



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 407**

51 Int. Cl.:
H01S 3/23 (2006.01)
H01S 3/105 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04103952 .0**
96 Fecha de presentación : **18.08.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1511134**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2005**

54 Título: **Oscilador láser pulsado, de modo longitudinal simple, de frecuencia estabilizada, y método operativo correspondiente.**

30 Prioridad: **29.08.2003 IT MI03A1675**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2011

73 Titular/es: **CESI-Centro Elettrotecnico
Sperimentale Italiano Giacinto Motta S.p.A.
Via R. Rubattino, 54
20134 Milano, IT**

72 Inventor/es: **Nava, Enzo;
Trespidi, Franco y
Stucchi, Emanuele**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 361 407 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

Oscilador láser pulsado, de modo longitudinal simple, de frecuencia estabilizada, y método operativo correspondiente.

5 La presente invención se refiere a un oscilador láser pulsado que opera de modo transversal simple (STM) y un método operativo innovador para hacer esta función del oscilador de modo longitudinal simple (SLM) con una transmisión de frecuencia particularmente estable a lo largo del tiempo ($\pm 1\text{MHz rms}$).

10 Los osciladores láser actualmente conocidos son los que utilizan una barra en estado sólido como material activo (láser de estado sólido).

15 En estos osciladores láser la geometría del resonador es de gran importancia ya que es responsable de las características de salida del haz y de la eficiencia del oscilador láser. Las características geométricas y espectrales del rayo láser alcanzan los límites teóricos de los haces de Gauss si el oscilador láser oscila de modo longitudinal simple y de modo transversal simple.

20 En general, una cavidad resonante incluye un material activo que se encuentra entre dos espejos que forman la cavidad. La oscilación de pocos modos transversales y longitudinales se fuerza mediante la colocación de una abertura en el resonador que actúa como un filtro espacial; este filtro rechaza los modos de orden superior (que tienen un diámetro amplio) y deja pasar los modos de orden inferior, es decir, aquellos que tienen una sección transversal pequeña en relación con el material activo. El material activo consta de una barra en estado sólido, por ejemplo de sección circular, asociada al sistema de bombeo.

25 La oscilación de un modo longitudinal simple puede obtenerse mediante la utilización de un filtro óptico de paso de banda adecuado.

30 Otra técnica para obtener la oscilación de una cavidad de modo longitudinal simple consiste en inyectar dentro de la misma cavidad un rayo láser continuo procedente de una fuente de baja potencia. Esta fuente de láser continuo se llama láser de inyección; proporciona la referencia de frecuencia al sistema láser completo y la estabilidad de frecuencia del sistema completo se mide con relación a ella. La cavidad de pulsos se sintoniza con la frecuencia del láser de inyección moviendo uno de los espejos de la cavidad, por ejemplo mediante un transductor piezocerámico (comúnmente llamado piezocerámico).

35 De este modo la longitud de la cavidad puede realizarse exactamente como múltiplo entero de la longitud de onda del láser de inyección y puede obtenerse la emisión de pulsos láser de modo longitudinal simple.

40 Los usos de un oscilador láser de este tipo son considerables, en particular para mediciones espaciales remotas vinculadas tanto a la variación de la frecuencia emitida (como la que se produce en la medición de la velocidad del viento) como a la variación de la intensidad del láser transmitida (medida de la concentración de especies moleculares presentes en la atmósfera que realizan una absorción selectiva de la radiación láser sobre la base de su frecuencia).

45 En un oscilador láser pulsado del tipo descrito tiene que disponerse de un aparato de control para estabilizar la frecuencia del láser pulsado. Un aparato de control de este tipo se encuentra en la patente US 4918704 y prevé la utilización de un espejo de acoplamiento de la salida que tiene un perfil de reflexión parcial que es similar a la función matemática de Gauss.

50 La patente US 4410992 describe un oscilador láser pulsado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

A la vista del estado de la técnica descrita, el objetivo de la presente invención es producir un oscilador láser pulsado de modo longitudinal simple de frecuencia estable que opera de acuerdo con un método diferente de los conocidos hasta ahora.

55 Otro objetivo es producir un método operativo innovador para un oscilador láser pulsado de modo longitudinal simple.

De acuerdo con la presente invención, este objetivo se consigue mediante un método tal como se define en la reivindicación 1.

