

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 064**

51 Int. Cl.:

G01B 9/02 (2006.01)

G01J 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2000 E 00909895 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 1159582**

54 Título: **Interferómetros etalon acoplados**

30 Prioridad:

13.01.1999 US 115691 P
07.12.1999 US 456122

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.01.2015

73 Titular/es:

MICHIGAN AEROSPACE CORPORATION
(100.0%)
1777 Highland Drive Suite B
Ann Arbor, Michigan 48108-2285, US

72 Inventor/es:

HAYS, PAUL B.

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 527 064 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

Interferómetros etalon acoplados

5 Sector técnico de la invención

Esta invención se refiere, en general, a interferómetros y, en particular, a procedimientos y aparatos para mejorar la eficiencia de la luz representada en imagen mediante un etalon (o calibre patrón) de Fabry-Perot paralelo.

10 Antecedentes de la invención

El interferómetro Fabry-Perot es un dispositivo de alto rendimiento cuando se utiliza para selección de longitudes de onda como un filtro simple, pero presenta claros inconvenientes cuando se utiliza como espectrómetro. Como filtro, el dispositivo puede transmitir la mayor parte de la luz recibida. Normalmente, más del 50 por ciento de la luz entrante colimada puede ser transmitida al siguiente elemento óptico.

Sin embargo, cuando se crea un espectro utilizando la selección angular de longitudes de onda del dispositivo, una gran cantidad de la luz entrante se pierde por reflexión. Esto se debe al hecho de que la selección de longitudes de onda se obtiene reflejando hacia atrás, fuera del sistema, la luz de otras partes del espectro.

20 En un espectro amplio, la cantidad de luz transmitida al detector está proporcionada por la expresión

$$T = \frac{1 - R}{1 + R}$$

25 que es la misma que en un conjunto de dos espejos incoherentes de reflectividad R en serie. Esto constituye un problema importante cuando la cantidad de luz disponible está limitada por una fuente discontinua. Por ejemplo, cuando R=0.9, que es un valor típico para alta resolución, la energía transmitida es solamente el 5,3 por ciento de la energía disponible. El resto de la luz se refleja saliendo fuera del sistema.

30 La patente U.S.A. número 5.666.195, de Shultz y otros, titulada "EFFICIENT FIBER COUPLING OF LIGHT TO INTERFEROMETRIC INSTRUMENTATION" (acoplamiento eficiente de fibras ópticas para instrumentación interferométrica), admite que se puede utilizar el reciclaje de la luz en ciertos casos. Más particularmente, la patente 5.666.195 da a conocer un procedimiento para el redireccionamiento de la luz a efectos de mejorar la eficiencia de la transmisión de los interferómetros de cuña, situando fibras ópticas para dirigir la luz reflejada a posiciones que permiten una transmisión iterada de la luz desperdiciada en otro caso.

35 La descripción de la patente 5.666.195 se limita estrictamente a etalones de cuña separada, o etalones de Fizeau, en los que los espejos internos del dispositivo no son paralelos entre sí. Tal como se describe en la patente 5.666.195, "en el caso del etalon de espejos paralelos... la luz incidente es divergente, de manera que la luz reflejada sigue divergiendo y no se puede volver a utilizar. Sin embargo, el etalon de cuña... se ilumina con luz colimada, de tal modo que la luz reflejada permanece colimada pero sin embargo tampoco se utiliza".

40 Por lo tanto, aunque Shultz y otros admiten que la luz no utilizada se puede reciclar en un interferómetro de cuña separada, no admiten que la luz reflejada puede ser reutilizada en un etalon Fabry-Perot, que es un interferómetro del tipo que tiene superficies reflectantes paralelas, tal como se muestra en la figura 1A de la patente 5.666.195. Por lo tanto, se siguen necesitando aparatos y procedimientos con los que se pueda mejorar la eficiencia de interferómetros no separados por una cuña sacando partido de la luz reflejada que, de lo contrario, se desperdiciaría.

50 Características de la invención

Esta invención se basa en procedimientos y aparatos para mejorar la eficiencia y la aplicabilidad de interferómetros Fabry-Perot, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas 1 y 14. En dichos dispositivos, la luz introducida en un primer punto fuera del eje del plano de la imagen es transmitida parcialmente a través del interferómetro hasta el detector, y es reflejada parcialmente a un segundo punto fuera del eje en el plano de la imagen. En sentido amplio, la invención reutiliza la luz reflejada al segundo punto fuera del eje, en lugar de desecharla.

60 Según una realización preferente, la luz reflejada es guiada a un tercer punto fuera del eje en el plano de la imagen para su retransmisión hacia atrás a través del interferómetro, hasta un punto diferente sobre el detector. Para aumentar adicionalmente la sensibilidad se utilizan una serie de fibras ópticas, cada una de las cuales tiene un extremo para recibir luz en un punto fuera del eje, del plano de la imagen, y otro extremo para redirigir la luz hacia atrás a través del etalon desde un punto diferente, fuera del eje, del plano de la imagen.

Según una realización alternativa, la luz reflejada se guía a un segundo detector, que puede formar parte de un segundo interferómetro. Como una alternativa adicional, se puede utilizar un espejo u otro elemento reflectante para redirigir la luz hacia atrás, al mismo punto sobre el detector. En cada caso, la coherencia angular de la luz es aleatorizada preferentemente, antes de la detección posterior. Se utiliza, preferentemente, una fibra óptica multimodo para transportar la luz redirigida, que actúa convenientemente para aleatorizar la coherencia angular de la luz mientras está siendo reencaminada.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 (un dispositivo no cubierto por las reivindicaciones) es un dibujo que muestra cómo se refleja la luz desde un etalon Fabry-Perot en el lado opuesto del eje óptico, tal como en el caso de un espejo convencional;

la figura 2 muestra la luz entrante procedente de una fuente monocromática, el espectro angular transmitido y el espectro angular reflejado, donde, en cada caso, se representa el brillo en función del ángulo sólido;

la figura 3 muestra una primera realización de la invención, en la que la luz reflejada mediante un interferómetro Fabry-Perot es encaminada a un detector secundario;

