

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 112**

51 Int. Cl.:

G01N 21/39 (2006.01)

G01N 21/35 (2014.01)

G02F 1/39 (2006.01)

H01S 3/108 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2005 PCT/GB2005/004553**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2017 WO06061567**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2005 E 05809354 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 1839032**

54 Título: **Un generador de imágenes**

30 Prioridad:

06.12.2004 GB 0426662

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2017

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY
OF ST. ANDREWS (100.0%)
College Gate, North Street, St. Andrews
Fife KY16 9AJ, GB**

72 Inventor/es:

**STOTHARD, DAVID J.M.;
DUNN, MALCOLM HARRY y
RAE, CAMERON FRANCIS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 643 112 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

Un generador de imágenes

- 5 La presente invención se refiere a un generador de imágenes de absorción de retrodispersión, y en particular, a un generador de imágenes de gas de absorción de retrodispersión portátil.

Antecedentes de la invención

- 10 La formación de imágenes de gas de absorción de retrodispersión (BAGI) es una técnica poderosa para obtener imágenes de especies gaseosas que son transparentes en la banda de longitud de onda visible. Las cámaras de gas de absorción de retrodispersión incluyen, por lo general, una fuente de luz espectralmente pura que está sintonizada en una característica de absorción del gas a detectar, y un detector para detectar la luz dispersada desde un área diana. El detector puede ser una cámara o algún otro dispositivo de imagen para la visualización de una imagen del
15 área diana. Durante su uso, el área diana se ilumina con luz espectralmente pura y el detector se sitúa para detectar cualquier luz que se retrodispersa. Si no está presente ningún gas, la luz se retrodispersa desde la diana y se recoge por el detector. En este caso, se muestra una imagen clara de la escena diana. En cambio, si el gas está presente, entonces va a absorber la luz y un área oscura correspondiente al gas aparecerá en la imagen. De esta manera, se proporciona un medio visual simple y eficaz para la detección de gas.

- 20 La aplicación de BAGI en la detección de hidrocarburos y, en particular, de metano depende de la disponibilidad de una fuente óptica que produce luz en la banda del infrarrojo medio particularmente en el intervalo de longitud de onda de 2-6 micrómetros, donde estos gases exhiben fuertes líneas de absorción. La anchura de línea de absorción asociada con características de absorción discretas en un gas como el metano es normalmente del orden de ~1GHz debido a la expansión Doppler a bajas presiones. A medida que la presión se aumenta a la presión de aire normal, la anchura de línea aumenta a ~5GHz debido la expansión de presión. Para detectar una sola característica de absorción lineal de este tipo con eficacia, es por tanto necesario utilizar una fuente óptica que presenta una anchura de línea espectral comparable o menor que esta última figura. Actualmente, no hay láseres que operen en el
25 intervalo de longitud de onda requerida y que tengan una capacidad de anchura de línea y capacidad de sintonización adecuadas, mientras emiten una potencia suficiente para su uso práctico en las imágenes de gas de absorción de retrodispersión. Por lo tanto, se emplean osciladores paramétricos ópticos (OPO) con el fin de convertir la longitud de onda de un láser de bombeo matriz que opera a una longitud de onda que es más corta que la requerida, en la banda espectral de interés, es decir, frecuencia de conversión descendente. Los osciladores paramétricos ópticos incluyen un medio no lineal que se puede operar para generar una señal y una onda libre en respuesta a su estímulo con una fuente de ondas de bombeo láser. En los OPO convencionales, la fuente de ondas de bombeo reside en una cavidad óptica separada a la del medio no lineal. Estos se conocen como OPO fuera de cavidad.