60 Las características y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de una realización de la misma, ilustrada como ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los que:

65 La figura 1 es una representación esquemática de un oscilador láser pulsado de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 es una representación esquemática de un dispositivo de control electrónico que forma parte del oscilador láser de la figura 1;

La figura 3 es una representación esquemática de una realización de un dispositivo adicional incluido en el

oscilador láser de la figura 1;

La figura 4 es una representación esquemática de una variante del dispositivo de la figura 3;

La figura 5 es una representación esquemática de otra variante del dispositivo de la figura 3.

5 Con referencia a la figura 1 se muestra un oscilador láser pulsado de acuerdo con una realización de la invención, que incluye una cavidad 1 resonante. La cavidad resonante consta de un primer espejo 3 fijo, un segundo espejo 4 móvil mediante un transductor piezocerámico o "piezocerámico" 5, un material 6 activo situado en un eje óptico entre los dos espejos y constituido por ejemplo por una barra de Nd:YAG, y un obturador 7 óptico, por ejemplo una célula Pockels, situada a lo largo del citado eje óptico entre el material 6 activo y el segundo espejo 4. El material 6 activo está asociado a un aparato 8 de bombeo diodo, alimentado por un alimentador 10 adecuado, que se adapta para energizar el material 6 activo con el fin de excitarle para emitir radiación láser; el obturador 7 óptico se activa a su vez mediante un dispositivo 11 de accionamiento.

15 Una fuente 20 láser continua de baja potencia, también llamada láser de inyección o láser de onda continua (CW), fuera de la cavidad 1, inyecta un rayo láser continuo de frecuencia simple mediante el espejo 4 dentro de la cavidad 1. Como el espejo 4 para la entrada del láser continuo también se utiliza para la salida del rayo (Out) láser pulsado de la cavidad 1, se utiliza un aislador 21 Faraday para separar el rayo láser continuo en la cavidad 1 del rayo láser pulsado en la salida de la misma cavidad 1. Los dos espejos 3 y 4, el material 6 activo y el obturador 7 óptico están alineados entre sí y la distancia entre los dos espejos 3 y 4 constituye la longitud de la cavidad 1. En el caso en que la cavidad sea en forma de anillo, el espejo de entrada de la inyección y el espejo de salida de la radiación de pulsos láser coinciden y la inyección y las bandas de pulsos de salida están separadas formando un ángulo. Los dos sentidos de circulación del haz de inyección y del haz de pulsos coinciden (tanto en el sentido de las agujas del reloj, o bien en el sentido contrario a las agujas del reloj).

25 El dispositivo 11 de accionamiento mantiene el obturador 7 óptico cerrado durante la fase de bombeo del material 6 activo, por lo general alrededor de 150-200µs, y vuelve a abrirlo de inmediato después de producir el crecimiento de la radiación pulsada, produciendo de este modo el llamado Q-switch.

30 La inyección del rayo láser continuo que viene de la fuente 20 continua dentro de la cavidad 1 también después de la fase de bombeo; dicha radiación se detecta mediante un fotodiodo 30 situado fuera de la cavidad 1 a lo largo del eje óptico de la misma y cerca del espejo 3; la señal procedente del fotodiodo 30 se mide entonces mediante un dispositivo 50 de control electrónico, que a través de un amplificador 51 controla adecuadamente el piezocerámico 5 para variar la longitud de la cavidad 1 resonante. El fotodiodo 30, el dispositivo 50 de control electrónico, el amplificador 51 y el piezocerámico 5 constituyen el sistema 2 de control de la longitud de la cavidad resonante.

35 La cavidad 1 resonante se utiliza como un interferómetro de Fabry Perot (FP) y la transmisión del rayo láser inyectado en la propia cavidad 1 en el periodo de tiempo T entre dos pulsos de láser sucesivos se monitoriza continuamente. La acción de control de la cavidad 1 se obtiene mediante la modulación de la longitud de la misma cavidad gracias a la señal de mando enviada por el dispositivo 50 al piezocerámico 5 acoplado al espejo 4 y observando la respuesta del fotodiodo 30 a la señal enviada; con mayor precisión la longitud de la cavidad 1 se modula para permitir la identificación, con la precisión requerida, de la posición del pico de la transmisión del interferómetro detectado con el fotodiodo 30.

45 Por lo tanto la acción de control consta de una fase de búsqueda del pico de la transmisión de la radiación continua en la cavidad 1 llevada a cabo mediante la búsqueda del pico de la señal detectada por el fotodiodo 30, y la determinación de su posición. Para este objetivo el dispositivo 50 de control electrónico incluye un sistema 61 de búsqueda (figura 2) y un sistema 62 de memorización. Sobre la base del resultado de la búsqueda el dispositivo 50 electrónico hace una previsión para posicionar el espejo 4 mediante el envío de una señal adecuada al amplificador 51, y luego al piezocerámico 5, mediante el sistema 63 de control.