la figura 4 es una realización alternativa de la invención, en la que la luz reflejada por un etalon de alta resolución se acopla a un etalon de baja resolución;

la figura 5 es un dibujo que muestra cómo se pueden utilizar fibras ópticas para reciclar luz en un etalon Fabry-Perot;

la figura 6 es un grupo de gráficos que muestran una progresión de la luz reciclada por la fibra, según la invención;

la figura 7A es un dibujo que muestra cómo se pueden utilizar fibras de reciclado junto con un espejo, para proporcionar una función de reciclado hacia atrás;

la figura 7B es un dibujo que muestra cómo se pueden utilizar una serie de sistemas de interferómetro con un espejo retroreflectante; y

la figura 8 (un dispositivo no cubierto por las reivindicaciones) muestra cómo se pueden agrupar entre sí etalones de resoluciones diferentes para formar un interferómetro de múltiples etalones utilizando fibras ópticas u otros conductos de transporte de luz.

Descripción detallada de la invención

Esta invención se basa en procedimientos y aparatos para mejorar la eficiencia y la utilidad de los interferómetros Fabry-Perot. En sentido amplio, y en términos generales, la invención admite, por lo menos, dos técnicas que mejoran las configuraciones existentes. De acuerdo con un primer enfoque, la luz rechazada se refleja a un interferómetro independiente, detector u otro aparato que funciona para observar un espectro deseado, como complemento al espectro transmitido. De acuerdo con un enfoque alternativo, la luz reflejada se hace volver hacia atrás al mismo etalon y a través de éste, en una zona diferente de ángulo sólido, para aumentar la señal en el detector principal.

Estas dos técnicas no son iguales en sus posibilidades para aumentar la señal al detector. En teoría, la primera opción puede aumentar la señal en un factor de dos, pero a menudo no consigue dicha mejora dado que normalmente existe una considerable señal de fondo que produce ruido en el detector secundario. La segunda técnica tiene la posibilidad de producir una mejora que hará que la energía transmitida al detector sea igual que la de la luz entrante. Sin embargo, para la técnica de luz reciclada es importante que se pierda la mayor parte de la coherencia angular de la luz devuelta.

La siguiente descripción considera estas dos técnicas, y se identifican enfoques para conseguir las ganancias posibles. Se presenta asimismo una descripción que examina la utilización de fibras ópticas, en general, para acoplar interferómetros de múltiples elementos.

TÉCNICAS DE DETECTOR COMPLEMENTARIO

La figura 1 (un dispositivo no cubierto por las reivindicaciones) muestra un interferómetro en el que la luz recibida en un plano -102- de la imagen se colima mediante un objetivo -104- y se pasa a través de un etalon Fabry-Perot -106- que incluye espejos paralelos -108- y -110- parcialmente reflectantes. La parte de la luz transmitida a través del etalon -106- se enfoca mediante un elemento -112- sobre un detector -120-.

La luz reflejada desde el etalon -106- aparece en el lado opuesto del eje óptico -130- del sistema, en el punto -132-, tal como ocurriría con un espejo convencional. En la figura 2 se muestra una representación de la luz entrante procedente de una fuente monocromática, del espectro angular transmitido y del espectro angular reflejado.

Una manera de utilizar la luz reflejada, según la invención, es canalizar la luz a un segundo detector complementario. En la figura 3 se muestra una representación esquemática de un instrumento utilizado para detectar el espectro de la luz reflejada. En esta realización particular, una parte de la luz entrante -302- se transmite a través del etalon -304- y se recibe en un detector principal -306-. Una cantidad significativa de la luz es reflejada al punto -308- en el lado opuesto del eje óptico -310-. De acuerdo con esta realización de la invención, la luz reflejada se recoge y se redirige mediante un espejo de cuchilla -312- u otro dispositivo adecuado de redireccionamiento, y pasa al detector secundario -320-. Se pueden añadir otros elementos ópticos, a conveniencia, incluyendo otras superficies reflectantes -322- y dispositivos ópticos de colimación/enfocado -324-.

Se obtiene una ganancia de señal significativa cuando el espectro complementario de la luz reflejada es muestreado mediante el detector secundario -320- de la luz. Dado que la integral de la luz reflejada es significativamente mayor que la de la transmitida (de hecho, la proporción es, para la luz monocromática, $2R/(1-R)$), se puede admitir sin duda una gran mejora.

El esquema de detección representado en la figura 3 producirá una ganancia de señal algo menor que un factor dos, pero esto representa una mejora muy deseable para un interferómetro Fabry-Perot. Se debe observar que en este tipo de esquema de división del haz, normalmente los patrones principal y secundario de anillos son solo de medio anillo. Esto no es un inconveniente si el detector puede observar una serie de órdenes fuera de la franja central. Son posibles una serie de esquemas alternativos para conseguir el objetivo de añadir un detector de la luz reflejada. Por ejemplo, con luz polarizada se puede utilizar un divisor del haz con polarización para mantener un patrón de anillos completos en el detector secundario.

Una alternativa a la utilización de un detector secundario es reflejar la luz hacia un segundo interferómetro que tenga propiedades espectrales muy diferentes, de tal modo que los dos patrones de anillos no sean iguales. Esto es útil cuando en el espectro están presentes dos características espectrales diferentes. Es de aplicación cuando una línea de láser muy estrecha es dispersada por aerosoles o moléculas. En este caso, el retorno del aerosol es muy estrecho, idéntico al propio láser, y el retorno molecular está ensanchado térmicamente.

La detección de estas dos señales requiere etalones con propiedades espectrales muy divergentes: la señal del aerosol se observa mejor utilizando un etalon de muy alta resolución de intersticio grande, mientras que la señal molecular se observa mejor con una resolución que coincida con la anchura térmica de la línea molecular. Estos dos interferómetros tienen patrones de franjas muy diferentes, estando compuesto el aerosol de anillos muy próximos en el espacio angular, y teniendo el patrón molecular anillos mucho mayores. En este caso, es posible tomar la luz reflejada del interferómetro del aerosol y observarla en el interferómetro molecular sin gran dificultad. El patrón de anillos resultante en el interferómetro molecular consiste en una serie de anillos grandes atravesados por un conjunto de anillos oscuros muy lineales creados por el canal del aerosol.

