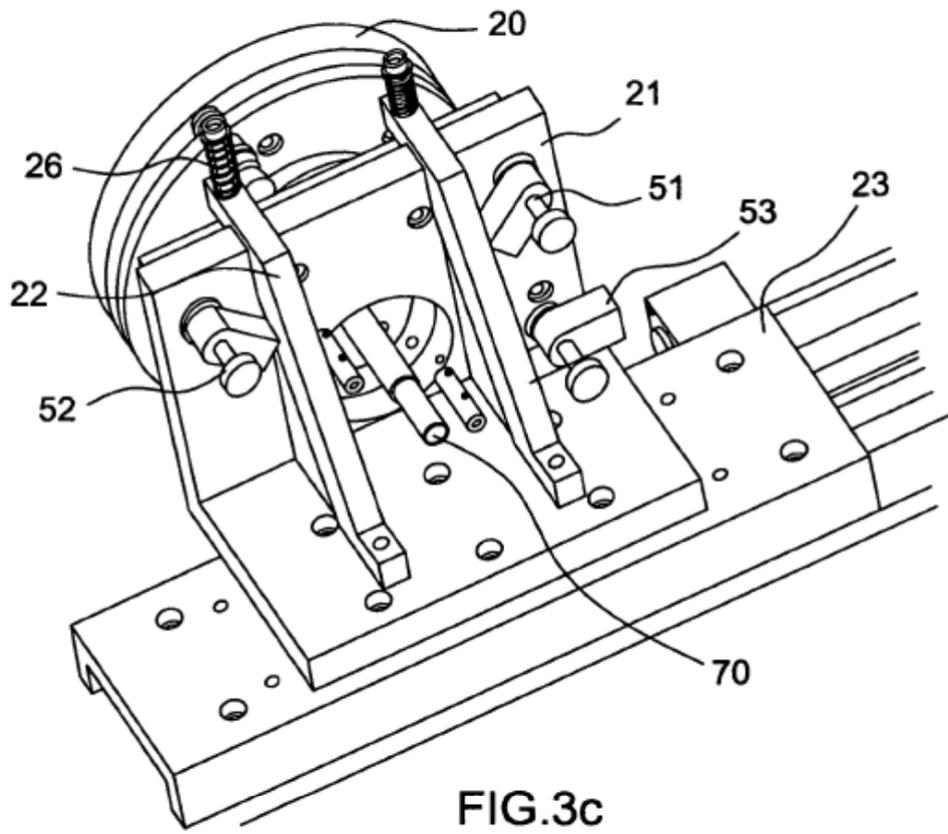
9. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el haz de la fuente secundaria es de tipo X-UV, electrones, protones.
- 5 10. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la superficie en movimiento está montada sobre un porta-blancos, estando dicho porta-blancos equipado con unos medios de puesta en rotación de dicha superficie (51, 52, 53) y con unos medios de traslación (40) de dicha superficie.
- 10 11. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** el porta-blancos y la superficie en movimiento están montados en un recinto de vacío.
- 15 12. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** el haz láser de control es generado por una fuente láser continua que tiene una longitud de onda inferior o igual a la longitud de onda de la fuente óptica primaria para garantizar la máxima precisión de medición.
13. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** la fuente óptica primaria es una fuente láser de pulsos de femtosegundo.
- 20 14. Dispositivo de generación de fuente secundaria resultante de una fuente óptica primaria de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** la fuente secundaria es un haz láser armónico de la fuente primaria con una duración de entre unas decenas y unas centenas de attosegundos.











