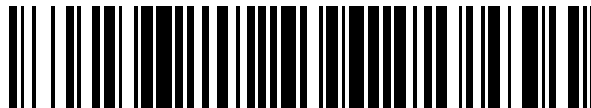


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 505**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/39** (2006.01)

**G02F 1/35** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2013 PCT/GB2013/051539**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2013 WO13186555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2013 E 13739481 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2859408**

54 Título: **Método y aparato para el ajuste de la radiación coherente**

30 Prioridad:

**12.06.2012 GB 201210342**

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

**14.11.2018**

73 Titular/es:

**ITI SCOTLAND - SCOTTISH ENTERPRISE  
(100.0%)  
Atrium Court 50 Waterloo Street  
Glasgow G2 6HQ, GB**

72 Inventor/es:

**MALCOLM, GRAEME**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 689 505 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

Método y aparato para el ajuste de la radiación coherente

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para ajustar una radiación coherente. Aspectos de la presente invención son particularmente adecuados para el uso de un oscilador paramétrico óptico (OPO), en especial un OPO utilizado en un sistema espectroscópico. En aspectos específicos, la invención es particularmente relevante para sistemas espectroscópicos utilizados para la detección de materiales específicos.

Antecedentes de la invención

10 Fuentes de una radiación coherente son utilizadas en una amplia variedad de aplicaciones. En ciertas aplicaciones, tales como la espectroscopia, es deseable producir una radiación coherente sobre un rango de diferentes longitudes de onda, típicamente, ajustando una fuente de radiación sobre un rango de longitud de onda significativo. Por ejemplo, para técnicas espectroscópicas que utilizan rotaciones y vibraciones moleculares, tales como espectroscopia de absorción de infrarrojos y espectroscopia de Raman, la radiación coherente necesita ser proporcionada a una longitud de onda específica necesaria para excitar una transición particular. Esta se puede utilizar para detectar la presencia y  
15 concentración de una especie molecular.

Están disponibles fácilmente fuentes de láser ajustables para el espectro visible, pero es más difícil encontrar fuentes ajustables sobre un rango significativo en el espectro infrarrojo de longitud de onda media y larga (abreviados MWIR y LWIR respectivamente). Existen diferentes definiciones para estas regiones espectrales, pero una definición de ejemplo establece la región MWIR como la banda de longitud de onda de 3-8  $\mu\text{m}$  y la región LWIR como la banda de longitud de onda de 8-15  $\mu\text{m}$ . Los osciladores paramétricos ópticos (OPO) son un tipo particularmente efectivo de fuente ajustable de radiación coherente en esta región de longitud de onda. Un OPO es un sistema que convierte un láser de bomba de entrada en haces de luz a dos frecuencias diferentes pasándolo a través de un cristal óptico no lineal. Estos dos haces son convencionalmente denominados la "señal" (el haz de frecuencia más alta y por tanto el haz de longitud de onda más corta) y el "intermedio" (el haz de frecuencia más baja y por tanto la longitud de onda más larga), la suma de las frecuencias de los haces de salida es la frecuencia del haz de bomba de entrada.  
20

Un enfoque bien establecido para proporcionar un cristal óptico no lineal para el uso en un OPO para una operación MWIR o LWIR es utilizar una rejilla polarizada periódicamente de un material birrefringente. La polarización periódica supone la formación de una serie de capas con dominios ferroeléctricos orientados de forma alternada. El grosor de estas capas, y por tanto los dominios, es elegido para lograr un emparejamiento cuasifásico, lo que resulta en un flujo eficiente de energía desde la frecuencia de bomba a las frecuencias de señal e intermedia. El niobato de litio polarizado periódicamente (PPLN) es la opción preferida del cristal no lineal para su uso en la operación MWIR OPO. El experto será consciente de las numerosas técnicas (por ejemplo, campo eléctrico pulsado, bombardeo de electrones, pulsación térmica) disponibles para crear la estructura periódica requerida o bien durante el crecimiento del cristal o posteriormente.  
30

El PPLN y materiales periódicamente polarizados similares se pueden utilizar para proporcionar una salida que se puede ajustar a través de un rango mediante un diseño de rejilla apropiado. Un enfoque preferido es utilizar una rejilla de salida en abanico, tal y como se muestra en la figura 1. En una rejilla 1 de salida en abanico, en una dimensión los dominios no son uniformemente gruesos pero tienen un espesor que aumenta de forma monótona. Si el haz 2 de láser de bomba es escaneado a través de la rejilla uno de salida en abanico en esta dimensión entonces el espesor de capa que se hace pasar por el haz 2 de láser de bomba varía de forma monótona (aumenta de forma monótona para la dirección de escaneado mostrada en la figura 1) y la longitud de onda de funcionamiento efectiva del OPO también varía de forma monótona. Utilizando este enfoque, se puede diseñar un OPO para funcionar sobre un rango de frecuencias extendido (rango de longitud de onda, la referencia a longitudes de onda y a rango de longitud de onda se hará en general más abajo, pero éstas podrían del mismo modo ser expresadas como referencias a frecuencias o a rangos de frecuencias). Una rejilla de este tipo puede ser utilizada dentro o fuera de una cavidad resonante del OPO, una solución efectiva, particular para un funcionamiento pulsado, es utilizar la rejilla dentro de la cavidad resonante.  
35  
40  
45