50 Las formas de onda de la señal enviada al piezocerámico 5 en la fase de búsqueda puede ser de varios tipos. Puede utilizarse tanto una modulación sinusoidal y de simple o doble pendiente como una en diente de sierra. Las formas de onda utilizadas para escanear se generan ya convenientemente filtradas para tener una banda reducida, compatible con los tiempos de respuesta del piezocerámico 5, con el fin de evitarle perturbaciones y la consiguiente activación de resonancias mecánicas que, aunque amortiguadas, reducen las prestaciones del sistema.

55 Además, con el fin de compensar el efecto de histéresis del piezocerámico 5, para definir la posición óptima, es recomendable utilizar las medidas obtenidas moviendo el piezocerámico 5 en la misma dirección que el movimiento utilizado para la fase de colocación. En realidad las medidas obtenidas en direcciones opuestas, si están convenientemente filtradas de las histéresis, pueden proporcionar también indicaciones útiles sobre la posición óptima del piezocerámico 5.

60 Al final de la fase de búsqueda hay una fase de procesamiento, de nuevo mediante el dispositivo 50 electrónico, de las medidas para identificar la posición del piezocerámico que corresponde a la máxima transmisión de energía de la cavidad 1 en el fotodiodo 30. En este punto está la fase de posicionamiento, en la que el sistema 63 de control facilita al piezocerámico 5 el control para el movimiento correspondiente del espejo 4; de esta manera la longitud de la cavidad 1 se regula de acuerdo con la posición del pico de la transmisión detectado por el fotodiodo 30. Dicho posicionamiento del espejo 4 ocurre antes de la producción del próximo pulso (fase de posicionamiento).

65

El control de la longitud de la cavidad no puede realizarse con continuidad ya que durante la emisión de pulso láser no es posible llevar a cabo la medición de la longitud de la cavidad. El fotodiodo 30, de hecho, permanece "ciego" durante la emisión d pulso láser debido a la alta intensidad luminosa del propio pulso. Incluso después del final del pulso láser, para un intervalo de tiempo dado el fotodiodo 30 no puede operar para permitir la salida de la saturación del preamplificador asociado a él. Por esta razón es necesario deshabilitar el sistema 2 de control justo antes de la acción de bombeo del material 6 activo y volver a habilitarlo después del final del pulso. Durante esta fase el espejo móvil se lleva a la posición óptima determinada durante la fase de escaneo y se deja en esta posición hasta la producción del pulso. Durante la producción del pulso láser el sistema 2 de control está abierto, de esta manera todo lo que ocurre durante el pulso láser no altera la longitud del resonador preestablecida por el sistema de control. De hecho, antes del pulso láser están presentes varias fuentes de perturbación causadas por las señales de control del obturador 7 óptico y por el frente de onda de los pulsos de corriente que alimentan los diodos 8 de bombeo, perturbaciones que pueden influir en el correcto funcionamiento del aparato 2 de control. Al final del pulso el control se vuelve a activar. Debido a las vibraciones y a los ruidos acústicos que pueden modificar la longitud del camino óptico lo mejor es que el tiempo que transcurre entre la fase de búsqueda y la fase de posicionamiento sea lo más corto posible. Esto es para evitar longitudes diferentes de la cavidad entre el instante de la medición y el instante del posicionamiento. El retraso es determinado tanto por los tiempos de procesamiento como por los tiempos que necesita el piezocerámico 5 para pasar a la posición ordenada.