- 40 El estado actual de la técnica en la aplicación de OPO a BAGI se ha desarrollado por un grupo de investigación estadounidense con base en Sandia National Laboratories (SNL). Este grupo ha publicado numerosos trabajos en este campo, tales como "Backscatter Absorption Gas Imaging – a New Technique for Gas Visualization" por T.G. McRae, y T.J. Kulp, *Óptica Aplicada*, 1993. 32(21): pp. 4037-4050; "Development of a pulsed backscatter-absorption as-imaging system and its application to the visualization of natural gas leaks" por T.J. Kulp *et al.*, *Óptica Aplicada*, 1998. 37(18): pp. 3912 -3922; "Active infrared imagers visualize gas leaks" por T.J. Kulp y T. McRae, *Laser Focus World*, 1996. 32(6): pág. 211; "Portable laser based imager offers efficient hydrocarbon detection" por T.J. Kulp *et al.*, *Laser Focus World*, 1004. 40(3): pág. 93 -; y "Demonstration of differential backscatter absorption gas imaging" por Powers, P.E. *et al.*, *Óptica Aplicada*, 2000. 39(9): pp. 1440-1448. En general, el grupo SNL ha empleado tanto OPO de onda continua como pulsada para la fuente de iluminación y cámaras de matriz de plano focal y escáneres de rastreo para el sistema de formación de imágenes. Aunque se han reportado resultados impresionantes en términos del límite de detección más bajo como del alcance diana, la tecnología desarrollada en Sandia National Laboratories se caracteriza por altos costes de los componentes, alta complejidad del sistema, requisitos de alimentación prohibitivos y diseños voluminosos. Tales cuestiones imparten serias dudas sobre la posibilidad de desarrollar tales sistemas en dispositivos ambulatorios verdaderamente portátiles adecuados para su uso en campo.

- 55 Otra técnica BAGI basada en OPO se describe en "Hyperspectral imaging of gases with a continuous-wave pump-enhanced optical parametric oscillator" por D.J.M. Stothard, M.H. Dunn, y C.F. Rae, *Óptica Rápida*, 2004. 12(5): pp. 947-955. Esta disposición utiliza un OPO de onda continua mejorada de bombeo. Aunque esta disposición proporciona un medio eficaz para la detección de gas, los requisitos ópticos son tales que el dispositivo es difícil de hacer totalmente portátil. Claramente, esto es una desventaja significativa.

- 60 Un objeto de la presente invención es proporcionar un detector/generador de imágenes absorción de retrodispersión mejorado.

Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un generador de imágenes de absorción de retrodispersión como se especifica en la reivindicación 1. Algunas características preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Preferentemente, el generador de imágenes incluye medios para visualizar la salida del detector en forma de una imagen de la escena bajo vigilancia en la que, por ejemplo, un gas se hace visible.

El generador de imágenes de la presente invención tiene un dispositivo paramétrico óptico para generar la radiación de detección con un medio de amplificación de láser y un cristal de conversión de frecuencia no lineal en la misma cavidad óptica. Esto se conoce como un OPO dentro de cavidad. A pesar de que previamente no se ha informado en la técnica, los inventores han reconocido que los OPO dentro de cavidad ofrecen anchuras de línea adecuadamente estrechas con estabilidad de frecuencia adecuada para la formación de imágenes, incluyendo imágenes de gas de hidrocarburo. Mediante el uso de un OPO dentro de cavidad, es posible aprovechar el alto campo circulante disponible dentro de cavidad láser para llevar el OPO por encima del umbral para una eficaz conversión descendente sin el requisito de altas potencias de como es el caso en dispositivos fuera de cavidad. Esto significa que una potencia de bombeo relativamente baja se puede utilizar. Esto es deseable puesto que evita sanciones, tales como la necesidad de refrigeración por agua y, cuando se ejecuta en baterías, reducir el tiempo de operación. Además, se evita la necesidad de láseres de bombeo voluminosos, de alta potencia. Consideraciones similares se aplican a la operación del OPO de onda continua. Estas características son particularmente útiles en el contexto de la presente invención, puesto que significa que el generador de imágenes se puede hacer pequeño, compacto y fácil de transportar, mientras que al mismo tiempo es eficaz y capaz de producir potencias ópticas significativas.

Otra ventaja del OPO dentro de cavidad que no se ha informado con anterioridad en la técnica pero que se reconoce por los inventores es que debido al muy alto campo circulante presente dentro de cavidad de la bomba el dispositivo puede operar bajo el régimen de impulsos, mediante la adición de un Conmutador Q, con muy altas tasas de repetición muy por encima de lo que sería posible con un OPO fuera de cavidad sin el uso de un láser de bombeo mucho más grande. La capacidad de alta velocidad de repetición facilita el uso de un sistema por impulsos de este tipo con los sistemas de adquisición de imágenes de exploración de trama, manteniendo velocidades de fotogramas razonables. Además, debido a la necesidad de alinear y coincidir con un láser de bombeo separado con el OPO se evita como también la necesidad de potentes fuentes de bombeo ópticas y sus requisitos de refrigeración forzada por aire/agua concomitantes, el dispositivo de la presente invención es simple, compacto, robusto y con estabilidad mecánica inherentemente mejorada. De hecho, mediante el uso de una geometría dentro de cavidad, el detector de la invención se puede proporcionar como un dispositivo portátil, alimentado mediante batería.