Son posibles muchas combinaciones tales como las que se acaban de describir, en las que dos patrones de anillos se pueden interpretar con un conocimiento previo de las interrelaciones entre los interferómetros acoplados. En la figura 4 se muestra un ejemplo de dicho conjunto acoplado de interferómetros. Esta disposición es similar a la representada en la figura 3, excepto en que se utiliza un segundo etalon -402- fuera de la trayectoria óptica principal -404-. Por ejemplo, se puede utilizar un etalon de alta resolución -406- junto con un detector de alta resolución -408-, mientras que el etalon de baja resolución -402- se puede utilizar junto con un detector -410- de baja resolución, tal como se muestra. Se debe observar que el acoplamiento entre interferómetros se puede obtener asimismo utilizando fibras ópticas, tal como se describirá en la sección siguiente.

LUZ REFLEJADA RECICLADA

Existen varios inconvenientes con el primer esquema descrito anteriormente. En primer lugar, una ganancia de dos es posible solamente cuando la cantidad de luz reflejada pueda ser más de un orden de magnitud mayor que la transmitida. En segundo lugar, es necesario un detector adicional para observar la luz reflejada, y esto constituye una complicación adicional del sistema interferométrico. Una realización alternativa que es mucho más atractiva consistiría en utilizar toda, o por lo menos una fracción significativa de la luz reflejada, reflejando la luz hacia atrás al etalon principal y, finalmente, al mismo detector. Un dispositivo semejante proporciona una ganancia pequeña, dado que la luz transmitida original ha eliminado la energía exactamente de la región espectral que habría sido transmitida en el haz rechazado secundario. La correlación angular entre los dos haces elimina la mayor parte de la ventaja de reciclar la luz. Sin embargo, si la luz reciclada es aleatorizada en ángulo, entonces es muy ventajoso retransmitir la luz. Una manera simple de eliminar la correlación entre la luz reflejada y la luz transmitida es utilizar una fibra óptica para reciclar la luz en el etalon.

Tal como se muestra en la figura 5, la luz reflejada sale del sistema como un patrón complementario de anillos, en el otro lado del eje óptico, en el foco infinito del colimador de entrada. Asumiendo que la fuente principal de luz al instrumento es una única fibra óptica grande -502-, al punto -502'- sobre el plano -503- de la imagen, entonces la luz reflejada formaría su imagen en la posición en que forma su imagen la superficie de la fibra fuente, en el punto

-502"- en el lado opuesto del eje óptico -505-. En el interior de esta imagen habría un anillo negativo, donde la luz es transmitida al detector -512- en el primer paso.

5 De acuerdo con este aspecto de la invención, una fibra idéntica -504- está situada en esta imagen y curvada hacia atrás hacia el otro extremo de la fibra, para ocupar una posición -504'- que es, preferentemente, adyacente a la fibra principal -502-. La luz, una parte integral de la luz reflejada, pasa a continuación a través del instrumento, exactamente del mismo modo que el haz principal. Este haz se refleja asimismo, después de la reflexión principal, en el punto -504"-, y a continuación se puede reciclar al punto -506'- utilizando una segunda fibra -506-, y así sucesivamente. Este proceso puede continuar hasta que se transmite la mayor parte de la luz, a través del sistema, al detector principal -512-.

15 Se debe observar que en cada reflexión, se recicla $2RT_F/(1+R)$ de la luz que pasa a través de la fibra, donde T_F es la transmisión de la fibra. Por lo tanto, la cantidad de luz que pasa a través de la n-ésima fibra de acoplamiento sería de $(2RT_F/(1+R))^n$. Esta disposición se muestra en los diagramas de la figura 6.

La luz que se recicla en cada reflexión forma una progresión geométrica, y la suma de toda la luz que se proporciona al etalon -510- después del reciclado por fibras es igual a:

$$I_n = \frac{1 - \left[\frac{2RT_F}{1+R} \right]^{n+1}}{1 - \left[\frac{2RT_F}{1+R} \right]}$$

20 que cuando n aumenta tiende a $(1+R)/(1-R)$, lo que significa que toda la luz entrante se transmite al detector. Esto constituye una ganancia sustancial de señal respecto de la cantidad inicial de luz que transmitirá un interferómetro Fabry-Perot ordinario.

25 Es interesante asimismo observar que la ganancia de luz para este sistema se obtiene aumentando la extensión eficaz o el sistema. En este caso, se aumenta el campo angular observado por el etalon. Esto es lo esperado, dado que tiene que pasar más luz a través de las partes disponibles del espacio $A\Omega$ del sistema. Esto significa que esta técnica para aumentar el rendimiento de un Fabry-Perot es la más adecuada para situaciones en que hay una cantidad finita de luz disponible y tiene que ser utilizada con la máxima eficacia.

30 Este efecto es particularmente significativo cuando la extensión del instrumento está limitada por el tamaño del telescopio, el ángulo sólido o el tamaño del etalon. Dicha situación se tiene en un instrumento de velos espaciales, como aplicación importante, y otra es la utilización de un sistema lidar, donde están limitados tanto el tamaño del telescopio como el campo de visión. Tal como se muestra en la figura 7A, la luz procedente de este tipo de reciclado se puede reciclar hacia atrás a través del mismo conjunto de fibras, añadiendo una fibra reflejada a la fibra final -702-, en lugar de reciclarla hacia atrás directamente a través del sistema. Se debe observar que el espejo mostrado en la figura 7A puede ser otro sistema de interferómetro que se recicla tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, se puede hacer circular la luz a través de una serie de sistemas etalon con diferente resolución espectral, siendo devuelta finalmente a través de todo el sistema con un espejo retrorreflectante. Esto se muestra simbólicamente en la figura 7B.