Es deseable ser capaz de utilizar fuentes ajustables de radiación coherente para aplicaciones espectroscópicas en tiempo real en regiones espectrales extendidas tales como MWIR y LWIR. Un uso que requiere dicha capacidad es la generación de imágenes espectrales, por ejemplo, para la detección en tiempo real de una o más especies moleculares a baja concentración en una ubicación espacial específica. En dicho uso, una fuente ajustable convencional del tipo descrito anteriormente puede que no sea efectiva, ya que no será posible investigar el rango espectral extendido necesario con una suficiente resolución en un período suficientemente corto para la detección en tiempo real.  
50

Los documentos US 2007/147443 y US 5912910 divulgan sistemas espectroscópicos que incluyen una fuente de la ser ajustada de forma continua. Esta fuente incluye un medio óptico no lineal con un patrón de ajuste, donde una combinación de traslación a través del patrón de ajuste y de temperatura es utilizada para proporcionar un rango de salida continua. Malcolm, GPA y otros, "Sistema de generación de imagen hiperespectral infrarroja activa utilizando un oscilador paramétrico óptico ampliamente ajustable" expone una generación de imagen hiperespectral en el infrarrojo utilizando fuentes de láser ajustables.  
55

Resumen de la invención

5 Por lo siguiente, un primer aspecto de medio proporciona una fuente de radiación coherente ajustable de acuerdo con las reivindicaciones. Una fuente de radiación coherente ajustable de este tipo directamente aborda los problemas conocidos indicados anteriormente, particularmente el de la recopilación de datos de una forma suficientemente rápida para aplicaciones tales como una generación de imagen hiperespectral en tiempo real, ya que el patrón de ajuste se puede construir de manera que evita la recopilación de datos de regiones espectrales que no son de interés.

10 En un modo de realización preferido, la fuente de radiación coherente ajustable es un oscilador paramétrico óptico. De forma preferible, el rango de longitud de onda comprende al menos una parte de espectro infrarrojo de o bien una longitud de onda larga o bien una longitud de onda media. Tal y como se indicó anteriormente, esta es una región espectral tanto de una importancia considerable para el estudio (debido a que es donde se encuentran principalmente líneas espectrales de firma en el espectro de vibración de moléculas complejas) como una en la cual es difícil obtener fuentes ajustables efectivas de radiación coherente.

15 De forma preferible, el medio óptico no lineal comprende un cristal no lineal polarizado periódicamente. El no lineal puede ser, por ejemplo, formado de un niobato de litio polarizado periódicamente o de un arseniuro de galio con patrón de orientación. Estos materiales son particularmente efectivos para una radiación infrarroja de longitud de onda media y de longitud de onda larga, respectivamente. De forma preferible, el medio óptico no lineal comprende una o más filas ajustadas a una longitud de onda de salida. Esto permite un ajuste rápido y efectivo a través del espectro de longitud de onda.

20 En una disposición, el patrón de ajuste proporciona un ajuste de una serie de longitudes de onda discretas dentro del rango de longitud de onda. Estas longitudes de onda discretas pueden por ejemplo coincidir con líneas espectrales de firma claves para materiales particulares de interés que se van a detectar. La detección de una línea espectral en una o más longitudes de onda de firma se pueden utilizar para representar una detección de material particular de interés. En otra disposición, el medio óptico no lineal comprende una o más rejillas de salida en abanico que permiten un ajuste continuo a través de una parte del rango de longitud de onda. Esta disposición puede ser útil cuando la estructura dentro de una región espectral extendida, por ejemplo, un borde de absorción, puede ser una característica significativa en la detección de la presencia o de otro modo de un material particular. Estas dos disposiciones pueden combinarse en un patrón de ajuste.

25 En un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema espectroscópico, que comprende una fuente de radiación coherente ajustable como se estableció anteriormente, ópticas de transmisión para iluminar un objetivo mediante un haz de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, ópticas de recolección para recolectar el haz recibido desde el objetivo iluminado por el haz de transmisión, y un sistema de detección para detectar el haz recibido y para proporcionar datos espectrales referentes al objetivo desde el mismo.