Preferentemente, el detector es un solo elemento detector y utiliza una técnica de exploración de trama. Esto es preferible para evitar el alto coste actual de una matriz de vídeo de infrarrojo medio. El uso de técnicas de exploración de trama es posible, porque el OPO dentro de cavidad puede operar a muy altas tasas de repetición y sin pérdida de eficacia. Esto es crucial para la consecución de velocidades de fotogramas en forma de vídeo como cuando se utiliza junto con la exploración de trama, puesto que se requiere un impulso óptico para cada píxel escaneado. La alta tasa de repetición activada por un OPO dentro de cavidad permite conseguir tasas de actualización de imagen razonables de varios fotogramas por segundo.

Una ventaja clave de los OPO, tanto fuera como dentro de cavidad, es que su salida óptica es ampliamente sintonizable incluso si el láser de bombeo matriz no exhibe necesariamente capacidad de sintonización. La capacidad de sintonización del OPO se logra cambiando diversos parámetros asociados con el cristal no lineal del que el OPO depende para disminuir la onda de bombeo, tales como la temperatura, el ángulo o periodo de red en el caso de cristales periódicamente polarizados. Una capacidad de sintonización amplia es altamente deseable puesto que permite acceder a varias características de absorción diferentes con un solo dispositivo, lo que conlleva a la posibilidad de detección de múltiples especies a partir de un solo dispositivo simplemente sintonizando la longitud de onda de las ondas reducidas en frecuencia para que coincidan con la característica de absorción de interés.

Breve descripción del dibujo

Di versos aspectos de la invención se describirán a continuación a modo de ejemplo solamente y con referencia al dibujo adjunto, la Figura 1, que es un diagrama de bloques de un generador de imágenes OPO dentro de cavidad.

Descripción detallada del dibujo

El generador de imágenes de la Figura 1 tiene dos subsistemas, que son una fuente de iluminación del OPO dentro de cavidad y un sistema de adquisición de imágenes de exploración de trama. Estos se muestran en cajas rotas separadas.

Fuente de iluminación

El OPO dentro de cavidad (ICOPO) comprende tres subsistemas: un primera cavidad óptica (cavidad de láser de bombeo) que contiene un medio de amplificación de láser LGM que sirve para proporcionar una fuente de ondas de bombeo para el proceso paramétrico no lineal; una fuente de excitación para el medio de amplificación de láser LGM, que en este caso es un diodo semiconductor LD; y una segunda cavidad óptica (cavidad de señal) que se encuentra en la parte común a dicha primera cavidad óptica y que contiene en la parte común un cristal no lineal NLC, normalmente un cristal no lineal periódicamente polarizado, que sirve para generar las ondas reducidas en frecuencia. Cualquier cristal no lineal adecuado se podría utilizar, por ejemplo, PPLN o PPRTA. La fuente de ondas de bombeo tiene un medio de amplificación de láser LGM con una longitud de onda de salida de 1,064 μm , en este caso un cristal Nd:YVO₄, que se bombea por el diodo láser LD que opera a 808,5 nm. El diodo LD se enfría termoeléctricamente de tal manera que la longitud de onda de la radiación que emite es coincidente con el pico de absorción en el cristal Nd:YVO₄. La radiación emitida por el Diodo LD se colima y se enfoca después hacia abajo en el cristal Nd:YVO₄ de dos lentes de acoplamiento CO. La radiación emitida desde el cristal se dirige a continuación hacia un espejo dentro de cavidad ICM. En la misma trayectoria óptica que el espejo dentro de cavidad ICM hay un elemento conmutador Q QS, un etalón de cavidad láser LCE, una lente dentro de cavidad revestida antirreflectante (en 1,064 μm) ICL, un divisor de haz BS, el cristal no lineal NLC, y un espejo de bomba/señal curvo PSM, en secuencia. Opuesto al Divisor de haz BS hay también un etalón de cavidad de señal SCE y un espejo de señal SM.