45 Es muy deseable utilizar fibras ópticas en el proceso de acoplamiento de múltiples interferómetros para evitar la correlación de los dos patrones de anillos creados por dichos dos o más interferómetros que están siendo acoplados. Por ejemplo, en la mayor parte de interferómetros es deseable disponer de un elemento de filtrado de muy baja resolución para preseleccionar una región espectral estrecha, que pueda ser examinada por los elementos de mayor resolución. Este elemento de filtrado está seguido a continuación por uno o varios elementos de mayor resolución, que examinan en mayor detalle el espectro. En los diseños anteriores de interferómetros con múltiples etalones, el problema de la reflexión del etalon interior ha sido una complicación difícil de solucionar. En el pasado, se ha colocado un elemento con pérdidas entre los etalones para evitar la reflexión de la luz entre etalones. Sin embargo, en muchas aplicaciones los diversos etalones se pueden acoplar utilizando fibras ópticas de una manera muy modular y cómodo, eliminando el problema de la reflexión entre etalones. Este concepto se muestra en el diagrama esquemático de la figura 8 que, en si mismo, no realiza la presente invención. En este caso, están acoplados solamente dos etalones, que incluyen un dispositivo de mayor resolución -802- y un dispositivo de menor resolución -804-. Sin embargo, el concepto se puede extender a cualquier número de etalones o elementos de filtrado en un interferómetro de múltiples etalones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de mejora de un interferómetro Fabry-Perot que tiene un plano (503) de la imagen y un detector óptico (306, 408, 512) dispuesto a lo largo de un eje óptico (310, 505), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 10 a) proporcionar un etalon (304, 406, 510) que tiene dos espejos paralelos parcialmente reflectantes;
- 10 b) introducir (502) luz (302) para ser particularizada en un primer punto (502') fuera del eje en el plano (503) de la imagen, y hacer pasar dicha luz (302) a través de un objetivo de colimación y al etalon (304, 406, 510), de tal modo que una parte de la luz (302) se transmite al detector (306, 408, 512) y una parte de la luz (302) se refleja a un segundo punto (308, 502'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen, diferente al primer punto (502') fuera del eje; y
- 15 c) detectar por lo menos una parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen.
- 20 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la etapa de detectar por lo menos una parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'') fuera del eje incluye además la etapa de:
- 20 guiar (504, 506) la luz (302) a un tercer punto (504') fuera del eje en el plano (503) de la imagen para su retransmisión hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510), al detector (306, 408, 512).
- 25 3. Procedimiento, según la reivindicación 2, que incluye además la etapa de:
- 25 aleatorizar la coherencia angular de la luz (302) antes de alcanzar el tercer punto (504') fuera del eje.
- 30 4. Procedimiento, según la reivindicación 3, que incluye además la etapa de:
- 30 dirigir la luz (302) a través de una fibra óptica (504, 506) para aleatorizar la coherencia angular de la luz (302).
- 35 5. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la etapa de detectar por lo menos una parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'') fuera del eje incluye además la etapa de:
- 35 reflejar (702) la luz (302) hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510), al detector (306, 408, 512, 320, 410).
- 40 6. Procedimiento, según la reivindicación 5, que incluye además la etapa de:
- 40 aleatorizar la coherencia angular de la luz (302) antes de alcanzar el detector (512).
- 45 7. Procedimiento, según la reivindicación 6, que incluye además la etapa de:
- 45 dirigir la luz (302) a través de una fibra óptica (504, 506) para aleatorizar la coherencia angular de la luz (302).
- 50 8. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la etapa de detectar por lo menos una parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'') fuera del eje incluye además la etapa de:
- 50 encaminar la luz (302) a un segundo detector (320, 410).
- 55 9. Procedimiento, según la reivindicación 8, que incluye además la etapa de:
- 55 aleatorizar la coherencia angular de la luz (302) antes de alcanzar el segundo detector (320, 410).
- 60 10. Procedimiento, según la reivindicación 9, que incluye además la etapa de:
- 60 dirigir la luz (302) a través de una fibra óptica (702) para aleatorizar la coherencia angular de la luz (302).
- 65 11. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la etapa de detectar por lo menos una parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen, comprende las etapas de:
- 65 d) encaminar la luz reflejada (302) hacia atrás a través del interferómetro (304, 406, 510), de tal modo que una parte de la luz (302) se transmite al detector (306, 408, 512) y una parte de la luz (302) se refleja a otro punto (502'', 504'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen; y
- 65 e) repetir la etapa d) hasta que se consiga un nivel deseado de mejora de la eficiencia.

12. Procedimiento, según la reivindicación 11, que incluye además la etapa de:

aleatorizar la coherencia angular de la luz (302) antes de encaminar la luz reflejada (302) hacia atrás a través del interferómetro.

13. Procedimiento, según la reivindicación 12, que incluye además la etapa de dirigir la luz (302) a través de una fibra óptica (504, 506) para aleatorizar la coherencia angular de la luz (302).

14. Interferómetro, que comprende:

un etalon Fabry-Perot (304, 406, 510) dispuesto a lo largo de un eje óptico (310, 505) entre un plano (503) de la imagen y un detector (306, 408, 512), incluyendo el etalon (304, 406, 510) dos espejos paralelos parcialmente reflectantes (110);

un objetivo de colimación entre el plano (503) de la imagen y el etalon Fabry-Perot (304, 406, 510);

una fuente de luz (302) que sigue una primera trayectoria óptica desde un primer punto (502') fuera del eje en el plano (503) de la imagen, tal que una primera parte de la luz (302) circula a través del etalon (304, 406, 510) e incide sobre una primera área del detector (306, 408, 512), y una segunda parte de la luz (302) se refleja a un segundo punto (308, 502'', 504'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen, diferente al primer punto (502') fuera del eje; y

medios (306, 312, 322, 324, 320, 402, 408, 410, 504, 506, 512, 702) para detectar, por lo menos, una parte de la segunda parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'', 504'') fuera del eje en el plano (503) de la imagen.