30 En un tercer aspecto, la invención proporciona un sistema de generación de imagen hiperespectral que comprende: una fuente de radiación coherente ajustable tal y como se estableció anteriormente; un sistema de escaneado que comprende ópticas de transmisión para iluminar un área de objetivo mediante un haz de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, medios de escaneado para escanear el haz de transmisión sobre el área de objetivo en un patrón de escaneado, y ópticas de recolección para recolectar un haz recibido desde el área de objetivo iluminada por el haz de transmisión; y un sistema de detección que comprende un sistema de detección de señal para detectar el haz recibido y para proporcionar datos de señal desde el mismo, y un sistema de procesamiento de imagen para proporcionar imágenes hiperespectrales a partir de los datos de señal y del patrón de escaneado. El uso de la fuente de radiación coherente ajustable de este tipo permite que se limiten las demandas de detección y de procesamiento de datos en dicho sistema de forma suficiente para permitir que se constituya un sistema de generación de imagen hiperespectral en tiempo real práctico.

35 En un cuarto aspecto, la invención proporciona un medio óptico no lineal adaptado para el uso en una fuente de radiación coherente ajustable tal y como se estableció anteriormente.

40 En un quinto aspecto, la invención proporciona un método para proporcionar una radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda, el método que comprende: emitir un haz de bomba desde un láser de bomba en un medio óptico no lineal; trasladar el haz de bomba a través del patrón de ajuste para proporcionar uno o más haces de salida a longitudes de onda de salida determinadas por el patrón de ajuste y dentro del rango de longitud de onda; por lo que se forma el patrón de escaneado de tal manera que la traslación del haz de bomba a través del patrón de ajuste proporciona un ajuste de las longitudes de onda sobre un conjunto que comprende longitudes de onda predeterminadas, sub-rangos de longitudes de onda predeterminadas, o ambos, dentro de un rango de longitud de onda más amplio de manera que el patrón de escaneado también excluye el ajuste para al menos una región de longitud de onda fuera del conjunto pero dentro del rango de longitud de onda más amplio.

45 Breve descripción de los dibujos

Modos de realización específicos de la invención serán descritos más abajo, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que acompañan, en los cuales:

La figura 1 ilustra una disposición de la técnica anterior para escanear un láser de bomba a través de una rejilla de salida en abanico para producir un OPO continuamente ajustable;

La figura 2 proporciona una ilustración esquemática de un sistema de generación de imagen hiperespectral adecuado para el uso con una fuente de radiación coherente ajustable de acuerdo con un modo de realización de la invención;

5 y

La figura 3 ilustra un medio óptico no lineal con un patrón de ajuste de acuerdo con un modo de realización de la invención.

Descripción detallada de modos de realización específicos

10 Modos de realización de la invención se pueden emplear en un amplio rango de sistemas y en general son ventajosos para el uso en sistemas espectroscópicos apropiados, particularmente sistemas espectroscópicos utilizados para la detección de materiales especificados con un espectro conocido. Tal y como se indicó anteriormente, aspectos de la invención tienen una utilidad particular en generación de imagen hiperespectral en tiempo real para la detección de materiales conocidos, ya que pueden conducir a un procesamiento significativamente simplificado en la producción de una imagen hiperespectral, permitiendo que se cree una imagen en tiempo real cuando esto no sería posible utilizando técnicas convencionales. Modos de realización de la invención por lo tanto serán descritos en el contexto de dicho sistema.

15

La figura 2 muestra un sistema 20 de generación de imagen hiperespectral en cuyos modos de realización de la invención se puede emplear para la generación de imagen hiperespectral de una imagen que incluye un objetivo 24. El sistema 20 de generación de imagen hiperespectral utiliza principios LIDAR, con luz retrodispersada desde el objetivo 24 siendo detectada y procesada para determinar un espectro (en este caso, un espectro de absorción, aunque esta técnica también se puede emplear utilizando otras técnicas espectroscópicas tal como una espectroscopia de Raman). La información espectral puede ser utilizada para identificar materiales particulares dentro de la imagen mediante firmas espectrales, tales como patrones particulares de líneas dentro de su espectro de absorción.

20

El sistema 20 de generación de imagen hiperespectral tiene un sistema 21 de fuente de radiación coherente para proporcionar una radiación coherente a longitudes de onda deseadas, un sistema 22 de escaneado para iluminar el objetivo 24 con radiación desde el sistema 21 de fuente de radiación coherente y para recibir la radiación desde el objetivo 24, y un sistema 23 de detección que recibe radiación del objetivo 24 como una entrada (o un conjunto de entradas, dependiendo del sistema de detección utilizado) y una radiación muestreada desde el sistema 21 de fuente de radiación coherente como otra entrada de entradas. Datos del sistema 23 de detección son después procesados mediante un sistema 232 de procesamiento de imagen para proporcionar imágenes hiperespectrales del objetivo 24 y la detección de la especie particular dentro de la imagen.

25

30

Subsistemas del generador 20 de imagen hiperespectral serán descritos a continuación con más detalle.