La cavidad de láser de bombeo se define por la cara posterior del cristal Nd:YVO₄ LGM, que está revestido con antirreflectante para la luz 808,5 nm y altamente reflectante en 1,064 μm y el espejo de bomba/señal PSM, que es altamente reflectante en 1,064 μm y de banda ancha altamente reflectante centrado en 1,550 μm . Una cintura del haz apropiado del campo dentro de cavidad de la bomba se forma en el cristal no lineal NLC por la lente dentro de cavidad revestida antirreflectante (en 1,064 μm) ICL y el espejo de bomba/señal curvo PSM. El divisor del haz plano BS está revestido en ambos lados para ser antirreflectante a la longitud de onda de bombeo, pero ser, en su cara inferior, altamente reflectante a la longitud de onda de la señal. Por lo tanto, el espejo de bomba/señal PSM y el espejo de señal SM forman una cavidad de señal. La radiación libre (infrarrojo medio) no se somete a resonancia y sale de la cavidad a través del espejo de bomba/señal PSM después de haberse generado en el cristal no lineal NLC, que se reviste con una banda triple antirreflectante para la bomba, señal y onda libre.

Para facilitar la sintonización de la radiación libre, el cristal no lineal NLC (periódicamente polarizado) se mantiene dentro de una cámara de temperatura estabilizada (no mostrada) que tiene una temperatura que puede variar si es necesario. Cabe señalar que, por lo general, la señal útil radiada por un dispositivo paramétrico óptico es la denominada onda de "señal". En este caso, sin embargo, es la onda libre la que tiene una longitud de onda más apropiada y por tanto se deja salir de la cavidad del OPO. El alcance de sintonización de la radiación libre está limitado en la práctica por la elección de rejillas de polarización periódicas aplicadas al cristal, cuyo intervalo de temperatura se elige para operar el cristal no lineal y el perfil de reflectividad de los espejos de la cavidad de la señal. Para la detección de una sola especie se pueden optimizar estos parámetros para la operación en un pequeño intervalo de longitudes de onda, siendo un ejemplo normal la sintonización de solo aproximadamente 10 nm aproximadamente 3,31 μm para la detección de metano. Para la detección de múltiples especies, estos parámetros se pueden variar para proporcionar una cobertura espectral en un intervalo extendido de más de 3-4 μm .

La anchura de línea reducida en la onda libre es deseable con el fin de aumentar la sensibilidad y la selectividad del instrumento. La anchura de línea de la onda libre se amplía por una combinación de la anchura de banda de amplificación finita en el medio de amplificación de láser y la anchura de banda de coincidencia de fases del proceso paramétrico de conversión hacia abajo. Proporcionar los etalones tanto en la cavidad de bomba LCE como de señal SCE facilita un cierto grado de estrechamiento de línea. Ambos etalones son muy finos y no tienen que tener tanta finura y, por lo que, el impacto que tienen en sus respectivas cavidades, en términos de pérdida óptica y de salida, se reduce al mínimo. Con la inclusión de estos etalones, anchuras de línea de infrarrojo medio del orden de 30 GHz se pueden obtener (reducidas a partir de una anchura de línea de libre desplazamiento ~250GHz). Una anchura de línea de este tipo es adecuada para la capacidad de detección de, por ejemplo, ~3018 cm^{-1} (3,31 μm). Aquí, la capacidad de detección mínima se define como el producto longitud de la trayectoria de concentración que conduce a una absorción del 10 % de la radiación óptica.

Utilizando la disposición de la Figura 1, la imagen diferencial se puede lograr. Esto implica la adquisición de dos exploraciones sucesivas con una tomada en una longitud de onda que coincide con la característica de absorción de las especies de interés, la otra en una longitud de onda donde la especie exhibe poca o ninguna absorción. Esto permite que la diferencia entre las dos imágenes adquiridas (correspondientes a las áreas donde solo la especie está presente) se calcule y resalte (por ejemplo, en color falso) en la imagen visualizada. El uso de esta técnica exige la capacidad de que la longitud de onda libre conmute rápidamente de la condición absorción activada a desactivada. Esto se ve facilitado mediante el giro del etalón de la cavidad de señal SCE entre exploraciones con el fin de sintonizar rápidamente la señal y, por lo tanto, la longitud de onda libre, dentro de la anchura de banda coincidente en fase del oscilador paramétrico.