La amplitud de escaneado del interferómetro en la fase de búsqueda se puede modificar mientras está funcionando con el fin de mejorar la sensibilidad con la que se lleva a cabo el control. De esta manera, una vez que se ha detectado la posición de la transmisión del pico, la amplitud de la búsqueda de barrido, que tiene que ser igual a por lo menos un Rango Espectral Libre (FSR), es conveniente reducir en todo la posición del pico de transmisión. La reducción puede suceder progresiva o instantáneamente con el fin de alcanzar un valor mínimo llamado amplitud del barrido de cierre. Si por alguna perturbación muy intensa la transmisión pico debe salir del campo del barrido de cierre, el programa de control, que detecta la ausencia del pico, interviene restableciendo la amplitud del barrido de búsqueda hasta un valor máximo y tomando como pico útil (si hubiera más de uno) el más cercano al centro del barrido. La misma acción se toma si la posición del pico de transmisión se encuentra en los extremos del recorrido del piezocerámico 5; el nuevo barrido de búsqueda se lleva a cabo empezando desde la posición central del recorrido del piezocerámico 5. De esta manera es posible utilizar un campo muy limitado de los movimientos del piezocerámico que permite utilizar un actuador con recorrido reducido. Un límite de cierre igual a $\pm 1\text{FSR}$ se puede definir de modo que, si el pico se libera porque ha alcanzado los bordes del límite de cierre, el nuevo barrido de búsqueda encontrará el nuevo pico de transmisión cerca del centro del barrido operado por el piezocerámico. El "seguimiento" del barrido de cierre a la posición del pico de transmisión puede hacerse cuando las fluctuaciones de la posición del pico de transmisión son pequeñas en comparación con el movimiento producido por el barrido de cierre. Si no ocurriera esto el barrido de cierre empezaría a fluctuar para mantenerse él mismo centrado en la transmisión del pico generando inestabilidades y oscilaciones en el sistema de control. Para evitar estas inestabilidades el barrido de cierre se mueve mediante solapamiento una compensación que persigue en tiempo la posición del pico de transmisión. De esta manera el barrido del piezocerámico es simétrico en relación a la posición del pico del interferómetro. El valor óptimo de compensación se determina sobre la base de las mediciones de la posición de los picos previamente detectados y ejecución de los medios adecuados e interpolaciones. El peso con el que cada medida entra en la evaluación de la compensación se fija de acuerdo con la amplitud de las variaciones de la posición del pico de transmisión. El mismo procedimiento puede seguirse también en la fase de unión entre el barrido de búsqueda y el barrido de cierre.

El método de control de la cavidad 1 láser se lleva a cabo en un período de tiempo T que transcurre entre dos pulsos sucesivos. Este tiempo T puede dividirse en N períodos de tiempo T1 que no son necesariamente iguales entre sí. Los primeros períodos N-1 de tiempo T1 se utilizan para llevar a cabo el barrido de la cavidad incluso varias veces con el fin de medir cualquier fluctuación de la longitud de la cavidad (fase de búsqueda). El último período de tiempo T1 se utiliza para posicionar el espejo de la cavidad 4 antes de generar el pulso láser (fase de posicionamiento).

El cálculo de la posición óptima de la cavidad se puede llevar a cabo de varias maneras. El método más simple consiste en considerar como posición óptima del piezocerámico la que se corresponde con el último pico de transmisión medido. Otro método consiste en extrapolar la posición óptima utilizando un peso promedio adecuado de las últimas posiciones del pico de transmisión medido durante los barridos de la fase de búsqueda.

El control de la longitud de la cavidad resonante operada por el aparato de acuerdo con la invención es un control del tipo predictivo, es decir capaz de identificación anterior de la que será la posición óptima del espejo de la cavidad 4 que generará un pulso de modo longitudinal simple.

Sin embargo, el camino óptico de la radiación láser dentro de la cavidad 1 puede cambiar todavía por efecto de las oscilaciones térmicas que ocurren durante la fase de posicionamiento. Dichos cambios de temperatura son debidos, por ejemplo, al calor generado por el bombeo del material 6 activo por los diodos 8. Estas fluctuaciones de la longitud de la cavidad son sistemáticas y pueden compensarse por la adición de una adecuada compensación al mando del piezocerámico. A través de la degradación de los funcionamientos de los diodos con el tiempo (disminución de la emisión a igual energía en la entrada) el valor de la compensación que se añade al mando del piezocerámico puede variar de manera impredecible, por lo tanto el sistema láser necesita un dispositivo 100 de control adicional que permite la eliminación de los cambios en la cavidad 1 causados por dichas variaciones de las

características de los componentes que se producen con el tiempo. Dicho dispositivo de control utiliza un fotodiodo o un sensor 1 óptico y opera de esta manera: procesa la señal óptica que viene del láser pulsado por medio de un dispositivo 102 de proceso, se verifica la operación eficaz de modo longitudinal simple de nuevo mediante el dispositivo 102, evalúa el movimiento de la frecuencia de transmisión del láser pulsado en relación a la frecuencia requerida de nuevo con el dispositivo 102, y, si es necesario, corrige la posición del espejo 4 por medio de un comando adecuado al piezocerámico 5 para obtener de nuevo el funcionamiento de modo longitudinal simple y recuperar dicho movimiento en la frecuencia.

El dispositivo 100 de control puede operar de acuerdo con varios métodos de acuerdo a las variantes de la realización de la invención.