15. Interferómetro, según la reivindicación 14, en el que los medios (504, 506, 512, 702) para detectar la luz (302) reflejada por el etalon (304, 406, 510) en un segundo punto (308, 502'') fuera del eje del plano (503) de la imagen incluyen además:

una fibra óptica (504, 506) con un extremo soportado en el segundo punto (308, 502'') fuera del eje del plano (503) de la imagen, y el otro extremo soportado en un tercer punto (504') fuera del eje del plano (503) de la imagen, siendo operativa la fibra óptica (504, 506) para redirigir la luz reflejada (302) hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510) hasta el detector (512).

16. Interferómetro, según la reivindicación 15, en el que la fibra óptica (504, 506) es una fibra multimodo.

17. Interferómetro, según la reivindicación 15, que incluye una serie de fibras ópticas (504, 506), que tienen cada una un extremo para recibir luz (302) en un punto (502'', 504'') fuera del eje del plano (503) de la imagen, y otro extremo para redirigir la luz (302) hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510) desde un punto fuera del eje diferente (504', 506') del plano (503) de la imagen.

18. Interferómetro, según la reivindicación 14, en el que los medios (504, 506, 512, 702) para detectar la luz (302) reflejada por el etalon (304, 406, 510) en un segundo punto (308, 592'') fuera del eje del plano (503) de la imagen incluyen además:

una fibra óptica (702) que tiene un extremo soportado en el segundo punto (308, 502'') fuera del eje del plano (503) de la imagen y entregando el otro extremo la luz (302) a un segundo detector.

19. Interferómetro, según la reivindicación 14, en el que los medios (504, 506, 512, 702) para detectar la luz (302) reflejada por el etalon (304, 406, 510) en un segundo punto (502'') fuera del eje del plano (503) de la imagen incluyen además:

una fibra óptica (702) que tiene un extremo soportado en el segundo punto (502'') fuera del eje del plano (503) de la imagen; y

un espejo soportado en el otro extremo de la fibra (702), siendo operativos el espejo y la fibra (702) para redirigir la luz reflejada (302) hacia atrás a través del etalon (510) hasta el detector (512).

20. Interferómetro, según la reivindicación 14, en el que los medios (306, 312, 322, 324, 320, 402, 408, 410, 504, 506, 512, 702) adaptados para detectar por lo menos dicha parte de la segunda parte de la luz (302) reflejada al segundo punto (308, 502'', 504'') fuera del eje del plano (503) de la imagen comprenden:

un elemento óptico (312, 322, 324, 504, 506, 702) operativo para guiar la luz reflejada (302) a lo largo de una segunda trayectoria óptica hasta una segunda área del detector (306, 320, 408, 512).

21. Interferómetro, según la reivindicación 20, en el que la primera y la segunda áreas forman parte del mismo detector (306, 408, 512).
- 5 22. Interferómetro, según la reivindicación 20, en el que el elemento óptico es una fibra óptica (504, 506, 102) operativa para guiar la luz reflejada (302) a un tercer punto (504', 506') fuera del eje del plano (503) de la imagen para la retransmisión hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510).
- 10 23. Interferómetro, según la reivindicación 22, en el que la fibra óptica (504, 506, 702) es operativa para aleatorizar la coherencia angular.
24. Interferómetro, según la reivindicación 22, en el que el primer (502') y el tercer (504', 506') puntos fuera del eje son adyacentes entre sí en el plano (503) de la imagen.
- 15 25. Interferómetro, según la reivindicación 22, que incluye además un espejo para reflejar la luz (302) en el tercer punto fuera del eje hacia atrás a través del etalon (304, 406, 510) y sobre la primera área del detector (306, 408, 512).
- 20 26. Interferómetro, según la reivindicación 25, que incluye además una fibra óptica para transportar la luz (302) hacia, y desde el espejo.
27. Interferómetro, según la reivindicación 20, que incluye además una fibra óptica (502) para transportar la luz (302) a lo largo de la primera trayectoria óptica.
- 25 28. Interferómetro, según la reivindicación 20, que incluye además un segundo etalon (402) dispuesto en la segunda trayectoria óptica.
29. Interferómetro, según la reivindicación 20, que incluye además una fibra óptica (504, 506) para transportar la luz (302) a lo largo de la segunda trayectoria óptica.
- 30 30. Interferómetro, según la reivindicación 20, en el que:
- la segunda área forma parte de un segundo detector (320, 410); y
- 35 se utiliza una fibra óptica (702) para transportar la luz reflejada (302) al segundo detector.