Para desensibilizar las cavidades de bomba y de señal de los efectos de la pérdida óptica causada por los diversos componentes (en particular, los etalones), el sistema se Q conmuta. Esto se ve facilitado por el elemento de

conmutación Q QS en el brazo de 'solo bomba' del láser. Como se ha indicado anteriormente, el ICOPO es capaz de Q conmutarse a muy altas tasas de repetición debido a la mejora de la técnica dentro de cavidad. La temporización del conmutador Q se sincroniza con la adquisición de píxeles del sistema de exploración. Como se ha señalado anteriormente, una ventaja del sistema dentro de cavidad es su capacidad para operar a muy altas tasas de repetición de impulsos. Esto hace que el detector sea apropiado para su uso con un sistema de exploración de trama. El sistema dentro de cavidad puede operar a frecuencias de repetición de más de 250 kHz, lo que permite velocidades de fotogramas de >15 fps que se obtienen con una resolución de 15.000 píxeles. Normalmente, los OPO pulsados y bombeados externamente solo son capaces de alcanzar velocidades de repetición del orden de ~15 kHz lo que llevaría a un tiempo de adquisición de fotogramas de 1 segundo para la misma resolución de píxel.

Con el fin de asegurar que la longitud de onda libre se optimice para una máxima absorción de la característica espectroscópica de interés una pequeña proporción de la salida de onda libre se puede recoger y hacerse pasar a través de una muestra de referencia, por ejemplo, una célula de gas GS. La absorción de la célula se mide por dos fotodetectores RPD1 y RPD2. Si la absorción esperada no se realiza entonces una servo-bucle de a bordo sintonizará la longitud de onda libre a través de una combinación de la temperatura del cristal no lineal y el ángulo basculante del etalón de la cavidad señal. El fotodetector RPD1 se puede utilizar también para medir la variación entre activación y activación en la intensidad de onda libre y puede después normalizar la señal retrodispersada, que se traduce en ruido reducido y mayor sensibilidad en la imagen adquirida.

El escáner

La radiación del oscilador paramétrico óptico se dirige desde el dispositivo paramétrico óptico al escáner utilizando varios espejos. A lo largo de un eje óptico del escáner hay un pequeño espejo plano m colocado en el eje en frente de una lente de colimación LC, que se fabrica de un material que exhibe una alta transmisión en el intervalo de 3-4 μm , por ejemplo, fluoruro de calcio. Desde el espejo m, la radiación se dirige a través de un escáner polígono giratorio PS y un espejo basculante TM hasta la escena bajo vigilancia. La radiación retrodispersada que retorna de la escena se recoge a través del mismo espejo basculante y el escáner polígono y se enfoca después por una lente de recogida L en único detector de elementos D situado en su plano de imagen. El área de la lente de recogida L es suficiente de tal manera que la limitación de la abertura de recogida efectiva para la señal de retorno se produce en la faceta del espejo poligonal. Esta disposición asegura que el detector observe siempre esa área de la escena que se está iluminado por la radiación escaneada desde el oscilador paramétrico óptico, es decir, la dirección de visión se escanea en sincronismo espacial con el haz de iluminación.

La lente de fluoruro de calcio LC colocada delante del espejo m permite el ajuste independiente de la concentración de la radiación de iluminación en la diana elegida. En particular, permite la proyección de una cintura del haz sobre el área diana a fin de optimizar la resolución espacial del escáner en relación con el tiempo de respuesta del detector y la extensión lateral del área que se escanea. Puesto que la sensibilidad del detector empleado exhibe en un amplio intervalo de longitudes de onda, un filtro de paso de banda F se coloca en estrecha proximidad con el área activa del detector con el fin de rechazar la radiación infrarroja parásita de objetos calientes, luces y campos de la bomba y de las señales que se filtran a través del espejo del OPO PSM.

Conectado al detector D están la electrónica de adquisición, que a su vez se conecta a una pantalla y un detector de activación TD. Asociado con el detector de activación hay un diodo láser de baja potencia TLD. El diodo láser de baja potencia TLD se sitúa para dirigir la luz sobre el polígono giratorio. La radiación reflejada desde el polígono cae en el detector TD a una posición de activación pre-determinada. La detección de la luz por el detector TD se utiliza para activar la electrónica de adquisición de imágenes en el punto de giro del polígono correcto al escanear una línea horizontal. Cuando se recibe la señal de activación, la electrónica de adquisición captura los datos del detector D, procesa esos datos y proporciona una imagen en tiempo real de la escena diana.

