

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 799**

51 Int. Cl.:

A61B 5/083

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2019** **PCT/IB2019/052040**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2019** **WO19175800**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2019** **E 19718450 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023** **EP 3764897**

54 Título: **Capnómetro mejorado**

30 Prioridad:

15.03.2018 GB 201804172

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

13.10.2023

73 Titular/es:

**CAMBRIDGE RESPIRATORY INNOVATIONS LTD
(100.0%)**

**The Grange, 20 Market Street Swavesey
Cambridge, Cambridgeshire CB24 4QG, GB**

72 Inventor/es:

**OVEREND, RUSSELL;
WHITEHILL, CRAIG;
PHIMISTER, COLIN;
CARTER, JULIAN y
WALSH, JEREMY**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 950 799 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

Capnómetro mejorado

5 **Campo de la invención**

[0001] Esta invención se refiere, en general, a un capnómetro, en particular, a un capnómetro que utiliza una geometría reflectante, para determinar un nivel de CO₂ en un gas.

10 **Antecedentes de la invención**

[0002] Se pueden realizar mediciones de la concentración de ciertos gases en la respiración usando técnicas de infrarrojos no dispersivos. La más común es la medición de dióxido de carbono usando la banda de absorción de 4.26 μm , de lo cual dan a conocer ejemplos Andros Inc en los documentos US 4,423,739A, US 4,200,791A y US 4,013,260A, e Hitachi Ltd en el documento US 3,893,770. Realizando mediciones sucesivamente es posible registrar la variación de dióxido de carbono en la respiración en función del tiempo. Estos dispositivos, conocidos como capnómetros, son útiles para proporcionar una perspectiva tanto de la ventilación como de la perfusión de aire en los pulmones. A partir del documento US 2016/327475 se conoce otro capnómetro que comprende un elemento óptico reflectante difractingente.

[0003] Resulta beneficioso poder medir la concentración de gas con una alta precisión sobre un intervalo de concentración amplio y con una resolución temporal elevada. Típicamente, para mediciones de dióxido de carbono en la respiración, el intervalo de medición puede variar desde el nivel de fondo de dióxido de carbono en el aire que respiramos hasta la concentración de dióxido de carbono disuelto en sangre venosa, que, para pacientes con hipercapnia aguda, puede superar los 10 kPa. Cuando se considera el requisito de la resolución temporal de la medición de gas en la respiración debemos darnos cuenta de que el recorrido espiratorio e inspiratorio se producen durante una breve fracción de una respiración. Además, para los neonatos, la frecuencia de respiración puede ser elevada – hasta 60 respiraciones por minuto. Por lo tanto, es deseable disponer de tiempos de respuesta del detector por encima de 100 Hz. Además, para evitar la pérdida de información temporal, es necesario realizar mediciones cerca de la nariz o boca y, por lo tanto, el sensor puede verse afectado por la condensación de la respiración.

[0004] También es deseable conseguir que estos dispositivos sean de bajo coste y prever un tubo de respiración recambiable de bajo coste, un elemento desechable que aisle la respiración del paciente con respecto al cuerpo del dispositivo, de manera que el dispositivo no llegue a contaminarse.

[0005] El uso de un capnómetro de LEDs de geometría reflectante se ha descrito en el documento US 5,261,415 y según se describe en los documentos US 2013/0271751 A1, WO 2007/091043 A1 y "A Novel Solid State Non-Dispersive Infrared CO₂ Gas Sensor Compatible with Wireless and Portable Deployment" ["Un sensor de gas CO₂ de infrarrojos no dispersivo, de estado sólido, novedoso y compatible con un despliegue inalámbrico y portátil"], Sensors 2013, 13(6):7079-7103 (mayo de 2013) de D. Gibson y C. MacGregor y en la publicación de solicitud PCT del solicitante en tramitación con la presente n.º WO 2016/092308. El uso de LEDs eficientes de infrarrojos medios y geometrías reflectantes según se describe en dichos documentos puede lograr una alta resolución temporal y una precisión elevada sobre un intervalo de concentración específico. No obstante, el uso de espejos curvados esféricos/elípticos introduce varias dificultades, a saber, son difíciles de calentar uniformemente para evitar la condensación; la curvatura puede provocar que quede gas atrapado en el vértice lo cual reduce la resolución temporal del sistema y la longitud de trayecto única significa que el sensor es adecuado para un intervalo estrecho de medición de concentración de gas. Asimismo, el sistema curvado no se presta a la introducción de un tubo de respiración recambiable.

[0006] Existe, por lo tanto, una necesidad de mejorar los capnómetros que utilizan una geometría reflectante.

50 **Compendio de la invención**

[0007] Según la invención, se proporciona, por tanto, un capnómetro para detectar una concentración de un componente en un gas según se define en la reivindicación 1.

[0008] El capnómetro se puede usar para medir cuantitativamente la concentración (o variación temporal asociada, tal como se describirá de forma adicional posteriormente) de un componente gaseoso particular en una mezcla gaseosa utilizando el principio de la absorción de IR no dispersiva.

[0009] La geometría reflectante del capnómetro proporciona una producción de bajo coste y un bajo consumo de potencia. Los inventores se han dado cuenta de que la óptica de transmisión, los elementos giratorios o la óptica de los divisores de haz con filtros, que se utilizan generalmente en una geometría de una óptica colimada, pueden llegar a ser redundantes en un capnómetro al usar la geometría reflectante. El capnómetro se puede utilizar, por tanto, para realizar mediciones en las que un par emisor/detector adyacente se dispone en un lado de un volumen de una muestra de gas y una superficie reflectante se proporciona en el otro lado del volumen de la muestra de gas.

[0010] La geometría reflectante permite lograr además una longitud de muestreo apropiada para alcanzar la relación requerida de señal/ruido en el detector a la concentración de gas apropiada para las mediciones de la función pulmonar. En la geometría reflectante, la longitud de muestreo se puede determinar por la distancia entre el emisor y el reflector así como la distancia entre el reflector y el detector. En particular, la provisión de un reflector, según define la invención, proporciona una geometría sustancialmente más plana que conduce a varias ventajas, que incluyen una mayor facilidad de calentamiento uniforme, un requisito de menor energía de calentamiento y la posibilidad de insertar más fácilmente un tubo de respiración recambiable con un espacio muerto mínimo, siendo el espacio muerto el gas que queda fuera del tubo de respiración que es muestreado por el detector. Además, la geometría más plana proporciona un intervalo de longitudes de trayecto con lo cual se incrementa el intervalo de medición de concentración de gas del capnómetro. Adicionalmente, al usarse un elemento de enfoque reflectante basado en la difracción se puede producir una ventaja de reducción del requisito de la precisión de colocación del reflector con respecto al emisor y al detector, lo cual puede hacer que disminuyan los costes del dispositivo y conseguir que la medición sea más precisa. Adicionalmente, un reflector basado en la difracción presenta una mayor especificidad para la longitud de onda con lo cual se permite que el sensor tenga más sensibilidad al gas objetivo que se debe muestrear.