El sistema 21 de fuente de radiación comprende un sistema OPO ajustable. Un láser 210 de bomba es utilizado para proporcionar el haz 212 de bomba por el sistema OPO. Para un uso MWIR o LWIR esto puede ser un láser convencional Nd:YAG o cualquier otro tipo de láser apropiado que produzca un haz a una longitud de onda similar, un láser pulsado es proporcionado en la disposición mostrada, pero también se puede utilizar un láser de onda continua con un diseño de sistema apropiado. Un sistema pulsado adecuado puede emplear una longitud de pulso del orden de 10ns con una velocidad de repetición de 10-1000 kHz. Un medio 211 no lineal recibe el haz 212 de bomba y emite haz 213 intermedio y un haz 214 de señal (estos son mostrados como separados espacialmente en la figura 3, esto es sólo por conveniencia de la representación). El medio no lineal puede, tal y como se indicó, ser niobato de litio polarizado periódicamente en la región MWIR, y puede ser arseniuro de galio con patrón de orientación (OP-GaAs) en la región LWIR, también se pueden utilizar otros medios no lineales con propiedades adecuadas.

35

40

Con el fin de proporcionar una radiación coherente a través del rango de longitud de onda, el medio 211 no lineal está provisto de un patrón 215 de ajuste. El patrón 215 de ajuste varía con una posición de incidencia del haz 212 de bomba, de manera que produce diferentes longitudes de onda de haz 213 intermedio y de haz 214 de señal para diferentes posiciones de incidencia. El patrón 215 de ajuste es típicamente una estructura de rejilla variable espacialmente, tal como la rejilla 1 de abanico mostrada en la figura 1, tal y como se indica más abajo, se emplean diferentes patrones de ajuste en modos de realización de la presente invención.

45

Para variar la posición de incidencia del haz 212 de bomba en el medio 211 no lineal, un sistema 216 de translaciones requerido para trasladar el haz 212 de bomba y el medio 211 no lineal uno con respecto al otro. Esto puede en principio suponer o bien una traslación del medio 211 no lineal (en cuyo caso el haz 212 de bomba puede permanecer fijo) o trasladar el haz 212 de bomba a través del medio 211 no lineal (en cuyo caso el medio 211 no lineal puede permanecer fijo, pero se requerirá un posicionamiento del haz utilizando espejos adecuados o de otro modo tanto en el lado de entrada como el de salida del medio no lineal 211). Tal y como se muestra en la figura 2, el enfoque más sencillo es trasladar el medio 211 no lineal, ya que deja inalterada la trayectoria óptica. Un sistema de bobina de voz (tal como el proporcionado por TILL Photonics) se puede utilizar para un posicionamiento preciso de componentes necesarios a longitudes de onda utilizadas típicamente en dichos sistemas.