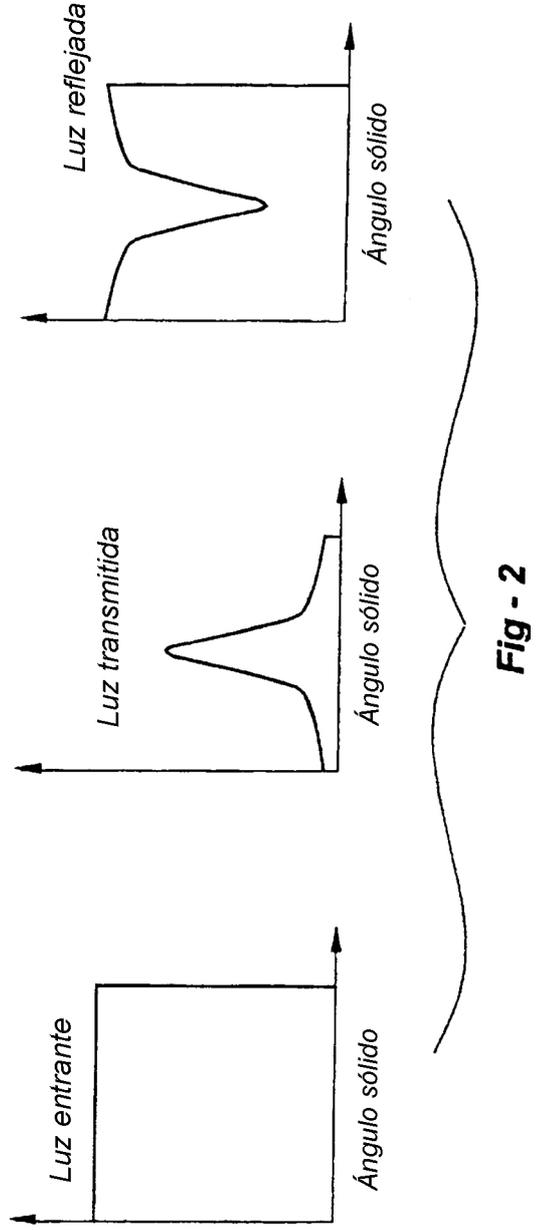
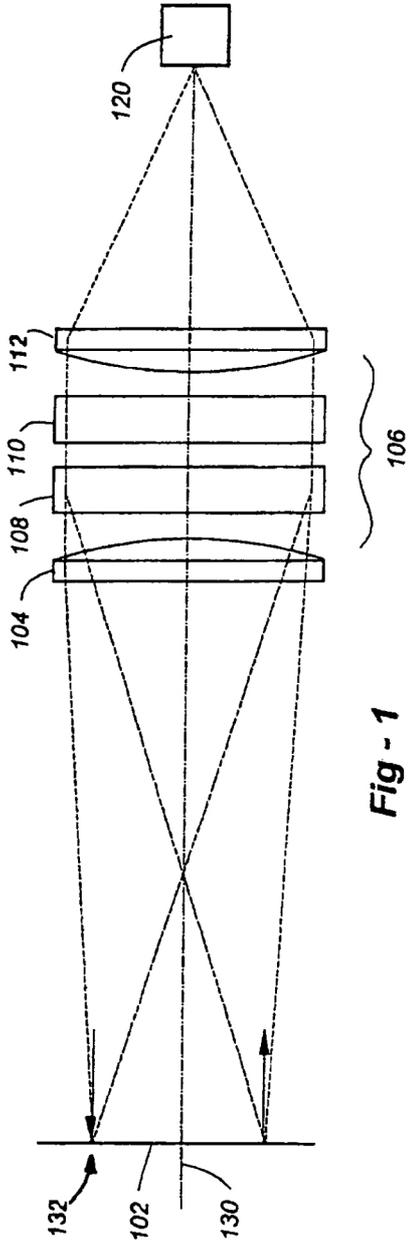
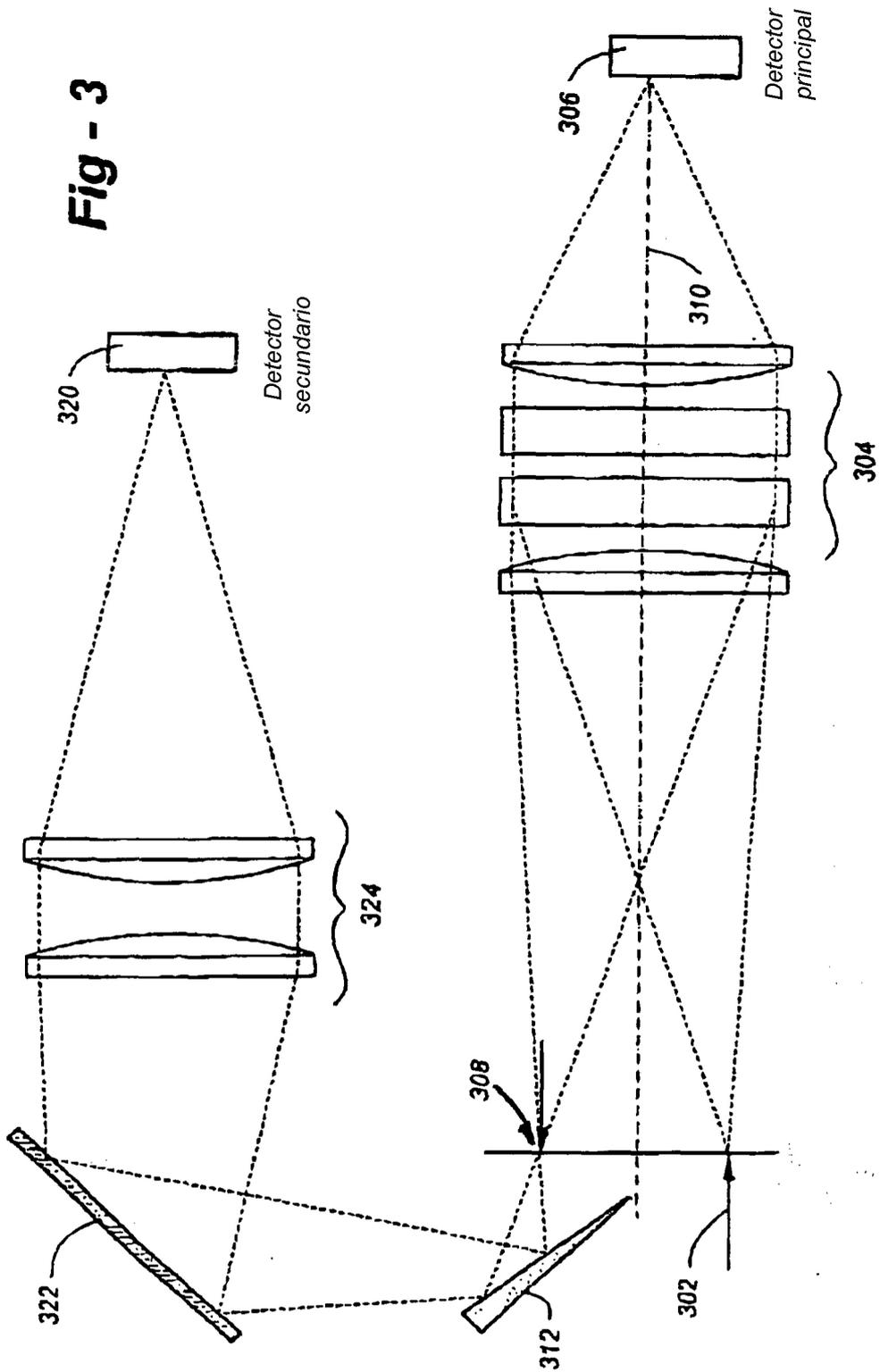