[0011] El capnómetro se puede hacer funcionar en un modo sin derivación o sustancialmente sin derivación de manera que se puede lograr una alta resolución temporal cuando se determina la concentración del componente en el gas.

[0012] El capnómetro se puede implementar de una manera que permita la medición de una concentración de gas cerca de los orificios oronasaes.

[0013] En una realización preferida del capnómetro, la detección de la concentración del componente en un gas comprende detectar una variación temporal de la concentración del componente.

[0014] Se apreciará que, usando la geometría reflectante, se pueden utilizar varias configuraciones.

[0015] El emisor está situado en una primera ubicación en un primer lado de dicha región de flujo de aire, en donde dicho detector está situado en una segunda ubicación en un segundo lado de dicha región de flujo de aire, en donde dicho primer lado es adyacente a dicho segundo lado, en donde dicho reflector está situado en una tercera ubicación en un tercer lado de dicha región de flujo de aire, y en donde dicho tercer lado es opuesto a dicho primer lado u opuesto a dicho segundo lado. El reflector comprende por lo menos uno de entre un reflector de Fresnel y una placa zonal de Fresnel reflectante.

[0016] El reflector es un reflector de Fresnel o un elemento óptico difractinge reflectante. Un reflector de Fresnel puede comprender uno o más cortes dentro de un reflector curvado que terminan en un único plano reduciéndose así el grosor del elemento reflectante. Preferentemente, se proporcionan por lo menos cuatro cortes en anillos concéntricos.

[0017] Alternativamente, el reflector es un elemento óptico difractinge reflectante. Por ejemplo, el reflector puede comprender una placa zonal de Fresnel, una red reflectante, un holograma o un tamiz de fotones. Más preferentemente, el reflector comprende una placa zonal de Fresnel (FZP) que tiene un único o múltiples niveles de fase. Una FZP difiere con respecto a una lente reflectante de Fresnel en que el enfoque de la luz se logra a través de la difracción. Los elementos difractinges se forman en películas delgadas o directamente sobre la superficie de un cuerpo y se pueden producir en serie de manera económica en comparación con una óptica refringente o reflectante convencional. Esto permite que las estructuras tengan la geometría más plana y más delgada de un elemento de enfoque con lo que se proporciona el espacio muerto más bajo, una uniformidad de calentamiento mejorada y una menor potencia de calentamiento y menores costes en materiales. Adicionalmente, los elementos difractinges se pueden diseñar de manera que la sensibilidad del nivel de la señal recibido por el detector con respecto a la ubicación de la placa zonal se reduzca con lo cual se incrementa la precisión del dispositivo.

[0018] En una de las realizaciones, una placa zonal reflectante que tiene múltiples niveles de fase comprende una serie de escalones. Preferentemente, la serie de escalones constituyen una aproximación al cambio de fase continuo introducido por un reflector curvado. La placa zonal multifase contiene más de una altura de un escalón. Preferentemente, las alturas de los escalones introducen un cambio de fase $<\pi/2$, sin que ninguna altura de un escalón introduzca un cambio de fase superior a 2π . Esto limita la altura total del escalón y, por lo tanto, limita el grosor total del reflector sustancialmente a esta altura.

[0019] Para longitudes de onda del infrarrojo medio, las alturas de los escalones son $<0.5\ \mu\text{m}$ y las alturas totales de los escalones son $<5\ \mu\text{m}$.

[0020] En una realización más preferida, el reflector comprende una placa zonal de Fresnel de un único nivel de fase. Una placa zonal de Fresnel reflectante comprende escalones de una única altura aplanados sobre una superficie recubiertos con un reflector de tal manera que la interferencia de los frentes de onda reflejados desde la superficie de la placa zonal maximiza el flujo de radiación en el detector. Típicamente, la altura del escalón es un cuarto de la longitud de

onda de la luz. El patrón particular proporcionado en la FZP se puede optimizar para maximizar la intensidad de la radiación que llega al detector y en función de la posición y el tamaño del emisor y el detector, la dimensión del muestreo y otros elementos ópticos en el trayecto de la radiación. En una plaza zonal de Fresnel convencional, los escalones se disponen en círculos o elipses concéntricos, aunque aquellos versados en la materia pueden calcular la disposición de los escalones en la placa zonal para lograr la señal máxima en el detector o un nivel de señal alto combinado con una sensibilidad reducida con respecto a la posición de la placa zonal en relación con el emisor y el detector. Se pueden proporcionar patrones alternativos de escalones, por ejemplo, en forma de una red, un holograma o un tamiz de fotones.

[0021] El material del reflector de Fresnel, la FZP u otro elemento óptico difractinge reflectante puede ser cualquier material adecuado para esta aplicación conocido en la técnica. Preferentemente, un reflector de Fresnel se realiza a partir de un polímero de alta densidad, más preferentemente mediante moldeo por inyección. La superficie del reflector se proporciona mediante un recubrimiento de una película metálica delgada, por ejemplo, que se aplica por evaporación, bombardeo iónico u otro depósito físico en fase de vapor o mediante un método electroquímico. Los elementos de metales adecuados incluyen, aunque sin carácter limitativo, oro, plata y aluminio.

[0022] Una placa zonal de Fresnel también se puede fabricar a partir de un polímero de alta densidad y moldeo por inyección. Las disposiciones/patrones de los escalones se pueden fabricar en una pieza maestra utilizando técnicas de microfabricación de silicio conocidas por aquellos versados en la materia, tales como fotolitografía y ataque químico de capas de dióxido de silicio, nitruro de silicio y oxinitruro de silicio crecidas mediante deposición química en fase de vapor (CVD) o deposición química en fase de vapor mejorada con plasma (PECVD) sobre silicio. Los patrones de la placa zonal maestra se pueden utilizar en el utillaje de moldeo por inyección directamente o se pueden usar para realizar un inserto de moldeo electroconformado, típicamente utilizando níquel depositado por galvanoplastia. La superficie del reflector se proporciona mediante una película metálica delgada como con la lente de Fresnel, tal como un recubrimiento de oro, plata o aluminio.

[0023] Preferentemente, la FZP se proporciona en forma de un elemento de enfoque de FZP de fase en un único nivel y de película delgada.

[0024] Se puede fabricar una FZP pelicular sobre una lámina utilizando un método de estampación en caliente. Por ejemplo, una hoja, tal como un metal o polímero delgado de PET ó PEN se recubre con una superficie superior que contiene un polímero termoestable que se puede moldear utilizando un rodillo de estampación en caliente. A continuación, la hoja se puede recubrir con un recubrimiento reflectante según se ha descrito anteriormente en la presente, y la FZP se corta a partir de la hoja. La hoja puede incorporar un elemento conductor en el reverso, que se puede fijar a una fuente de corriente utilizando conductores.