50

55

- El haz 221 de salida de radiación coherente producido por el sistema 21 de fuente de radiación puede comprender el haz 213 intermedio, el haz 214 de señal, o ambos. El haz 212 de bomba y el haz 221 de salida son muestreados en divisiones 216 y 217 de haz para proporcionar señales para el uso en el sistema 23 de detección. El haz 221 de salida es recibido por el sistema 22 de escaneado y utilizado para iluminar el objetivo 24. Se pueden emplear diferentes enfoques para iluminar el objetivo 24. Un enfoque es escanear ale haz 221 de salida a través de un espacio de objetivo en un patrón de trama con esta información de trama pasada al sistema 23 de detección de manera que la luz retrodispersada de un pulso particular se puede identificar con una parte particular del espacio de objetivo. El haz 222 retrodispersado desde el objetivo 24 es entonces recibido por el sistema 22 de escaneado y transmitido al sistema 23 de detección.
- Con un sistema pulsado, el muestreo del haz 212 de bomba y el haz 221 de salida se pueden hacer coincidir entre sí con el haz 222 retro dispersado referente al mismo pulso. Esto se puede implementar con una activación adecuada del sistema 23 de detección basándose en el tiempo de vuelo. Este enfoque permite una resolución alta, ya que las variaciones entre pulsos individuales no afectan después a los resultados. La preamplificación, activación, integración y normalización de señales se puede lograr mediante una circuitería apropiada dentro del sistema 23 de detección, por ejemplo, un FP-GA 231 construido a medida. Los datos reseñados normalizados son entonces compilados junto con la información de trama recibida desde el sistema 22 de escaneado en un sistema 232 de procesamiento de imagen para proporcionar datos de imagen. Los datos de imagen sobre una pluralidad de regiones espectrales proporcionan datos de imagen hiperespectrales. Dicha imagen proporciona un espectro de cada punto de imagen. El espectro para cada punto de imagen (o una colección de puntos de imagen) puede también ser analizado para determinar la presencia o ausencia de un material particular (por ejemplo, basándose en la presencia o ausencia de líneas de absorción particulares en el espectro en la posición de imagen). Cuando hay una presencia o ausencia de un material particular, esto se puede representar en la imagen hiperespectral o en una imagen derivada de ella, por ejemplo mediante un color falso predeterminado. La intensidad del color falso puede ser utilizada para representar una concentración determinada de un material detectado.
- Si se utiliza una rejilla de salida en abanico convencional como un patrón de ajuste, producir una imagen hiperespectral con el instrumento de la figura 2 proporciona demandas de procesamiento intensas. Esto es debido al gran número de puntos de datos que son muestreados a través del rango de longitud de onda. Un número significativo de estos puntos de datos estará en partes del rango de longitud de onda que no son de interés particular, por ejemplo, debido a que ninguna especie de interés tiene una línea de absorción en esa longitud de onda, o incluso debido a que la mayoría de las especies de interés tienen una línea de absorción, pero en cualquier caso debido a que la parte del rango espectral no es de ayuda o bien para determinar la presencia o la ausencia de una especie interés, o para distinguir unas especies de interés de otras.
- Esta respuesta rápida es particularmente importante cuando se debe llevar a cabo una detección de especies volátiles de forma rápida, por ejemplo, en la detección de productos de gas de petróleo de escape, o la detección de materiales explosivos de emisión de constituyentes volátiles.
- Un primer patrón de ajuste para el uso en modos de realización de la invención es mostrado en la figura 3. Éste comprende una estructura 31 de rejilla compuesta en la cual una pluralidad de filas 33 cada una comprende una rejilla separada ajustada a una diferente longitud de onda. Las estructuras de rejilla de este tipo general son conocidas, como una alternativa a rejillas de salida en abanico, para proporcionar un ajuste continuo a través de un rango de longitudes de onda variando la temperatura, pero no son conocidas para proporcionar el ajuste sólo sobre un conjunto de longitudes de onda predeterminadas o sub-rangos de longitud de onda dentro de un rango de longitud de onda más amplio. El haz 32 de bomba trasladado con respecto a esta rejilla por tanto muestra una serie de longitudes de onda discretas, cuatro longitudes de onda en el ejemplo mostrado en la figura 3. Estas longitudes de onda pueden ser elegidas para coincidir con las necesidades de la aplicación, por ejemplo, se pueden elegir en longitudes de onda que indican de forma individual o en combinación la presencia o ausencia de una especie molecular particular.
- El haz 32 de bomba es entonces transmitido a través del cristal no lineal cuando es trasladado por el sistema 216 de traslación, el resultado de transmitir el haz 32 de bomba a través del patrón 31 de ajuste es producir luz, de forma discontinua, en una serie de longitudes de onda. El resultado es una imagen multiespectral en una serie de longitudes de onda separada más bien que una imagen hiperespectral completa. Dicha imagen puede ser utilizada para proporcionar una determinación extremadamente rápida de si está presente o ausente una especie molecular clave.
- Están disponibles diferentes enfoques para fabricar dicha rejilla. El enfoque más sencillo es simplemente fabricar una serie de rejillas mediante un proceso convencional, tal como fotolitografía y fijar las entre sí. Un enfoque alternativo sería hacer crecer la estructura de rejilla completa mediante procesos epitaxiales.
- La figura 4 muestra que es posible utilizar una estructura 41 compuesta, en la cual una rejilla 44 de salida en abanico es utilizada para parte del rango espectral y en la cual rejillas 43 discretas son utilizadas en otras partes del rango espectral. La traslación del haz 42 de bomba con respecto a esta estructura proporcionaría un ajuste continuo a través de un rango con puntos de datos adicionales fuera del rango. Esto puede proporcionar beneficios significativos en la detección, permitiendo estrategias de detección más sofisticadas a la vez que se muestrea de forma mucho más eficiente que para enfoques convencionales. Por ejemplo, materiales orgánicos tendrán generalmente una absorción significativa en la región de  $3000\text{ cm}^{-1}$  (vibración elástica C-H (de manera que una detección simple de absorción en

esta región no será típicamente útil para distinguir una especie de otra. Sin embargo, la forma de esta absorción variará de forma significativa de una especie a otra especie, de manera que el uso de una rejilla de salida en abanico a través de este sub-rango limitado puede proporcionar datos adicionales valiosos, por ejemplo, el borde de absorción para la especie detectada se puede utilizar para distinguir una especie de otra.

- 5 Este enfoque permite el ajuste de longitudes de onda sobre un conjunto de longitudes de onda predeterminadas o sub-rangos de longitudes de onda, dentro de un rango de longitud de onda más amplio. Este enfoque simplifica de forma significativa la detección. Para cada longitud de onda muestreada, la señal puede ser integrada para un periodo más largo que en el enfoque de la técnica anterior para la misma velocidad de escaneado del láser de bomba con respecto al patrón de ajuste, y no se requiere ajuste. Esto permite una generación de imagen mucho más rápida y una
- 10 detección de una especie predeterminada que la que se puede lograr con los enfoques de la técnica anterior.