El escáner poligonal PS proporciona exploración lineal del haz de iluminación en una dirección horizontal. El espejo basculante TM proporciona exploración en la dirección ortogonal (vertical), y está configurado para proporcionar deflexión de haz en un ángulo de similar al del escáner poligonal. La velocidad de giro del escáner poligonal es tal que no se exceda la anchura de banda máximo del detector D y la electrónica de adquisición posterior. Durante su uso, una señal de activación de la electrónica de adquisición se alimenta al conmutador Q con el fin de emitir un impulso de onda libre de infrarrojo medio en cada píxel adquirido. Por lo tanto, la tasa máxima a la que el conmutador Q se podría activar determina el techo superior de la tasa de fotogramas que se pueden obtener del sistema.

Variaciones de la disposición de la Figura 1 son posibles. Por ejemplo, para un mayor estrechamiento de la señal (y por tanto de la onda libre), el espejo de señal SM y el etalón SCE se pueden intercambiar por una lente de colimación y rejilla de difracción óptica. Una disposición de este tipo ofrecería más selectividad de frecuencia a la longitud de onda de señal deseada en comparación con la disposición de etalón de baja finura esbozada anteriormente. Un cuidadoso ajuste del ángulo de rejilla con respecto al eje óptico de la cavidad señal facilita el ajuste fino de la señal, y por lo tanto de la longitud de onda libre. Una anchura de línea libre de ~30kHz se puede lograr con esta disposición. Para una mayor reducción de la anchura de línea y, por lo tanto, una mayor sensibilidad, un étalon podría incluirse en la cavidad de la señal de esta disposición. Esto proporcionaría anchuras de línea muy

estrechas, hasta 3 GHz, es decir, normalmente menor que o comparable con la anchura de línea expandida en presión de una sola característica de absorción espectral. El campo de señal mucho más reducido proporcionado por la rejilla de difracción permite el uso de un intervalo espectral libre inferior, y por lo tanto un étalon de mayor finura sin la necesidad de aumentar la reflectividad de los revestimientos de étalon. Debido a que la anchura de línea libre puede reducirse a 3 GHz, esto permite la selección de una única línea de absorción en las especies de interés. Para obtener la máxima sensibilidad, se elegiría la línea espectral que exhibe la mayor absorción. Por ejemplo, en el caso de metano, esta línea de absorción se encuentra en $3.057,7 \text{ cm}^{-1}$ ($3,27 \text{ }\mu\text{m}$). La selección de esta línea aumenta la sensibilidad hasta el punto en que se pueden obtener imágenes de concentraciones de gases tan bajas como $\sim 10 \text{ ppm.m}$.

El dispositivo descrito es ideal para su montaje vehicular para una rápida topografía de grandes áreas. A una tasa de repetición de impulsos de $\sim 250 \text{ kHz}$, una medición de absorción directa a través de la anchura del vehículo se podría lograr cada $\sim 0,1 \text{ mm}$ de distancia de trayectoria recorrida a una velocidad de 60 mph ($96,56 \text{ k/h}$). Esto conduciría de manera efectiva a un muestreo continuo del área estudiada. Al incorporar el sistema de exploración (que posiblemente omitiría el galvanómetro G y el espejo basculante TM como separación en el eje y está ahora proporcionada por el movimiento de avance del vehículo), se podría lograr un estudio espacial continuo de la superficie de la carretera. La resolución espacial de un estudio de este tipo sería $\sim 10 \text{ mm}$ suponiendo una resolución de 100 píxeles.

El aumento de la potencia de salida de la radiación de iluminación puede reducir aún más el tiempo de adquisición de imagen o aumentar el alcance de la operación y, por lo tanto, permitiría su uso para un rápido estudio de instalaciones extremadamente grandes tales como tuberías continentales mediante su uso en el aire en un helicóptero/avión. De igual modo, el generador de imágenes en el que se materializa la invención podría utilizarse en vehículos marítimos.

El generador de imágenes de la presente invención es eficaz y capaz de producir potencias ópticas significativas. La capacidad de alta velocidad de repetición facilita el uso de un sistema de adquisición de imágenes de exploración de trama, mientras que mantiene velocidades de fotogramas razonables. Debido a que la necesidad de alinear y coincidir con un láser de bombeo separado con el OPO se mitiga en gran parte como la necesidad de potentes fuentes de bombeo óptico y sus requisitos de refrigeración forzada por aire/agua concomitantes, el dispositivo de la presente invención es simple, compacto, robusto y tiene buena estabilidad mecánica inherente. También, debido a que el dispositivo dentro de cavidad paramétrico óptico se puede hacer pequeño (por ejemplo 10 cm por 20 cm como se muestra en la Figura 1), el detector de la invención se puede proporcionar como un dispositivo portátil, alimentado a baterías.