[0025] El capnómetro comprende, además, un tubo de respiración, en donde el tubo de respiración define un canal entre el emisor/detector y el reflector de Fresnel, la FZP u otro elemento óptico difractinge reflectante para la región de flujo de aire. El reflector tiene una superficie plana. Más preferentemente, solo se requiere un único reflector. Preferentemente, el tubo de respiración es separable del capnómetro. Un tubo de respiración recambiable es útil para un dispositivo multiusuario ya que evita la transferencia de enfermedades entre pacientes y es útil para un dispositivo de un solo usuario ya que puede mitigarse toda acumulación de contaminación en el trayecto óptico que reduce el nivel de la señal.

[0026] En realizaciones del capnómetro que utilizan un tubo de respiración, el emisor, el detector y/o el reflector de Fresnel, la FZP ó el elemento óptico difractinge reflectante se pueden montar en el tubo de respiración. Cuando el tubo de respiración es separable con respecto al capnómetro, el intercambio del tubo de respiración con emisor, detector y/o reflector puede permitir minimizar cualquier contaminación sobre el emisor, detector y/o reflector.

[0027] Preferentemente, el tubo de respiración se forma a partir de un polímero de alta densidad, preferentemente mediante moldeo por inyección.

[0028] En otra realización preferida, el capnómetro puede comprender, además, por lo menos una capa óptica entre el emisor y el reflector y/o entre el detector y el reflector para mejorar la eficiencia de captación de la luz de IR emitida por el emisor sobre el detector. Esta capa óptica puede comprender un material transmisor de infrarrojo medio tal como, aunque sin carácter limitativo, silicio. Aquellos versados en la materia conocerán otros materiales adecuados para la capa óptica, y los mismos incluyen, aunque sin carácter limitativo, ZnS, ZnSe, Ge, vidrios de calcogenuros y ciertos polímeros. Se apreciará que cuando el emisor y el detector estén dispuestos en el mismo lado de la región del flujo de aire, la capa óptica puede ser una única capa, o dos capas independientes entre emisor/reflecto y detector/reflecto, respectivamente. La capa o capas pueden tener recubrimientos antirreflectantes aplicados en sus superficies, con lo cual se minimizan o reducen las pérdidas de reflexión y se maximiza o incrementa la transmisión a través de la capa o capas. Las capas también pueden contener elementos ópticos difractinges para mejorar la eficiencia de captación del detector.

[0029] En otra realización preferida del capnómetro, el elemento y/o el detector están ubicados externos con respecto al tubo de respiración, y el tubo de respiración comprende una primera parte transmisora del IR medio, en donde la parte transmisora del IR medio está alineada con el emisor y el detector para permitir el paso, a su través, de luz del IR medio

entrando y saliendo del tubo de respiración. Preferentemente, la parte transmisora del IR medio comprende una ventana independiente. Se entenderá que si no se aprovecha ninguna ventana independiente, el tubo de respiración puede ser transmisor del IR medio en la parte que está alineada con el emisor y el detector. Cuando la parte transmisora del IR medio comprende una ventana independiente, el capnómetro comprende, además, preferentemente, una junta hermética dispuesta entre el tubo de respiración y la ventana independiente. La junta hermética puede ser adecuada para evitar que el aire que rodea el capnómetro penetre en la región de flujo de aire en la que se muestrea el gas.

[0030] El tubo de respiración está provisto de rebajes apropiados formados en el mismo para la recepción de cualquier componente, tal como la parte transmisora del IR medio. Los componentes se afianzan allí a través de medios adecuados, tales como adhesivo.

[0031] La parte de transmisión del IR medio puede incluir un recubrimiento antirreflectante y/o un recubrimiento antivaho. Esto puede hacer que aumente la eficiencia de captación de la luz de IR emitida por el emisor sobre el detector, y, por lo tanto, puede hacer que mejore la relación de señal/ruido en la medida en la que los recubrimientos reducen la dispersión de luz de IR en la parte de transmisión del IR medio. De manera alternativa, o adicional, el capnómetro puede comprender, además, un calentador para calentar la parte de transmisión del IR medio. De esta manera, se puede evitar la condensación de agua en la parte de transmisión del IR medio para hacer que aumente la eficiencia de captación y, por tanto, la relación de señal/ruido.

[0032] Además de la parte de transmisión del IR medio, el capnómetro puede comprender, adicionalmente, una capa óptica entre el emisor y el reflector y/o entre el detector y el reflector para mejorar la eficiencia de captación de la luz de IR emitida por el emisor sobre el detector. Se apreciará que cuando el emisor y el detector estén dispuestos en el mismo lado de la región del flujo de aire, la capa óptica puede ser una única capa, o dos capas independientes entre emisor/reflectores y detector/reflectores, respectivamente, preferentemente, la capa óptica comprende un recubrimiento antirreflectante y/o un recubrimiento antivaho. Más preferentemente, el capnómetro puede comprender, además, un segundo calentador para calentar la capa óptica con el fin de evitar la condensación de agua en la superficie de la capa óptica. Se apreciará que el primer calentador y el segundo calentador pueden ser enterizos. Además, la parte transmisora del IR medio y la capa óptica, en algunas realizaciones, pueden ser enterizas.

[0033] Como se ha expuesto en líneas generales anteriormente, la capa óptica puede comprender silicio, ZnS, ZnSe, Ge, vidrios de calcogenuros, ciertos polímeros u otros materiales conocidos por aquellos versados en la materia.

[0034] En una realización preferida de la invención, el reflector de Fresnel, la FZP ó el elemento óptico difractinge reflectante se forma como parte del tubo de respiración, o enterizo con el mismo, mientras que el emisor y el detector son externos al tubo de respiración. En esta forma de realización, se proporciona una única ventana transmisora de IR en el tubo de respiración opuesta al reflector. Preferentemente, el reflector está provisto de un calentador, que, preferentemente, es externo al tubo de respiración. El uso de un reflector dentro del tubo de respiración proporciona una superficie plana para el contacto con el calentador, lo cual posibilita un calentamiento más uniforme del reflector. Más preferentemente, se proporciona una FZP de una sola fase en una película, preferentemente con un calentador laminado en el reverso, y la misma es fijable al tubo de respiración usando un rebaje preformado en el tubo, por ejemplo, con el uso de una presilla de ajuste a presión u otros medios de afianzamiento.

[0035] En algunas realizaciones, el tubo de respiración puede comprender una o más características de alineación para posibilitar la disposición del reflector con el emisor y el detector. Por lo tanto, estas características de alineación pueden mejorar el nivel de la señal y la reproducibilidad de las mediciones tomadas con el capnómetro. La característica o características de alineación pueden comprender espigas de alineación que pueden proporcionar una ubicación cinemática de las piezas componentes del capnómetro y facilidad de ensamblaje.

[0036] Alternativamente, en realizaciones del capnómetro, el reflector está situado externamente al tubo de respiración, y el tubo de respiración comprende una segunda parte transmisora del IR medio, en donde la segunda parte transmisora del IR medio está alineada con el reflector para permitir que pase, a su través, luz del IR medio entrando y saliendo del tubo de respiración.