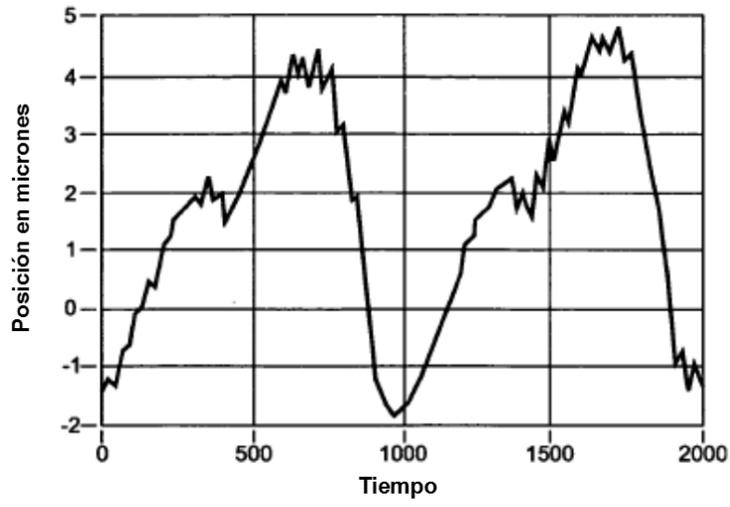


FIG.4b

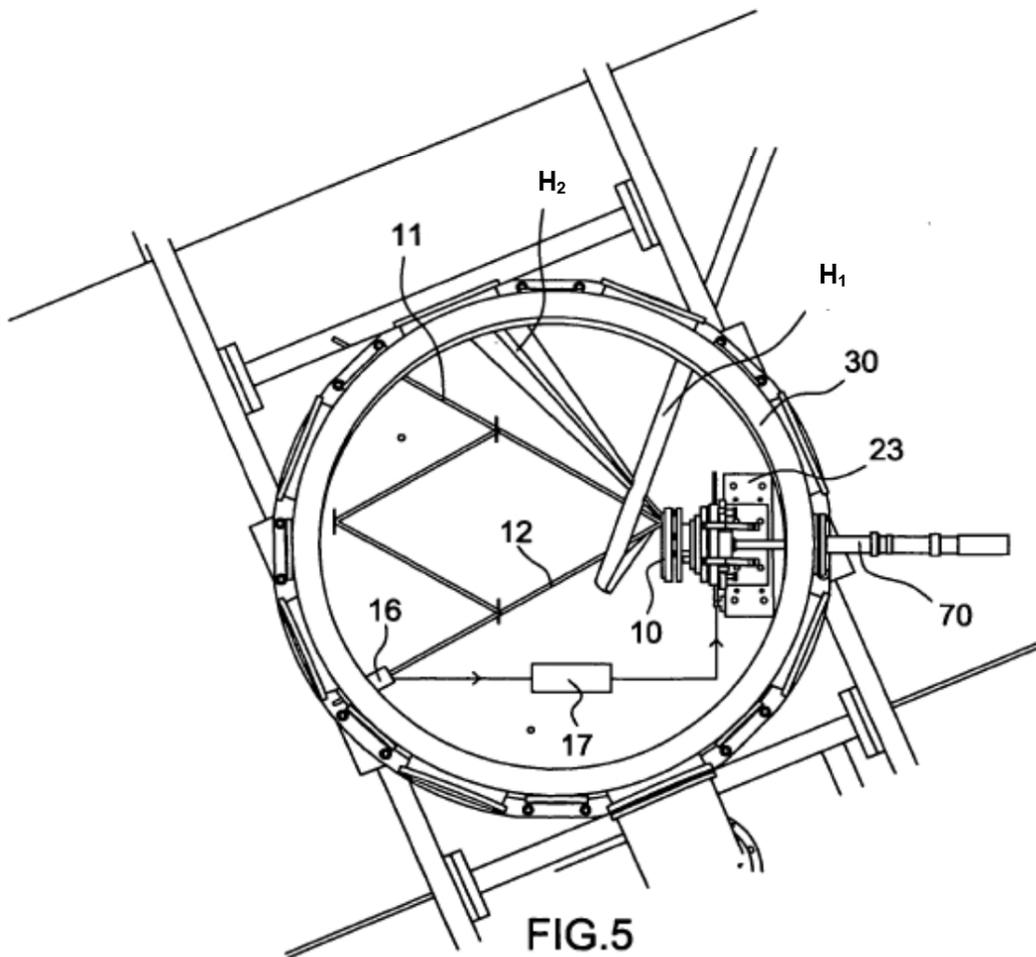


FIG.5