Una persona experta apreciará que son posibles variaciones de las disposiciones descritas sin apartarse de la invención. Por ejemplo, si bien la Figura 1 muestra un espejo dentro de cavidad ICM y diversos espejos para dirigir la radiación del OPO en el escáner, éstos son opcionales y se incluyen para reducir la disposición general del dispositivo. Además, el generador de imágenes se puede operar para identificar las especies, así como para detectar las especies. Para este fin, el detector puede, por ejemplo, incluir o tener acceso a la información almacenada, tal como la información de calibración, relativa a una o más especies específicas y se puede operar para comparar los datos de detección capturados por el generador de imágenes con la información almacenada, identificando de esta manera las especies detectadas. También, si bien en la realización descrita con referencia a la Figura 1, la onda libre se utiliza como la radiación de detección, se apreciará que, en algunas circunstancias, la onda de la señal se puede utilizar en su lugar. La selección de qué onda se va a utilizar dependerá de la especie que se va a detectar. Además, aunque los ejemplos específicos descritos se refieren a la detección de metano, el generador de imágenes de la invención se puede utilizar para detectar otros gases. Además, el detector se puede utilizar para detectar líquidos y/o sólidos y/o plasmas. Por consiguiente, la descripción anterior de la realización específica se realiza a modo de ejemplo solamente y no a efectos de limitación. Estará claro para el experto que las modificaciones de menor importancia pueden realizarse sin cambios significativos en la operación descrita.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un generador de imágenes de absorción de retrodispersión que tiene un dispositivo paramétrico óptico para generar radiación de detección, teniendo el dispositivo paramétrico óptico un medio no lineal y una fuente de láser de onda de bombeo, siendo el medio no lineal capaz de generar una señal y una onda libre en respuesta a estar estimulado con la onda de bombeo, para generar de ese modo radiación de detección, y un detector para detectar cualquier radiación de detección retrodispersada desde un área diana, **caracterizado por que** la fuente de láser de onda de bombeo y el medio no lineal se proporcionan en la misma cavidad óptica, y un elemento conmutador Q está incluido dentro de la cavidad de la onda de bombeo para hacer que el dispositivo paramétrico óptico opere en un modo pulsado y el dispositivo paramétrico óptico se puede operar para emitir radiación con una frecuencia de repetición de impulsos de más de 100 kHz.
- 15 2. Un generador de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo paramétrico óptico se puede operar para emitir radiación con una frecuencia de repetición de impulsos de más de 200 kHz.
- 20 3. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un etalón en una onda de bombeo en solo una parte de una trayectoria óptica entre el medio de amplificación de láser y el medio no lineal.
- 25 4. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un divisor de haz en una trayectoria óptica entre el medio de amplificación de láser y el medio no lineal para dirigir la onda de señal en una trayectoria óptica de solo onda de señal.
- 30 5. Un generador de imágenes de acuerdo con la reivindicación 4, en el que se proporciona un etalón en la trayectoria óptica de solo señal.
- 35 6. Un generador de imágenes de acuerdo con la reivindicación 5, en el que se proporciona un espejo de señal detrás del etalón para dirigir la radiación de la señal de vuelta hacia el divisor de haz.
- 40 7. Un generador de imágenes de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que se proporcionan una lente de colimación y una rejilla de difracción óptica en la trayectoria óptica de solo señal, estando la lente situada entre el divisor de haz y la rejilla de difracción.
- 45 8. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un escáner para escanear el área diana para dirigir la radiación de detección reflejada desde esa área diana hacia el detector.
- 50 9. Un generador de imágenes de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el escáner se puede operar también para dirigir la radiación de detección desde el dispositivo paramétrico óptico hasta el área diana.
- 55 10. Un generador de imágenes de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, en el que el escáner es el escáner de trama.
- 60 11. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el escáner incluye un espejo poligonal giratorio para dirigir la radiación de detección hacia el detector.
- 65 12. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye medios para visualizar una salida del detector en forma de una imagen de la escena bajo vigilancia en la que cualquiera de las especies detectadas se hace visible.
13. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que es manual/portátil.
14. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que es alimentado mediante batería.
15. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que se puede operar para detectar un sólido y/o un líquido y/o un gas y/o un plasma.
16. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que incluye o tiene acceso a la información almacenada relativa a una o más especies específicas y se puede operar para comparar los datos de detección capturados por el detector con la información almacenada, para identificar de este modo las especies detectadas.
17. Un generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye medios para sintonizar la radiación de detección.
18. Un vehículo, incluyendo aéreo y marítimo, así como terrestre, sobre el que se ha montado/transportado un