[0037] En realizaciones del capnómetro, el emisor se puede configurar para proporcionar la luz de IR en dos o más longitudes de onda diferentes en el intervalo 3-5 μm , y el detector se puede configurar para detectar las dos o más longitudes de onda diferentes para el procesador de señales. Esta realización puede ser particularmente adecuada para detectar gases diferentes con picos de absorción diferentes o espectros de absorción en general diferentes.

[0038] En una de las realizaciones preferidas, el capnómetro comprende además una memoria para almacenar los datos de nivel a los que se da salida. Esto puede permitir un análisis de la concentración de gas y/o de la variación temporal de la concentración de gas medida con el capnómetro en una fase posterior.

[0039] En una de las realizaciones preferidas, el componente gaseoso a detectar en la mezcla gaseosa es CO_2 .

[0040] En otra realización preferida del capnómetro, el emisor comprende un emisor del IR medio de semiconductores III-V.

[0041] En otra realización preferida del capnómetro, el detector comprende un detector del IR medio de semiconductores III-V.

[0042] Se apreciará que el tipo de emisor y detector se puede determinar según el gas y/o componente gaseoso a muestrear.

[0043] Será importante obtener una resolución temporal suficiente de las mediciones para permitir que la señal transporte información suficiente sobre una perfusión y una ventilación de los pulmones de un paciente. La anchura de la muestra se puede reducir usando una óptica reducida y/o un diseño de tubo de respiración para acelerar el gas a través del área de muestreo. Por lo tanto, en una realización preferida del capnómetro, la región del flujo de aire puede tener un área en sección transversal que se reduce por donde la luz de IR pasa a través de la región del flujo de aire.

[0044] El capnómetro se puede usar en combinación con un dispositivo médico, en donde el capnómetro comprende, además, medios de bloqueo para inhibir que el aire que rodea el capnómetro fluya hacia el dispositivo médico.

[0045] En una realización preferida del capnómetro, el emisor comprende una pluralidad de emisores, en donde cada uno de la pluralidad de emisores emite luz centrada en una longitud de onda respectiva, diferente. Esto puede permitir muestrear, con el capnómetro, gases diferentes con espectros de absorción diferentes. Además, esta realización permite calibrar el dispositivo y/o determinar cuándo una medición de una concentración de gas es nula.

[0046] En otra realización preferida, el detector comprende una pluralidad de detectores, en donde cada uno de la pluralidad de detectores detecta luz en un intervalo respectivo, diferente, de longitudes de onda.

[0047] El diseño del trayecto óptico está destinado a garantizar una buena eficiencia de captación del sistema óptico, que comprende el emisor y el detector, utilizado en el capnómetro. Puede ser preferible el uso de materiales con baja absorción en longitudes de onda en las que el componente absorbe luz (por ejemplo, $4.26 \mu\text{m}$ para CO_2). Por otra parte, se puede lograr una superficie del reflector altamente reflectante utilizando, por ejemplo, Au depositado mediante deposición física en fase de vapor o deposición electroquímica.

[0048] El capnómetro también puede comprender un dispositivo de derivación. Por ejemplo, el capnómetro puede comprender un dispositivo de derivación para bloquear uno de entre un primer y un segundo trayectos de flujo de aire en el capnómetro cada vez, en donde el primer trayecto de flujo de aire conecta una parte de inhalación/exhalación del capnómetro por la que un usuario del capnómetro inhala/exhala aire y una parte de admisión del capnómetro a través de la cual entra aire en el capnómetro, y en donde el segundo trayecto de flujo de aire conecta la parte de inhalación/exhalación y una parte de salida del capnómetro por la que sale aire del capnómetro.

[0049] En una realización preferida del capnómetro el dispositivo de derivación comprende una válvula de derivación que es controlada por la inhalación/exhalación de aire por parte del usuario. Por ejemplo, durante la inhalación, la válvula de derivación puede abrir el primer trayecto de flujo de aire entre la parte de inhalación/exhalación y la parte de admisión del capnómetro, mientras que cierra el segundo trayecto de flujo de aire entre la parte de inhalación/exhalación y la parte de salida del capnómetro al mismo tiempo. La situación se puede invertir durante una exhalación por parte del usuario, de tal manera que se cierra la conexión entre la parte de inhalación/exhalación y la parte de admisión, mientras que se abre la conexión entre la parte de inhalación/exhalación y la parte de salida. Se apreciará que puede utilizarse un funcionamiento inverso de la válvula de derivación, en el que el primer trayecto de flujo de aire se bloquea durante la inhalación y el segundo trayecto de flujo de aire se abre (y a la inversa durante la exhalación). La válvula de derivación puede permitir una construcción sencilla, fiable y económica del dispositivo de derivación.

[0050] Se entenderá que el dispositivo de derivación puede adoptar otras formas, que se pueden controlar con otros medios, tales como medios electrónicos.

[0051] Realizaciones del capnómetro descrito en la presente se pueden combinar con y/o incorporar en un inhalador. Por lo tanto, se proporciona un inhalador que comprende un capnómetro según se describe en cualquiera de las realizaciones del presente documento, en donde dicho capnómetro está configurado para monitorizar un nivel de CO_2 en aire inhalado o exhalado a través de dicho inhalador.

[0052] El capnómetro también se puede configurar para dar salida a datos de concentración de gas a partir de un gas inhalado/exhalado de un paciente y se puede conectar a un procesador de datos configurado para recibir los datos de concentración de gas. En algunas realizaciones, los datos de concentración de gas pueden ser datos de concentración de gas CO_2 . Se entenderá que el procesador para recibir los datos de concentración de gas puede ser enterizo con el capnómetro.

Breve descripción de los dibujos

[0053] A continuación, se describirán estos y otros aspectos de la invención únicamente a título de ejemplo, en referencia a las figuras adjuntas, en las que los números iguales se refieren a las mismas partes en todas ellas, y en las cuales:

la figura 1 muestra una ilustración esquemática de componentes de un capnómetro según la técnica anterior;

la figura 2 muestra un esquema de un capnómetro que comprende una ventana óptica de silicio según la técnica anterior;

la figura 3 muestra una ilustración esquemática de un capnómetro que comprende un reflector de Fresnel y un tubo de respiración que incorpora dos ventanas transmisoras de IR según una realización de la presente invención;

las figuras 4A y 4B ilustran longitudes de trayectos recorridas por rayos de luz desde el emisor al detector a través de un reflector esférico y un reflector de lente de Fresnel, respectivamente;

la figura 5 muestra una ilustración esquemática de un capnómetro que incorpora un reflector de Fresnel dentro de un tubo de respiración desechable según otra realización de la presente invención;

la figura 6A muestra una ilustración esquemática de un capnómetro que incorpora una placa zonal de Fresnel según todavía otra realización de la presente invención, siendo la figura 6B una vista parcial ampliada de la placa zonal de Fresnel;

la figura 7A muestra una ilustración esquemática de un capnómetro que incorpora una placa zonal de Fresnel según todavía otra realización de la presente invención, siendo la figura 7B una vista parcial ampliada de la placa zonal de Fresnel;

la figura 8 muestra una ilustración esquemática de un capnómetro que incorpora una placa zonal de Fresnel de la película delgada con un calentador enterizo según todavía otra realización de la presente invención; y

la figura 9 es una vista en sección transversal de un capnómetro según todavía otra realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