Un primer método de acuerdo con la realización de la invención se basa en la medición de la señal de pulsación generada por la presencia de varios modos láser. Mediante el fotodiodo 101 la radiación de láser pulsado (Out) se detecta y se mide periódicamente mediante el dispositivo 102 para verificar la presencia de un pulso entre dos modos adyacentes de la cavidad 1. Este procedimiento se lleva a cabo mediante el aumento, entre un pulso láser y el siguiente, en una cantidad D (mucho menos que el movimiento equivalente a 1 FSR) la longitud de la cavidad. De esta manera mientras que D pasa de 0 al movimiento equivalente por lo menos a 2 FSR es posible comprender cuando el funcionamiento del láser pasa del modo simple al multimodo. El valor óptimo del movimiento D vendrá dado por el que anula la amplitud de la pulsación entre los dos modos adyacentes; como existe un intervalo bastante amplio de movimientos que anulan la pulsación en general, el valor óptimo se puede obtener como el central entre dos picos de pulsación.

Más concretamente el fotodiodo 101 detecta la presencia una posible pulsación entre los modos adyacentes de la radiación de láser pulsado (Out); la señal F procedente del fotodiodo 101 se envía al dispositivo 102 que comprende, como se puede ver en la figura 3, un amplificador 103 y un filtro 104 para amplificar y filtrar con una banda centrada en torno al valor de FSR, el valor de la frecuencia a la que la pulsación de los modos adyacentes se produce, dicha señal F, un rectificador 105 seguido de un integrador 106 mide la amplitud de la pulsación y un dispositivo 107 proporciona las señales P que necesita el piezocerámico 5 entre un pulso y el siguiente, para producir los movimientos D necesarios para cubrir 2 FSR. El propósito del uso del filtro 104, del rectificador 105 y del integrador 106 es detectar la portadora generada por la pulsación a la frecuencia del FSR; cualquier otro tipo de desmodulación se puede utilizar para llevar a cabo esta operación. Al final del barrido el valor óptimo del movimiento D (que tendrá que ser utilizado por el sistema de control) es el que anula la amplitud de la pulsación; un dispositivo 108 identifica el movimiento óptimo D y controla el piezocerámico 5 con dicho movimiento óptimo añadiendo este valor al algoritmo de control en forma de compensación.

Un segundo método de acuerdo con una variante de la realización de la invención se basa en la medición directa de la frecuencia óptica con un heterodino técnico. Una parte de la señal que viene de la radiación del láser pulsado (Out) de la cavidad 1 se hace para pulsar con una señal obtenida mediante modulación de frecuencia (por ejemplo con un modulador 200 acústico-óptico) una parte del haz de inyección procedente de la fuente 20 del láser continuo, como puede verse en la figura 4. La señal obtenida de esta manera se detecta mediante el fotodiodo 101 cuya señal F en la salida se envía al dispositivo 102 que comprende un amplificador 201 y un filtro 202 para amplificar y filtrar la señal F. Un dispositivo 203 adicional mide la frecuencia pulsante de la señal F en cada pulso individual.

El valor de la frecuencia permite una medición absoluta de la diferencia en la frecuencia entre el pulso del láser y del inyector que se obtenga. Sobre la base de esta información un dispositivo 204 es adecuado para ordenar al piezocerámico 5 a regular el movimiento de la longitud de la cavidad 1 hasta que el error se anula.

Un tercer método de acuerdo con una variante de la realización de la invención consiste en el envío de una parte de la radiación del láser pulsado (Out), hecho adecuadamente divergente, a través de un Etalón 301 (figura 5) y la medición de las franjas de interferencia con un sistema 302 lineal adecuado de sensores 101 fotosensibles. A partir del análisis de las franjas de interferencia hecho mediante el dispositivo 102 que comprende un analizador 303 es posible establecer si el pulso láser es de modo simple o multimodo y la diferencia en la frecuencia entre el láser pulsado y la inyección láser. Aplicando el barrido para encontrar el valor óptimo del movimiento D en el primer método, puede establecerse cual es la posición en la que el pulso emitido es de modo simple.

Los tres métodos ilustrados también pueden utilizarse al mismo tiempo para mejorar el resultado de la compensación del desplazamiento.