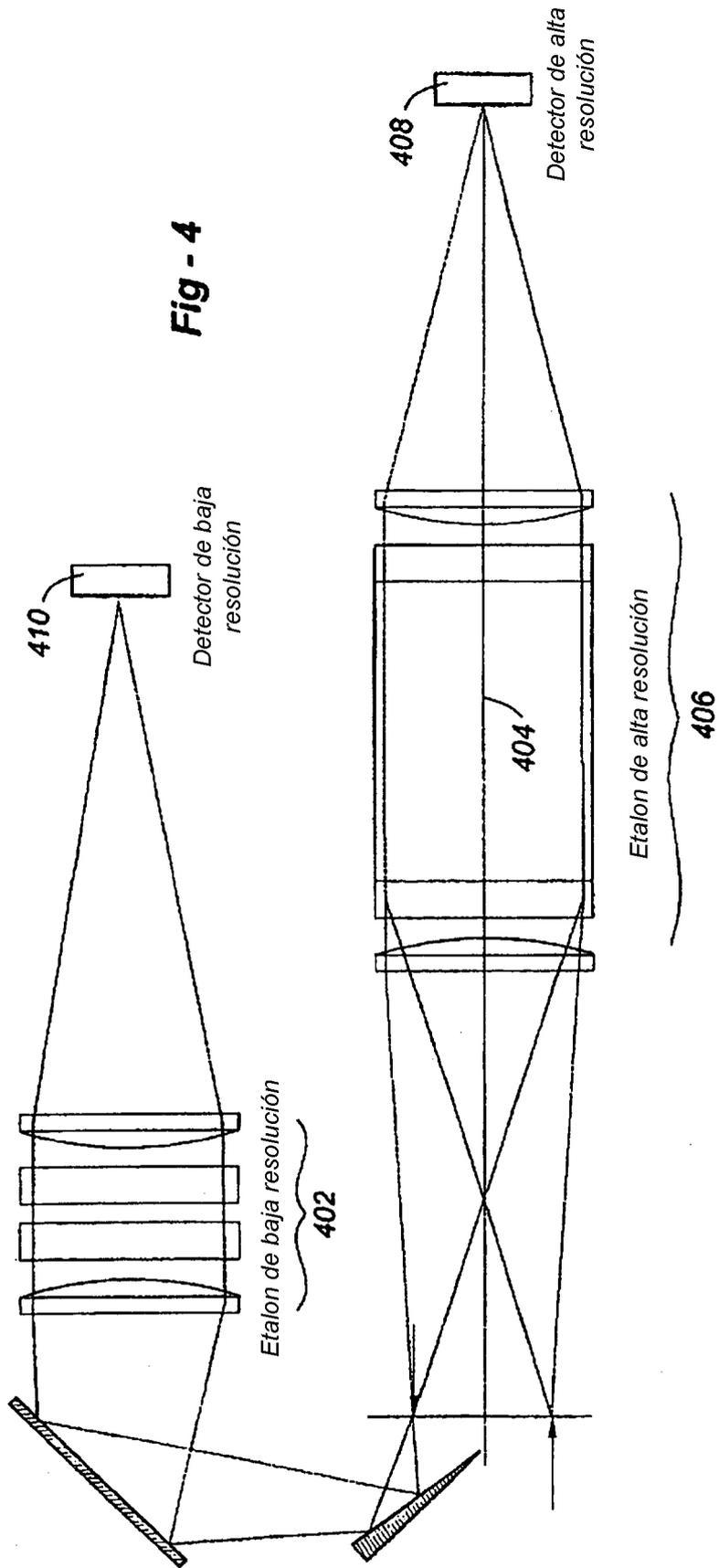
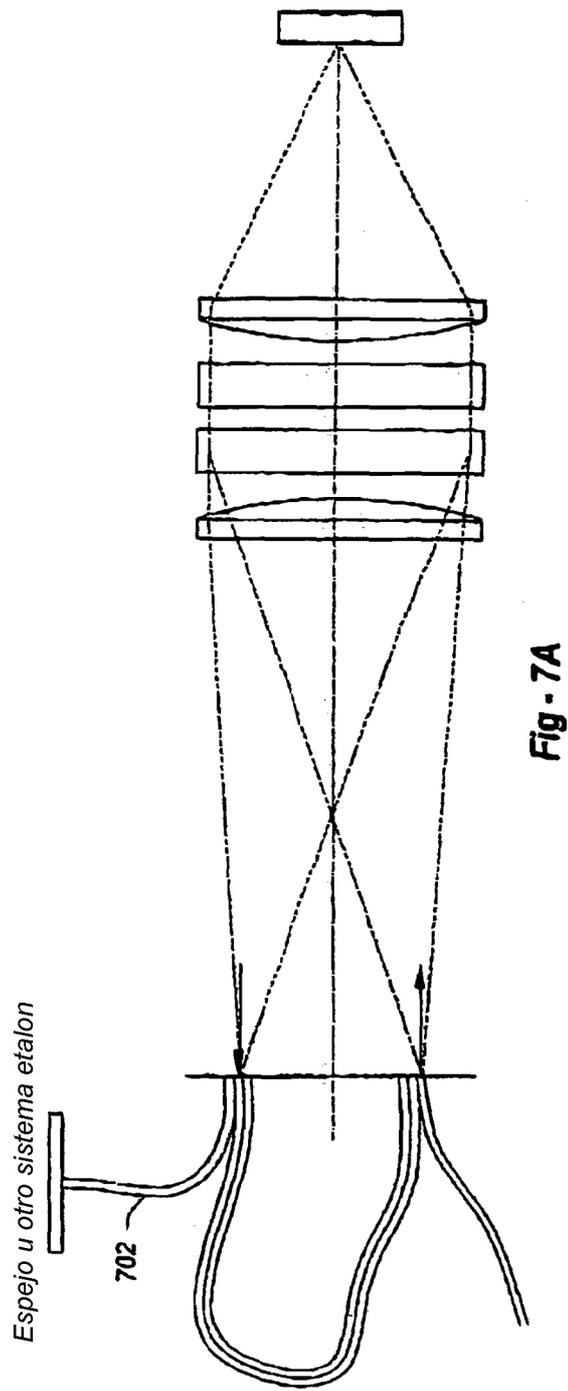
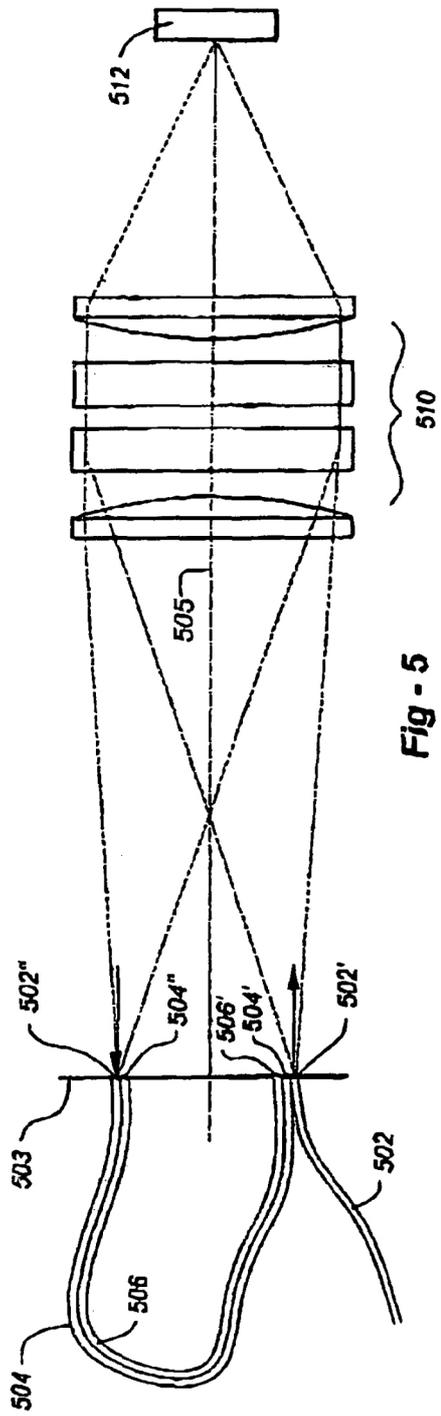