[0054] La figura 1 muestra una ilustración esquemática de componentes de un capnómetro según la técnica anterior, tal como el descrito en la publicación de solicitud de patente anterior del solicitante, en tramitación con la presente, n.º WO 2016/092308. El dispositivo se puede aprovechar para medir la concentración de un componente gaseoso, tal como dióxido de carbono en un gas de muestra (por ejemplo, aire exhalado) que fluye atravesando una región de flujo de aire interpuesta entre un par emisor (2)/ detector (2) y un reflector (4). En la figura 1, un par emisor (2)/detector (3) y un reflector curvado (4) están incorporados en un tubo (1) de respiración y están conectados a una circuitería de detección y accionamiento electrónico. El valor de la corriente del detector puede ser proporcional a la corriente del emisor y a la cantidad de gas a muestrear en el área de muestreo.

[0055] El emisor (2) y/o el detector (3) del capnómetro pueden estar compuestos por semiconductores III-V. Se apreciará que los materiales adecuados para el emisor (2) y el detector (3) serán conocidos por aquellos versados en la materia. Idealmente, un diodo emisor está diseñado para emitir radiación de IR centrada en torno a 4.26 μm y el detector (3) es un fotodiodo que tiene una sensibilidad de pico centrada en torno a 4.26 μm .

[0056] La longitud de recorrido atravesada por la luz de IR emitida por el emisor (2) y detectada por el detector (3) mediante reflector (4) se selecciona de tal manera que la atenuación de la señal por absorción por parte de moléculas de CO₂ sea tal que el detector (3) pueda detectar un cambio de intensidad para el intervalo de concentración que es apropiado para la corriente gaseosa. Para la respiración humana, el intervalo de concentración de CO₂ varía entre el nivel de CO₂ de fondo que es inhalado por el humano y por encima de los 10 kPa que son exhalados por los pacientes con hipercapnia. Para el rango medio de 5 kPa la distancia recorrida por la luz de IR puede ser aproximadamente 20 mm.

[0057] La figura 2 muestra otro capnómetro según la técnica anterior. El capnómetro incorpora un tubo (1) de respiración desechable con un reflector curvado (4) y una capa óptica (5) que puede comprender silicio. La capa óptica (5) forma una junta hermética con el tubo (1) de respiración. La finalidad de la capa óptica (5) que comprende silicio es tanto proteger el par emisor (2)/detector (3) con respecto a la respiración, por ejemplo, para evitar una contaminación del par emisor (2)/detector (3), como aumentar la eficiencia de captación del sistema dirigiendo más luz emitida desde el emisor (2) de manera que incida en el detector (3). Aquellos versados en la materia conocerán otros materiales adecuados para la capa óptica (5), y los mismos incluyen, aunque sin carácter limitativo, ZnS, ZnSe, Ge, vidrios de calcogenuros y ciertos polímeros. El capnómetro incluye una junta hermética (9) para evitar que gas del área circundante entre en el área de

5 muestreo. En el ejemplo ilustrado, la junta hermética (9) está dispuesta en dos ubicaciones en las que el tubo (1) de respiración y la capa óptica (5) se conectan entre sí. Se apreciará que la junta hermética (9) puede estar dispuesta en una o más ubicaciones. La junta hermética (9) puede estar dispuesta en un lado encarado a la región de flujo de aire en la que se conectan el tubo (1) de respiración y la capa óptica (5), y/o en un lado encarado en alejamiento con respecto a la región de flujo de aire (tal como se muestra en la figura 2).

10 **[0058]** El par emisor (2)/detector (3) está montado en una placa (6) de circuito impreso que puede incorporar orejetas de posicionamiento de alta precisión para espigas (8) de posicionamiento que están incorporadas en el tubo (1) de respiración moldeado por inyección. Esto permite un alineamiento de alta precisión del par emisor (2)/detector (3) con el reflector curvado (4) de manera que puede lograrse una alta eficiencia de captación. La placa (6) de circuito impreso permite una conexión entre el par emisor (2)/detector (3) y un circuito de accionamiento. Un conector eléctrico (7) está conectado a la placa (6) de circuito impreso para accionar el par emisor (2)/detector (3).

15 **[0059]** El sistema se puede diseñar de tal manera que el conjunto completo se puede separar de la electrónica de accionamiento y el cuerpo del capnómetro, y puede ser sustituido. Por lo tanto, el conjunto de tubo de respiración que comprende el reflector curvado (4), la capa óptica (5) y el emisor (2)/detector (3) impresos en la placa (6) de circuito se puede desechar después del uso del capnómetro.

20 **[0060]** Aunque los capnómetros antes mencionados son adecuados para su finalidad y permiten una alta resolución temporal con una precisión elevada sobre un intervalo de concentración específico, el uso de espejos curvados esféricos/elípticos deriva en varias dificultades, que incluyen un calentamiento desigual que conduce a problemas con la condensación, la curvatura del espejo que provoca el atrapamiento de gas en el vértice lo cual reduce la resolución temporal del sistema y la longitud de un solo trayecto lo cual significa que el sensor es adecuado únicamente para un intervalo estrecho de medición. Además, la curvatura de la lente no se presta a una introducción sencilla en un tubo de respiración recambiable.

30 **[0061]** La figura 3 de los dibujos adjuntos ilustra un capnómetro según una realización de la presente invención. El capnómetro incorpora un reflector (12) de Fresnel en lugar del reflector curvado (4). El capnómetro comprende un tubo (1) de respiración que constriñe el flujo de aire, teniendo incorporadas el tubo en el mismo una ventana transmisora de IR estrecha y otra relativamente amplia (10a, 10b) en lados opuestos del tubo. El emisor (2) y el detector (3) se proporcionan adyacentes a la ventana estrecha (10a) y se montan en una placa (6) de circuito impreso. El reflector (12) de Fresnel se proporciona detrás de la ventana más amplia (10b). El par emisor/detector (1) puede estar compuesto por semiconductores III-V y materiales adecuados serán conocidos por aquellos versados en la materia. En este ejemplo, el emisor está diseñado para emitir radiación de IR centrada en torno a $4.26\ \mu\text{m}$ y el detector tiene un pico de sensibilidad centrado en torno a $4.26\ \mu\text{m}$. El par emisor/detector y el reflector de Fresnel se alinearán de manera que la luz emitida desde el emisor (2) sea enfocada por el reflector (12) sobre el detector (3). El gas fluye a través de la región de aire interpuesta entre el par emisor/detector (2, 3) y el reflector (12) de Fresnel. La región de flujo de aire está aislada con respecto al emisor/detector y el reflector por las ventanas transmisoras (10a, 10b) de IR de silicio que están provistas de recubrimientos antirreflectantes y un calentador (no mostrado).