REIVINDICACIONES

1. Método operativo de un oscilador láser pulsado de modo longitudinal simple de frecuencia estabilizada, oscilador láser que comprende una cavidad (1) resonante incluyendo un material (6) activo situado en un eje óptico entre al menos dos espejos (3, 4),
comprendiendo dicho método:

la iluminación de dicho material (6) activo con un rayo láser continuo viene del sistema (20) fuera de la cavidad (1) resonante para realizar la operación del oscilador láser de modo longitudinal simple, la energización de dicho material (6) activo para estimularlo a emitir una radiación de láser pulsado formado por una sucesión de pulsos láser de salida (Out) dirigidos hacia uno (4) de dichos espejos (3, 4) y saliendo de la cavidad (1) resonante a través del citado espejo (4),
comprendiendo dicho método los siguientes pasos:

modulación de la longitud de la cavidad (1) resonante en una fase de búsqueda del pico de transmisión de dicho rayo láser continuo por dicha cavidad (1) resonante en un periodo de tiempo (T) entre la generación de un pulso de dicha sucesión de pulsos y la del pulso siguiente,
comprendiendo dicha fase de búsqueda la detección de dicho rayo láser continuo transmitido por la cavidad (1) resonante a través del otro (3) de dichos espejos (3, 4) de la cavidad, la medición de una señal que corresponde al rayo láser continuo detectado, la memorización de dicha medida y la transmisión de una señal de mando al transductor (5) piezocerámico para el movimiento de por lo menos el citado espejo (4),
procesamiento de las mediciones y selección de la posición de por lo menos el citado espejo (4) que corresponde al pico de transmisión detectado de la cavidad (1) resonante durante la fase de búsqueda, teniendo lugar dicho procesamiento antes de una fase de posicionamiento,
una fase de posicionamiento de por lo menos el citado espejo (4) para el control de la longitud de la cavidad (1) resonante en respuesta a la información que se deriva de dicha fase de búsqueda, dicha fase de posicionamiento que comprende el movimiento de por lo menos el citado espejo (4) variar la longitud de la cavidad (1) resonante asumir la posición seleccionada correspondiente para detectar el pico de transmisión de la cavidad (1) resonante,

caracterizado porque

sólo las medidas obtenidas en dicha fase de búsqueda por el movimiento del transductor (5) piezocerámico en la misma dirección que el movimiento utilizado en la fase de posicionamiento se utilizan para dicha selección de la posición de por lo menos el citado espejo (4) que corresponde al pico de transmisión detectado de la cavidad (1) resonante.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende la verificación de la operación de modo longitudinal simple y la evaluación del movimiento en la frecuencia de la radiación de láser pulsado y la corrección de la posición de dicho espejo (4) en respuesta a los resultados obtenidos.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** comprende la detección de una pulsación entre modos adyacentes de la radiación (Out) láser pulsado en la salida de la citada cavidad (1) resonante, la medición de la amplitud de dicha pulsación, y el control del citado piezocerámico (5) para producir movimientos (D) de por lo menos uno de los citados espejos (4) con el fin de cubrir un campo determinado del espectro (2 FSR), la corrección de la posición del citado espejo (4) que incluye la selección del movimiento óptimo (D) que corresponde a la amplitud mínima de la pulsación o a la posición central entre dos picos de pulsación y el control de dicho piezocerámico (5) para llevar a cabo el citado movimiento óptimo.

4. Método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** comprende la detección de una pulsación entre una parte de la radiación láser pulsado (Out) en la salida de la citada cavidad (1) resonante y una parte modulada en la frecuencia de dicha radiación de láser continua y la medida de la frecuencia de dicha pulsación, la corrección de la posición de dicho espejo (4) que comprende la determinación del movimiento (D) óptimo del citado espejo (4) sobre la base de la diferencia entre las citadas medidas de frecuencia y la frecuencia de la radiación continua y el control del citado piezocerámico (5) para llevar a cabo dicho movimiento óptimo.

5. Método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** comprende la detección de las franjas de interferencia de una parte de la radiación pulsada (Out) en la salida de la cavidad (1) resonante, que se hace pasar a través de un Etalón, el análisis de dichas interferencias, la verificación de que la señal analizada es una señal multimodo, la detección de una pulsación entre modos adyacentes de dicha señal multimodo, la medición de la amplitud de dicha señal, y el control del citado piezocerámico (5) para producir movimientos (D) de dicho espejo (4) con el fin de cubrir un determinado campo espectral (FSR), la corrección de la posición de dicho espejo (4) que comprende la selección del movimiento (D) óptimo que corresponde a la mínima amplitud de la pulsación y el control de dicho piezocerámico (5) para llevar a cabo dicho movimiento óptimo.