- El experto en la técnica apreciará que la disposición establecida anteriormente es a modo de ejemplo, y se pueden realizar elecciones de diseño alternativas sin caer fuera del alcance de la invención como se ha reivindicado. Por ejemplo, este enfoque para ajustarse puede aplicar fuera de una cavidad resonante así como dentro de una cavidad de láser. La técnica se puede utilizar para propósitos diferentes de la generación de imagen hiperespectral, incluyendo
- 15 técnicas espectroscópicas sin imagen.

**REIVINDICACIONES**

1. Una fuente de radiación coherente ajustable que comprende:  
un láser (210) de bomba, que emite un haz (212) de bomba;  
5 un medio (211) óptico no lineal que tiene un patrón (215) de ajuste para proporcionar un ajuste a través de un rango de longitud de onda; y  
un sistema (216) de traslación dispuesto de tal manera que el haz (212) de bomba es trasladado a través del patrón (215) de ajuste;  
10 por lo que el patrón (215) de ajuste es formado de tal manera que la traslación del haz (212) de bomba a través del patrón (215) de ajuste proporciona un ajuste de longitudes de onda sobre un conjunto que comprende longitudes de onda predeterminadas, sub-rango de longitudes de onda predeterminadas, o ambos, dentro de un rango de longitud de onda predeterminado más amplio caracterizada porque el patrón (215) de ajuste excluye el ajuste de al menos una región de longitud de onda dentro del rango de longitud de onda predeterminado más amplio, proporcionando una o más discontinuidades a través del rango de longitud de onda predeterminado más amplio en las longitudes de onda de salida del haz (212) de bomba;  
15 en donde el patrón (215) de ajuste proporciona un ajuste a una serie de longitudes de onda discretas dentro del rango de longitud de onda; o  
en donde el medio (211) óptico no lineal comprende una o más rejillas (44) de salida en abanico que permiten un ajuste continuo a través de una parte del rango de longitud de onda.
- 20 2. Una fuente de radiación coherente como la reivindicada en la reivindicación 1, en donde la fuente de radiación coherente ajustable es un oscilador paramétrico óptico.
3. Una fuente de radiación coherente ajustable como la reivindicada en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2, en donde el rango de longitud de onda comprende al menos una parte de un espectro infrarrojo o bien de longitud de onda larga o de longitud de onda media.
- 25 4. Una fuente de radiación coherente ajustable como la reivindicada cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio (211) óptico no lineal comprende un cristal no lineal polarizado periódicamente.
5. Una fuente de radiación coherente ajustable como la reivindicada en la reivindicación 4, en donde el cristal no lineal está formado de un niobato de litio polarizado periódicamente.
6. Una fuente de radiación coherente ajustable, como la reivindicada en la reivindicación 4, en donde el cristal no lineal está formado de un arseniuro de galio con patrón de orientación.
- 30 7. Una fuente de radiación coherente ajustable como la reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio (211) óptico no lineal comprende una o más filas ajustadas a una longitud de onda de salida.
8. Un sistema espectroscópico, que comprende una fuente de radiación coherente ajustable como la reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, ópticas de transmisión para iluminar un objetivo mediante un at de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, ópticas de recolección para recolectar un haz recibido desde el objetivo iluminado por el haz de transmisión, y un sistema de detección para detectar el haz recibido y para proporcionar datos espectrales referentes al objetivo desde el mismo.
- 35 9. Un sistema (20) de generación de imagen hiperespectral que comprende:  
una fuente (21) de radiación coherente ajustable como la reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7;  
40 un sistema (22) de escaneado que comprende ópticas de transmisión para iluminar un área (24) de objetivo mediante un haz de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, medios de escaneado para escanear el haz de transmisión sobre el área de objetivo en un patrón escaneado, y ópticas de recolección para recolectar el haz recibido desde el área de objetivo iluminada por el haz de transmisión; y  
un sistema de detección que comprende un sistema de detección de señal para detectar el haz recibido y para proporcionar datos de señal desde el mismo, y un sistema (232) de procesamiento de imagen para proporcionar imágenes hiperespectrales a partir de los datos de señal y del patrón de escaneado.
- 45 10. Un medio (211) óptico no lineal adaptado para el uso en la fuente de radiación coherente ajustable de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
11. Un método para proporcionar una radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda, el método que comprende:

emitir un haz (212) de bomba desde un láser (210) de bomba contra un medio (211) óptico no lineal;

trasladar el haz (212) de bomba a través del patrón (215) de ajuste para proporcionar uno o más haces de salida a longitudes de onda de salida determinadas por el patrón (215) de ajuste y dentro del rango de longitud de onda;