40 **[0062]** El reflector (12) de Fresnel se realiza a partir de un polímero de alta densidad que se puede haber moldeado por inyección. En la realización mostrada en la figura 3, el reflector de Fresnel contiene cinco elementos concéntricos, aunque puede haber un número mayor o menor de elementos. La superficie del reflector se puede recubrir por evaporación, bombardeo iónico u otra deposición física en fase de vapor o mediante un método electroquímico con una película metálica delgada, tal como plata, oro o aluminio. Se apreciará que se pueden aprovechar diversas técnicas de deposición conocidas por los expertos. En este ejemplo, el reflector se recubre con una película de oro. No obstante, se entenderá que, con esta finalidad, pueden usarse otros diversos materiales conocidos por aquellos versados en la materia.

50 **[0063]** El tubo (1) de respiración se realiza a partir de polímero de alta densidad que se puede haber moldeado por inyección y puede incorporar rebajes para las ventanas (10a, 10b) de silicio que se pueden unir usando un adhesivo adecuado. Las ventanas de silicio pueden tener recubrimientos antirreflectantes para minimizar las pérdidas de la señal en las interfaces de aire/silicio. Las ventanas de silicio también incorporarán calentadores para mantener una temperatura de la ventana en contacto con la respiración con el fin de minimizar el efecto de la condensación de la respiración en el trayecto óptico. Aquellos versados en la materia conocerán otros materiales para las ventanas ópticas y que sean transparentes a la radiación infrarroja, y los mismos incluyen, aunque sin carácter limitativo, ZnS, ZnSe, Ge, vidrios de calcogenuros y ciertos polímeros. La ventana de silicio adyacente al reflector (12) de Fresnel se sitúa en proximidad inmediata con respecto al reflector para limitar el volumen de gas no muestreado.

60 **[0064]** Debe apreciarse que, en comparación con una geometría reflectante esférica en la que la distancia recorrida por un rayo de luz desde el emisor al detector a través del reflector es sustancialmente la misma para todos los rayos emitidos en ángulos sólidos que iluminan el reflector, el reflector (12) de Fresnel tiene una longitud de trayecto mayor para rayos emitidos con ángulos mayores (con respecto a la dirección normal a la superficie del emisor), según se ilustra en las figuras 4A y 4B en donde la figura 4A muestra la longitud del trayecto para un reflector esférico y la figura 4B muestra las múltiples longitudes de trayecto para un reflector de Fresnel. La sensibilidad del sensor depende de esta longitud del

trayecto. Mediciones realizadas con concentraciones de gas bajas requieren longitudes de trayecto grandes para permitir detectar una absorción suficiente y, al contrario, con concentraciones altas del gas se requieren únicamente longitudes de trayecto pequeñas para evitar que el detector reciba una señal demasiado pequeña. Por lo tanto, existe una longitud de trayecto óptima requerida para una concentración de gas particular. El intervalo de concentración de dióxido de carbono en la respiración es grande, por lo que resulta ventajoso disponer de múltiples longitudes de trayecto según proporciona el reflector de Fresnel incorporado en el capnómetro de la presente invención. Aquellos versados en la materia pueden determinar el intervalo óptimo de longitudes de trayecto en el gas que se esté muestreando en función de la salida de potencia del emisor, de la sensibilidad del detector y de las pérdidas en el trayecto óptico.

[0065] El uso del reflector de Fresnel proporciona una serie de ventajas con respecto a la técnica anterior. La geometría más plana permite insertar el tubo de respiración con un espacio muerto no muestreado más pequeño entre la ventana de silicio y el reflector, reduciéndose así los errores asociados a la absorción de la señal por el gas en el volumen de espacio muerto. La geometría plana también da origen a un intervalo de longitudes de trayecto según se ha detallado anteriormente, cuya consecuencia es incrementar el intervalo de medición del capnómetro.

[0066] La figura 5 ilustra un capnómetro similar al de la figura 3 pero en el que el reflector (12) de Fresnel se proporciona como parte de un tubo (1) de respiración recambiable. El par emisor/detector (2, 3) se monta de nuevo en una PCB (6), iluminando el emisor (2) una región de flujo de gas definida por el tubo (1) de respiración que incorpora una ventana (10a) de silicio calentada en el lado del emisor/detector y un reflector (12) de Fresnel en el lado opuesto. El reflector de Fresnel contiene un calentador (14) para evitar la condensación que afecta a la señal enfocada por la lente de Fresnel sobre el detector. Esta disposición, no solamente proporciona un mayor nivel de señal debido a la eliminación de las pérdidas de reflexión asociadas a la segunda ventana (10b) de silicio, sino también que reduce los costes de material del dispositivo. El calentador permite calentar las superficies que están en contacto con el gas de muestra, de manera que la temperatura de la superficie es suficientemente alta para evitar la condensación en el reflector (12) y/o la capa (10a) de transmisión. La geometría más plana del reflector de Fresnel posibilita un calentamiento más uniforme del reflector ya que se puede usar un calentador plano, lo cual permite que el mismo esté en contacto más uniforme con la superficie a calentar. Esto posibilita que el calentador use menos energía, reduciendo el consumo de potencia del capnómetro. Además, el requisito de baja energía de calentamiento reduce la dilatación térmica del sistema óptico, permitiendo que el mismo mantenga su geometría eficiente óptima.

[0067] El tubo (1) de respiración se puede realizar a partir de un polímero de alta densidad que se puede haber moldeado por inyección para obtener la forma requerida. El reflector de Fresnel está provisto de un recubrimiento adicional de material para lograr una superficie reflectante según se ha descrito previamente en relación con la figura 3. El reflector de Fresnel se puede incorporar al tubo de respiración utilizando un adhesivo adecuado o se puede fabricar en el mismo utillaje de moldeo por inyección que el tubo de respiración en dos mitades, de manera que el lado que contiene el reflector de Fresnel se puede recubrir, fijándose posteriormente las dos mitades con la ayuda de adhesivo adecuado o mediante ajuste con apriete. Se puede apreciar que son necesarias características de alineación (no mostradas) para garantizar que el tubo (1) de respiración, que incorpora ahora el elemento (12) de enfoque, se pueda alinear de manera precisa con el par emisor/detector (2, 3).

[0068] En algunas realizaciones, el tubo (1) de respiración puede contener canales que permiten derivar un gas de muestra con respecto a la región de flujo de aire en la que se examina el gas de muestra, de modo que se puede lograr una conductancia que sea suficientemente alta para el flujo que se va a muestrear.