Fig - 3







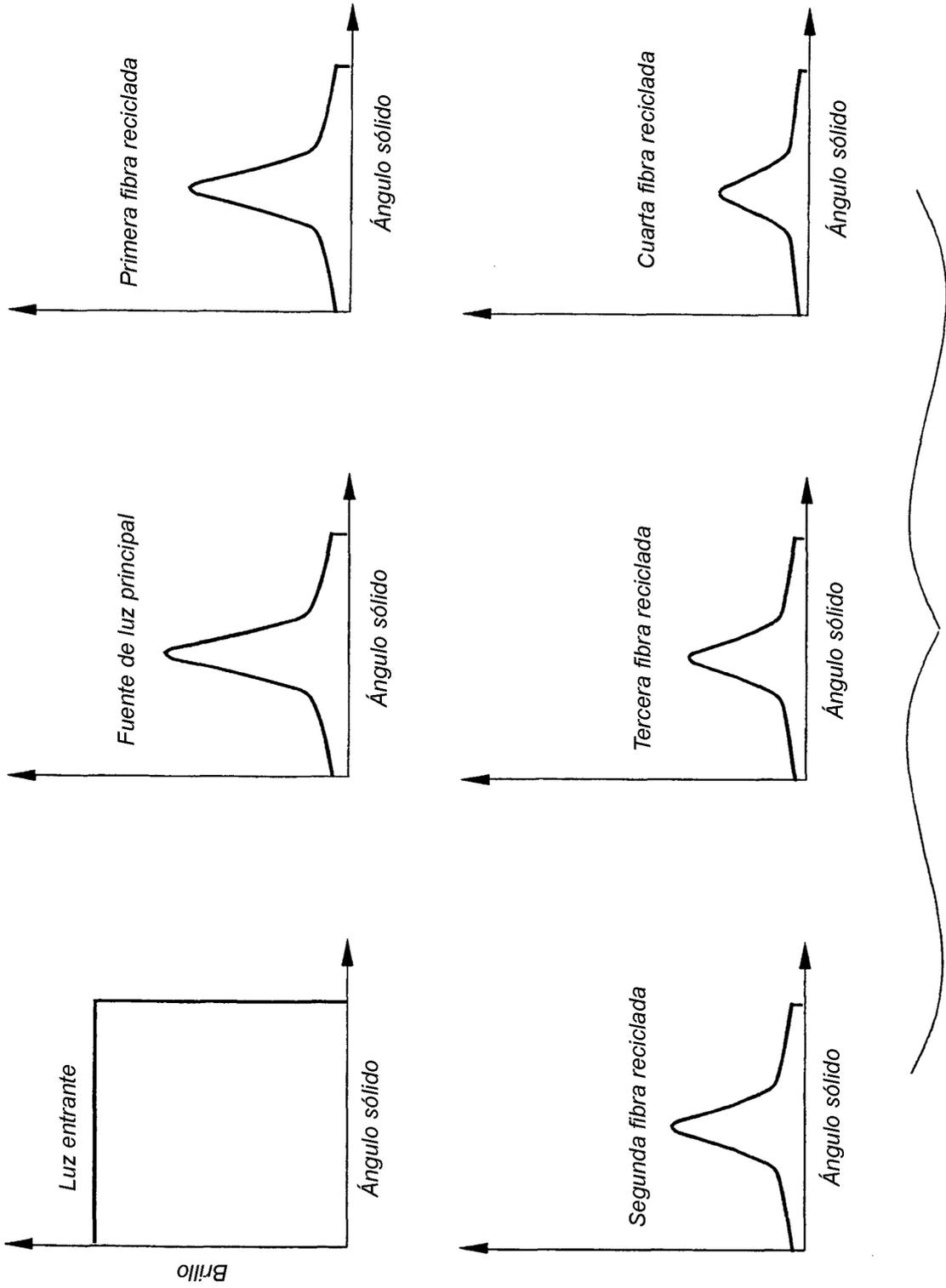


Fig - 6