5 por lo que el patrón (215) de ajuste está formado de tal manera que la traslación del haz (212) de bomba a través del patrón (215) de ajuste proporciona un ajuste de longitudes de onda sobre un conjunto que comprende longitudes de onda predeterminadas, sub-rangos de longitudes de onda predeterminados, o ambos, dentro de un rango de longitud de onda predeterminado más amplio y caracterizado porque el patrón (215) de ajuste excluye el ajuste para al menos una región de longitud de onda fuera del conjunto pero dentro del rango de longitud de onda predeterminado más amplio, proporcionando una o más discontinuidades a través del rango de longitud de onda predeterminado más amplio en las longitudes de onda de salida del haz (212) de bomba;

10 en donde el patrón (215) de ajuste proporciona un ajuste a una serie de longitudes de onda discretas dentro del rango de longitud de onda; o

en donde el medio (211) óptico no lineal comprende una o más rejillas (44) de salida en abanico permitiendo un ajuste continuo a través de una parte del rango de longitud de onda.

15 12. Un método para proporcionar radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda como el reivindicado en la indicación 11, en donde el rango de longitud de onda comprende al menos una parte de un espectro infrarrojo de o bien una longitud de onda larga o una longitud de onda media.

20 13. Método para proporcionar radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda como el reivindicado en la reivindicación 11 o en la reivindicación 12, en donde el medio (211) óptico no lineal comprende una o más filas ajustadas a una longitud de onda de salida.

25 14. Un método para proporcionar radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, adoptado en un sistema espectroscópico, el método que además comprende iluminar un objetivo mediante un haz de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, recolectando un haz recibido del objetivo iluminado por el haz de transmisión, y detectando el haz recibido y proporcionando datos espectrales referentes al objetivo desde el mismo.

15. Un método para proporcionar radiación coherente ajustada sobre un rango de longitud de onda como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, el método que además comprende:

30 iluminar un área de objetivo mediante un haz de transmisión desde la fuente de radiación coherente ajustable, escanear el haz de transmisión sobre el área de objetivo en un patrón de escaneado, y recolectar un haz recibido desde el área de objetivo iluminada por el haz de transmisión; y

detectar el haz recibido y proporcionar datos de señal desde el mismo, y proporcionar imágenes hiperespectrales a partir de los datos de señal y del patrón de escaneado.