[0069] Adicionalmente, las superficies del reflector (12) y/o la ventana (10a, 10b) de transmisión que están en contacto con el gas de muestra se pueden recubrir con materiales que modifican la energía superficial. Por tanto, cuando el condensado de agua proveniente de la respiración se forma en estas superficies, en el caso de modificadores de alta energía superficial, el condensado de agua forma una película delgada en lugar de una gotita o gotitas que potencialmente dispersan y, por lo tanto, reducen, la radiación de IR que incide en el detector (3). Los materiales modificadores de la energía superficial pueden ser, aunque sin carácter limitativo, tioles de hidrocarburos que contienen hidroxilo y carboxilo. Los tioles de hidrocarburos que contienen hidroxilo y carboxilo pueden ser particularmente adecuados para recubrir una superficie de oro con el fin de formar una monocapa autoensamblada. Sobre la superficie del reflector (12) se puede depositar óxido de polietileno o una amina de polímeros que contengan ciano. En el caso de modificadores de baja energía superficial, el condensado de agua forma gotitas que se aglomeran y caen desde la ventana, o, en el caso del reflector (12), recubren menos el reflector (12) y, por tanto, tienen un menor efecto sobre la señal. Los materiales de baja energía superficial pueden ser, aunque sin carácter limitativo, moléculas que contengan fluorocarbono. Los tioles de fluorocarbono pueden ser particularmente adecuados para recubrir una superficie de oro usando una monocapa autoensamblada.

[0070] Las figuras 6A y 6B muestran un esquema de un capnómetro según otra realización de la presente invención. En esta realización, el reflector comprende un elemento óptico difractingo reflectante en forma de una Plaza Zonal de Fresnel "FZP" (12') del tipo multinivel (véase la figura 6B) que está incorporada en el cuerpo del tubo (1) de respiración separable. En este tipo de placa zonal, se puede realizar una serie de escalones (12s) que constituyen una aproximación al cambio de fase continuo introducido por un reflector curvado. La placa está provista, nuevamente, de un calentador (14) y se proporciona una ventana transmisora (10a) de IR en oposición a la placa, alineados con la cual se montan un emisor (2)

y un detector (3) en la PCB (6). Típicamente, la serie de escalones (12s) introduce un cambio $<\pi/2$, sin que ninguna altura de escalón introduzca un cambio de fase superior a 2π con lo cual se limita la altura total del escalón y, por lo tanto, se limita el grosor total del espejo a esta altura más cualquier grosor de soporte requerido para garantizar integridad mecánica. Para longitudes de onda del infrarrojo medio, las alturas de los escalones son del orden de $0.5\ \mu\text{m}$ y las alturas de los escalones totales son $<5\ \mu\text{m}$.

[0071] La FZP se puede fabricar usando polímero de alta densidad y moldeo por inyección. Aquellos versados en la materia sabrán que el utillaje de moldeo por inyección para las pequeñas alturas de escalón requeridas para FZPs de fase multinivel adecuadas para las longitudes de onda del infrarrojo se pueden fabricar utilizando técnicas de microfabricación de silicio que incluyen, aunque sin carácter limitativo, fotolitografía y ataque químico de capas de dióxido de silicio y nitruro de silicio y oxinitruro de silicio crecidas mediante deposición química en fase de vapor (CVD) o deposición química en fase de vapor mejorada con plasma (PECVD) sobre silicio. Los patrones de la placa zonal maestra se pueden usar en el utillaje de moldeo por inyección directamente o se pueden usar para realizar un inserto de moldeo electroconformado, típicamente usando níquel depositado por galvanoplastia. En cuanto a la lente de Fresnel, la FZP requiere un recubrimiento con un material reflectante.

[0072] Las figuras 7A y 7B muestran otra realización de un capnómetro según la presente invención, que incorpora un tubo (1) de respiración desechable provisto de una Placa Zonal de Fresnel "FZP" (12") con un único nivel de fase (véase la figura 7B). Este es uno de los elementos difragentes más sencillos con solamente una altura de escalón. En esta realización, se aplanilla una serie de escalones concéntricos y la misma se recubre con un reflector adecuado de tal manera que la interferencia de frentes de onda dispersados desde la superficie de la placa zonal (12) da como resultado la maximización del flujo de radiación sobre el detector (3). En caso de que la FZP sea independiente con respecto al tubo de respiración, la geometría plana también permite insertar un tubo de respiración con un espacio muerto mínimo, minimizando así el error por el espacio muerto.

[0073] El patrón de escalones es un conjunto de círculos o elipses concéntricos optimizados de manera que la fase de las ondículas que llegan al detector están sustancialmente en fase y aquellas fuera del detector están fuera de fase. Aquellos versados en la materia conocen diversas optimizaciones, en las que a uno de los patrones particulares también se le puede hacer referencia como "tamiz de fotones" u "holograma". Típicamente, la altura de los escalones es un cuarto de la longitud de onda de la luz, con lo que esta estructura proporciona el elemento óptico más delgado. Igual que las realizaciones anteriores de las figuras 3 y 5A a 6B, la estructura requiere un recubrimiento de metal reflectante y se puede fabricar mediante moldeo por inyección de un polímero de alta densidad usando un molde de inyección adecuado.

[0074] Debe apreciarse que, en cualquiera de las realizaciones antes mencionadas, el capnómetro puede incluir un cuerpo (no mostrado), por ejemplo, de polímero de alta densidad moldeado por inyección, en relación con el cual se inserta el tubo de respiración. El cuerpo puede contener espigas de posicionamiento que se alinean con orejetas de una placa de circuito impreso. Opcionalmente, el reflector (12) de Fresnel puede ser enterizo con respecto al cuerpo. El par emisor (2)/detector (3) puede estar dispuesto encima de la placa de circuito impreso y se puede conectar un conector eléctrico a la placa de circuito impreso para accionar el par emisor (2)/detector (3). El tubo (1) de respiración se puede intercalar entre el cuerpo moldeado y la placa de circuito impreso.

[0075] En realizaciones descritas en el presente documento, existe el problema de contaminación de la superficie reflectante y/o cualquier componente/ventana de transmisión de IR. La contaminación puede reducir la señal recibida por el detector (3) y se puede presentar en forma de un aumento del nivel de CO_2 aun cuando en realidad no se haya producido ningún cambio. Uno de los métodos para mitigar esto es monitorizar la fase de inspiración del ciclo de respiración en la que se hace pasar aire fresco con niveles de CO_2 bajos a través del área de muestreo. Típicamente, la concentración de CO_2 es aproximadamente 450 ppm. Se apreciará que el umbral puede variar y se puede ajustar, preferentemente, en función de condiciones del área que rodea el dispositivo. Si el nivel de CO_2 medido es superior al umbral, el sistema puede indicar que la medición es nula. Se puede efectuar una corrección sobre el nivel de CO_2 medido.