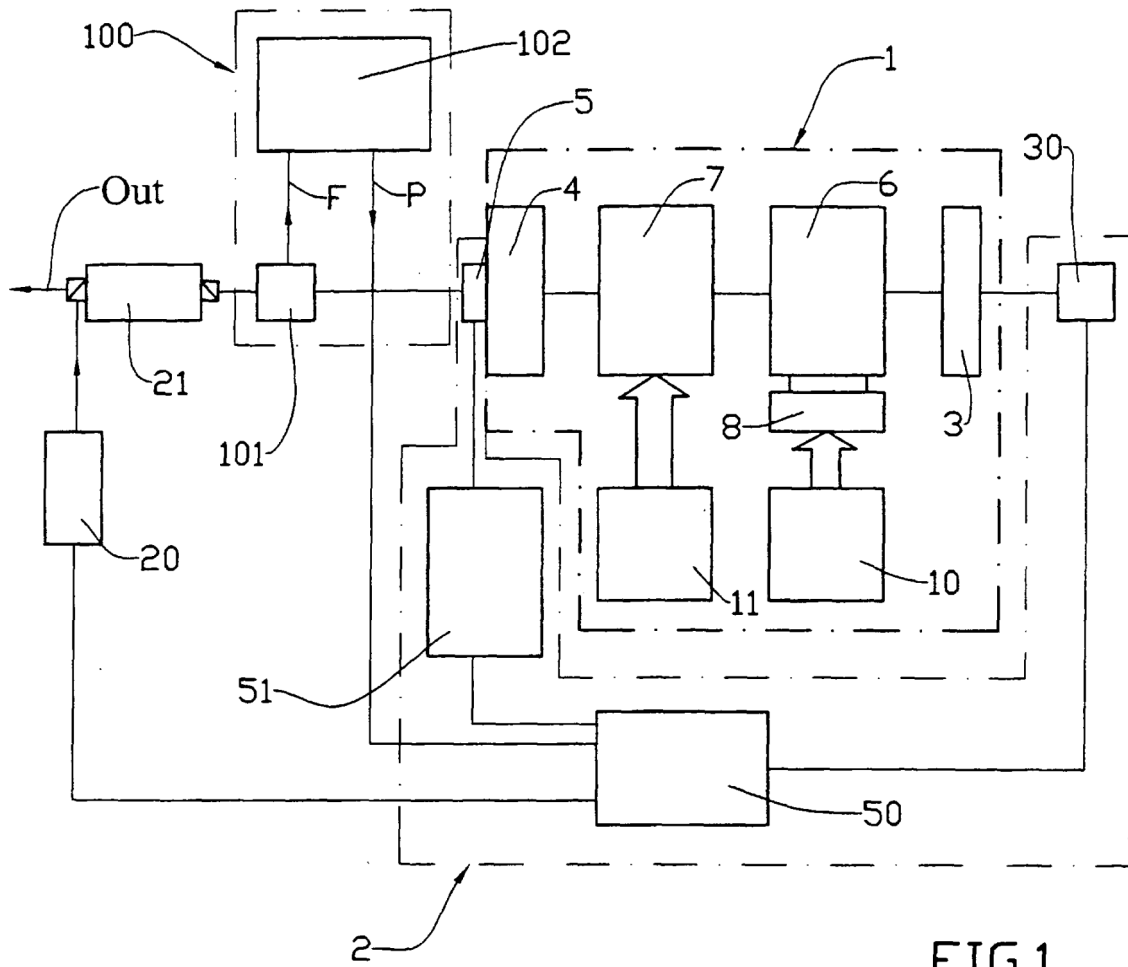


FIG.1

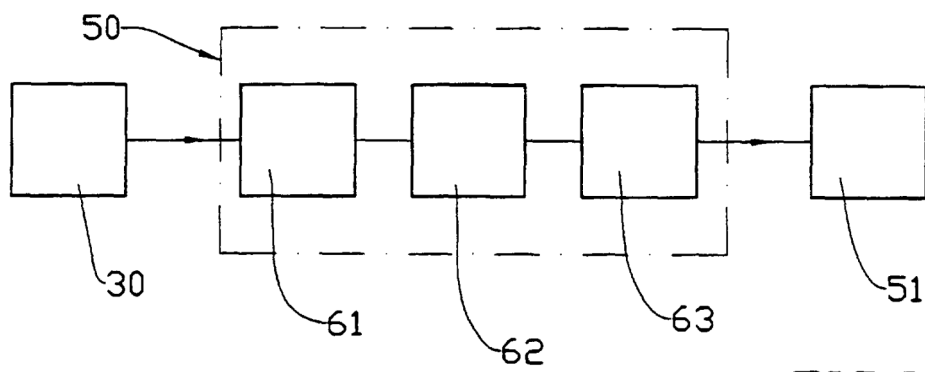


FIG.2

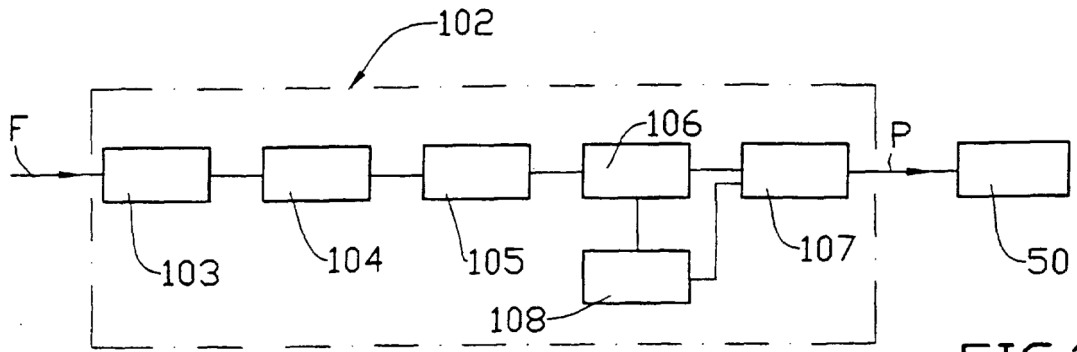