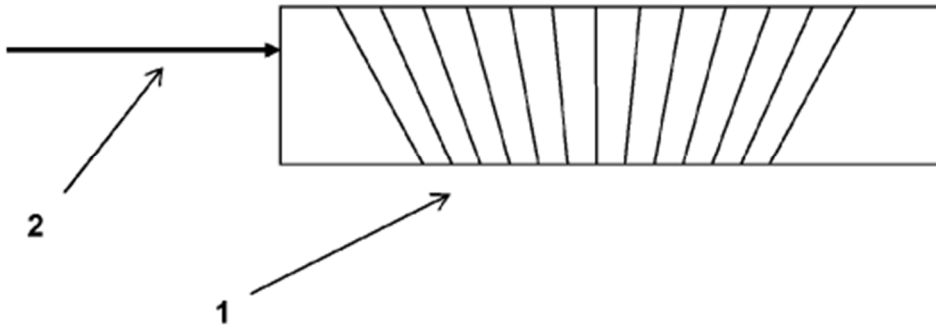


Figura 1

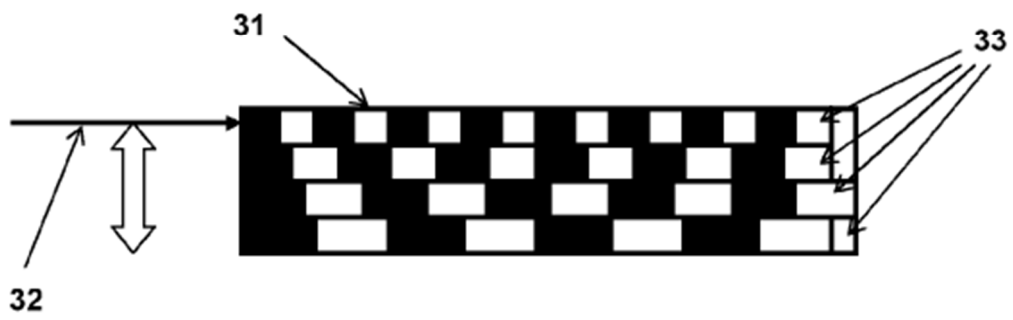


Figura 3

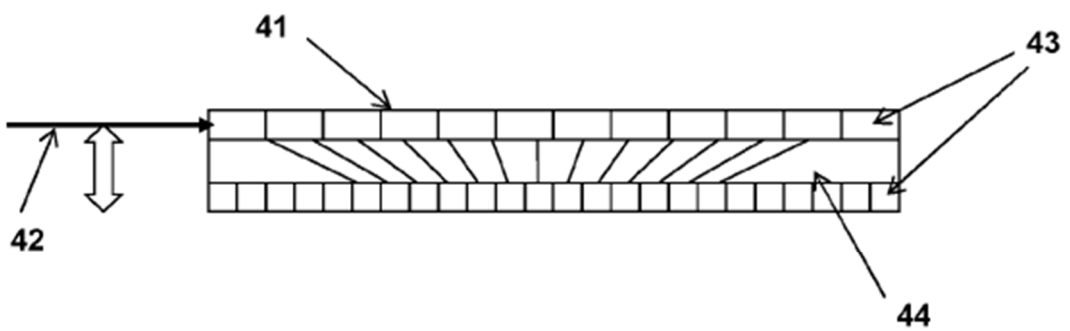


Figura 4

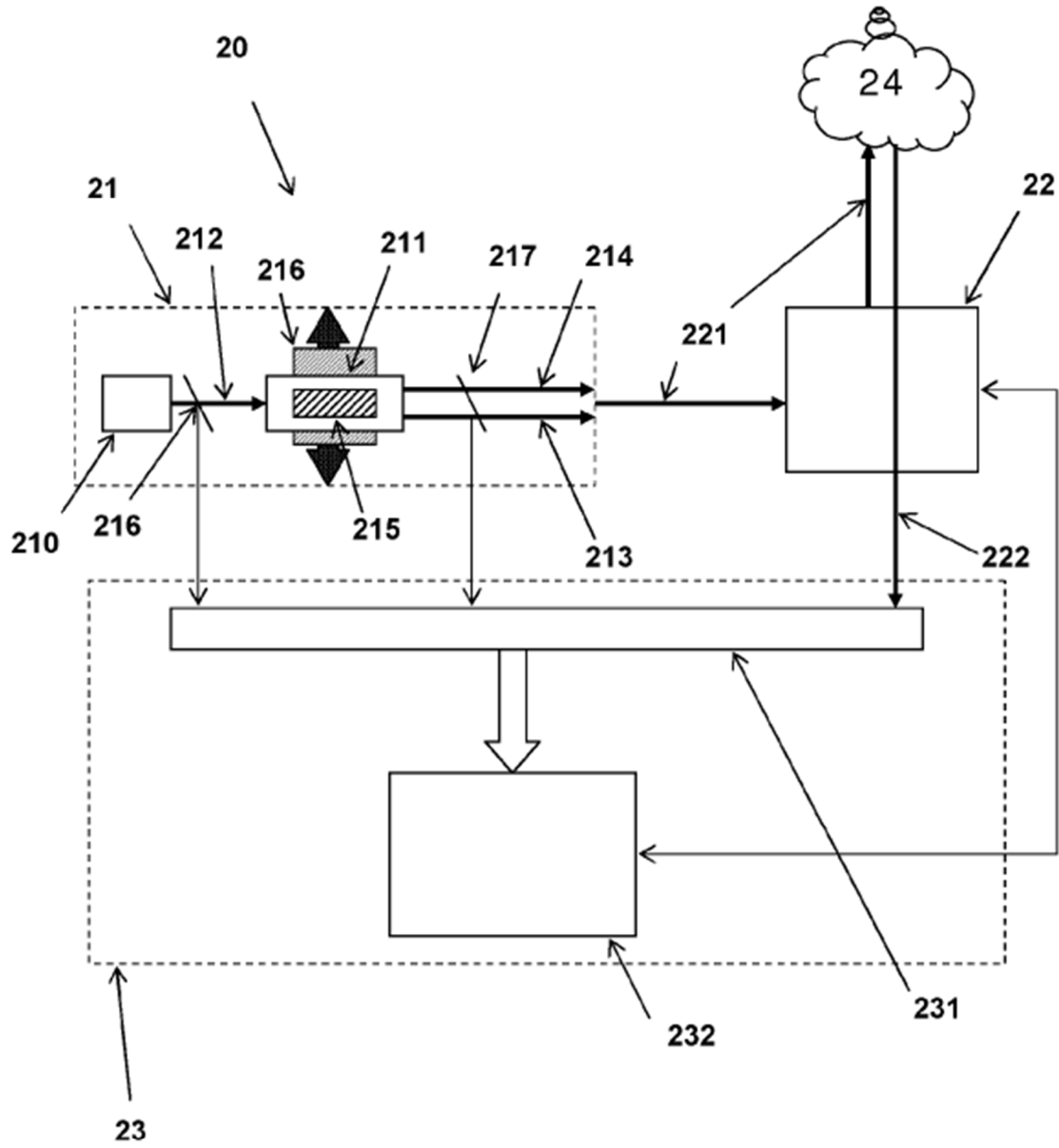


Figura 2