generador de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

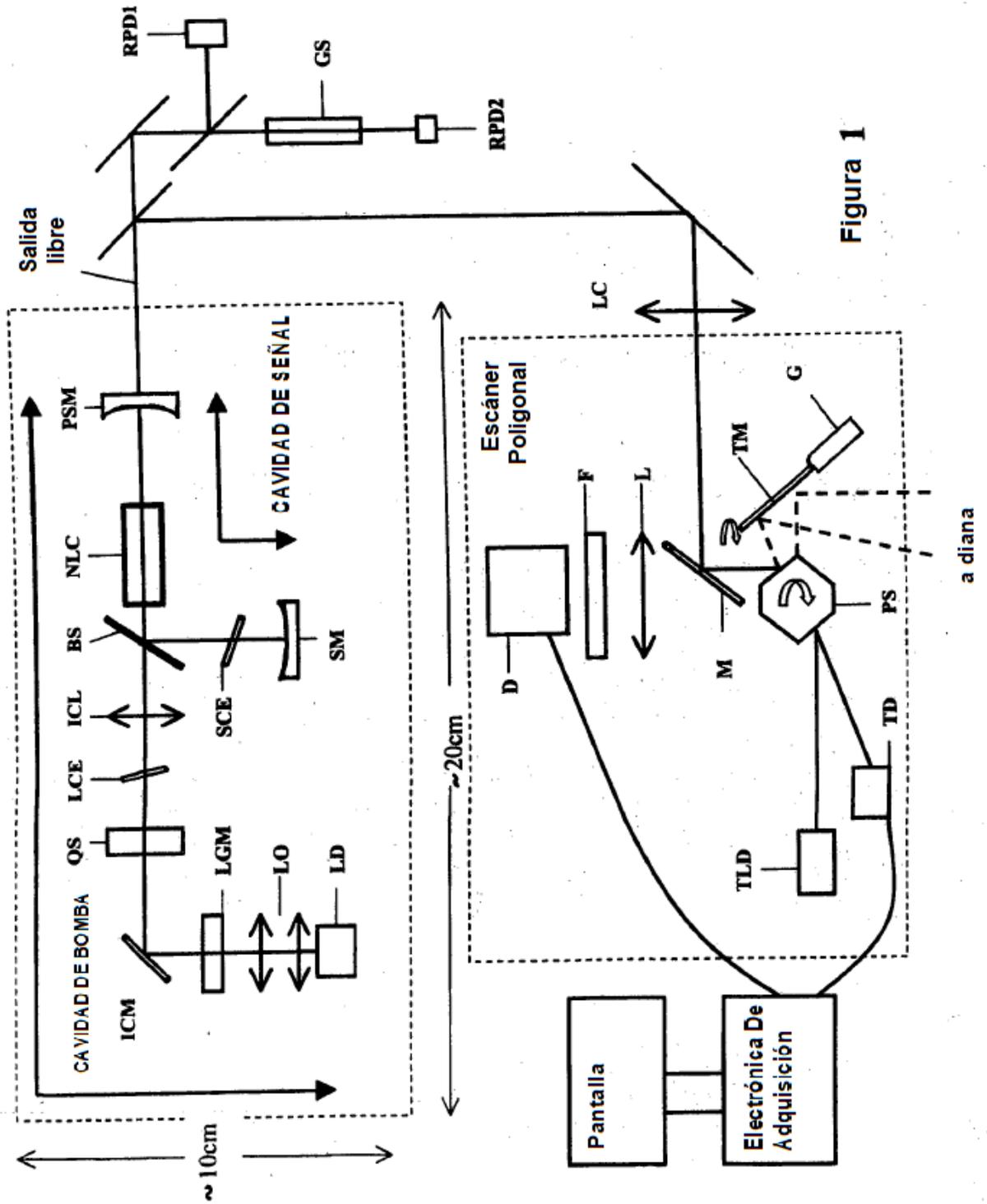


Figura 1