FIG.3

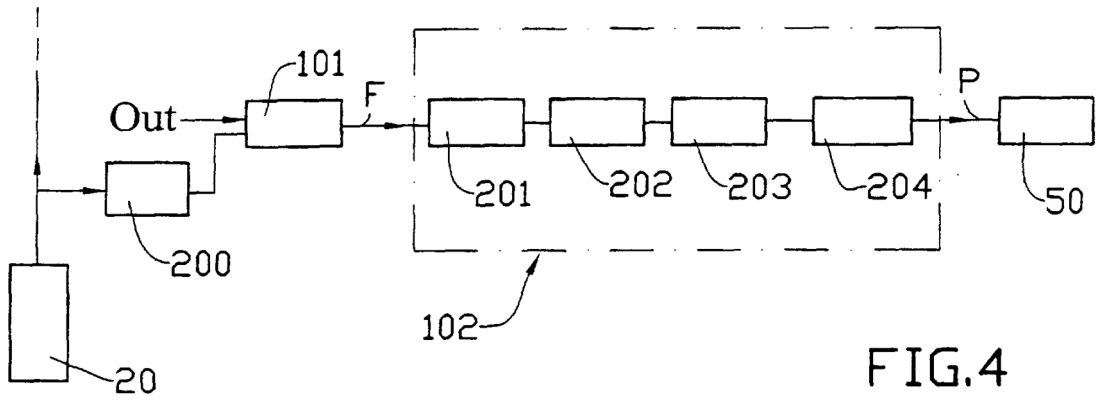


FIG.4

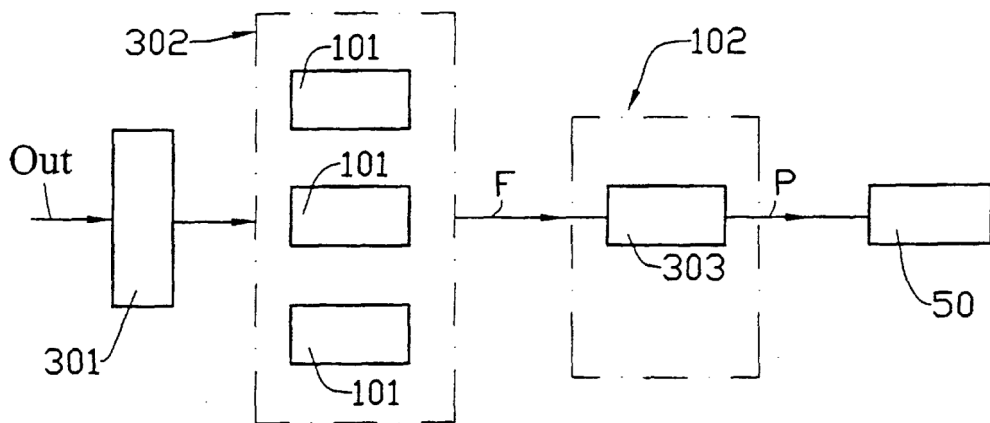


FIG.5