[0076] La figura 8 muestra otro capnómetro según la presente invención, incorporando el capnómetro un tubo (1) de respiración con un elemento (12") de enfoque de FZP de fase de nivel único y de película delgada fijado al tubo de respiración con la ayuda de un rebaje preformado y una presilla (16) de ajuste a presión. La ventaja de una FZP pelicular es que la misma se puede fabricar en una lámina utilizando un método de estampación en caliente. Una hoja que puede ser o bien de metal delgado o bien de polímero, tal como PET ó PEN, se recubre con un polímero termoestable que pueda ser moldeado usándose un rodillo de estampación en caliente. La hoja, a continuación, se puede recubrir con un recubrimiento reflectante y la FZP se puede cortar a partir de la hoja. La hoja de FZP puede incorporar un elemento conductor en el reverso, que se puede unir a una fuente de corriente usando conductores. Este método de formación de la FZP, no solamente tiene unos costes reducidos, sino que también tiene una baja capacitancia térmica y, por lo tanto, usará menos energía para calentar el elemento con el fin de evitar la condensación que afecta el nivel de señal recibido por el detector.

[0077] La figura 9 de los dibujos adjuntos ilustra todavía otra realización de la presente invención que tiene un reflector 12 de Fresnel provisto dentro del tubo (1) de respiración tal como se muestra en la figura 5 aunque el área de

encaminamiento de la respiración se reduce mediante la provisión de un estrangulamiento 18 entre el emisor/detector (2, 3) y el reflector (12) de Fresnel. Esto sirve para incrementar la velocidad del gas que fluye a través del área de muestreo, con lo cual se incrementa la resolución, en el tiempo, de la determinación de la concentración del componente gaseoso que debe determinarse. Este incremento de la velocidad de la respiración garantiza que el tiempo de respuesta del capnómetro no dependa del tiempo de tránsito de la respiración en el área de muestreo.

[0078] En realizaciones descritas en la presente, puede que sea necesario añadir una ventana de IR medio adicional entre el par emisor/detector y el tubo de respiración con el fin de proporcionar protección a estos dispositivos durante la sustitución del tubo de respiración.

[0079] También es necesario lograr una calibración precisa del sistema. Esto es en particular así cuando se utiliza un tubo (1) de respiración recambiable ya que existe una posibilidad de variaciones pequeñas en la alineación. El dispositivo se puede calibrar suponiendo que el nivel de CO₂ de fondo es conocido. Esto podría ser así si el aire es aire ambiente. Alternativamente, el nivel de CO₂ se puede obtener a partir de una fuente de información diferente.

[0080] Alternativamente, para calibrar el dispositivo se puede usar un tubo (1) de respiración que incorpore un gas con nivel de CO₂ conocido. El tubo (1) de respiración puede comprender tapones terminales que pueden tener elementos separables de tal manera que, después de la calibración, los elementos separables se pueden desprender y el dispositivo está preparado para usarse.

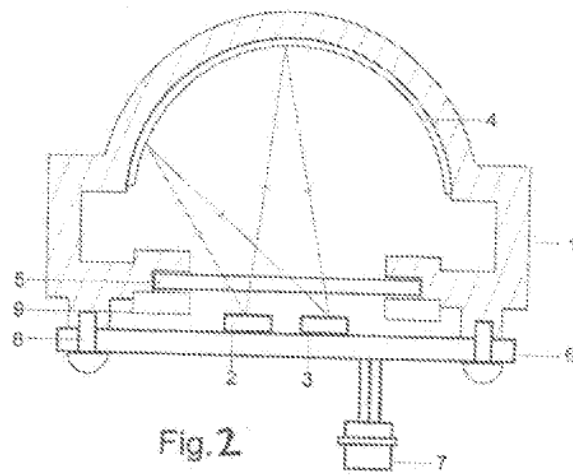
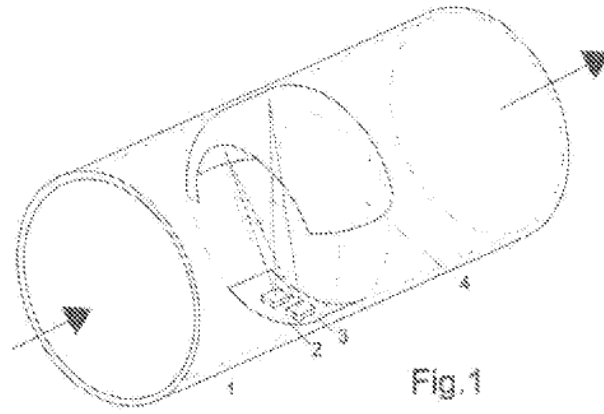
[0081] Sin duda que a los expertos se les ocurrirán muchas otras alternativas efectivas. Se entenderá que la invención no se limita a las realizaciones descritas y abarca modificaciones claras para aquellos versados en la materia y que se sitúan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas a la presente.

REIVINDICACIONES

1. Capnómetro para detectar una concentración de un componente en un gas, en donde dicho gas es inhalado y/o exhalado por un paciente, comprendiendo dicho capnómetro: una región de flujo de aire a través de la cual pasa dicho gas hacia y/o desde los pulmones de dicho paciente; un emisor del IR medio de semiconductores configurado para proporcionar luz de IR a una longitud de onda en el intervalo 3-5 μm ; un detector del IR medio de semiconductores para detectar dicha luz de IR y un reflector para reflejar dicha luz de IR emitida por dicho emisor; en donde dicho emisor, dicho detector y dicho reflector están dispuestos de tal manera que dicha luz de IR emitida por dicho emisor pasa a través de dicha región de flujo de aire por medio de dicho reflector hacia dicho detector, caracterizado por que el capnómetro incluye un tubo de respiración, en donde dicho tubo de respiración define un canal entre dicho emisor, detector y dicho reflector definiendo dicha región de flujo de aire, estando montados el emisor y el detector de manera adyacente en una placa de circuito en un lado del tubo de respiración y estando proporcionado el reflector en un lado opuesto del tubo de respiración, en donde el reflector tiene una geometría plana y se selecciona del grupo consistente en un reflector de Fresnel y un elemento óptico difrangible reflectante, estando alineados dichos emisor/detector y reflector de manera que luz del emisor es enfocada por el reflector de Fresnel o el elemento difrangible sobre el detector.
2. Capnómetro según la reivindicación 1, en el que dicho tubo de respiración es separable con respecto a dicho capnómetro.
3. Capnómetro según la reivindicación 1 ó 2, en el que por lo menos uno de dicho emisor, dicho detector y dicho reflector están montados en dicho tubo de respiración, preferentemente en donde dicho emisor y dicho detector están situados externos con respecto a dicho tubo de respiración, y en donde dicho tubo de respiración comprende una parte transmisora del IR medio, estando alineada dicha parte transmisora del IR medio con dicho emisor y dicho detector para permitir el paso, a su través, de luz del IR medio entrando y saliendo de dicho tubo de respiración.
4. Capnómetro según la reivindicación 2 ó 3, en el que dicho tubo de respiración comprende una o más características de alineación para posibilitar dicha disposición de dicho reflector con dicho emisor y dicho detector.
5. Capnómetro según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho emisor y dicho detector están situados externos con respecto a dicho tubo de respiración, y en donde dicho tubo de respiración comprende una parte transmisora del IR medio, estando alineada dicha parte transmisora del IR medio con dicho emisor y dicho detector para permitir el paso, a su través, de luz del IR medio entrando y saliendo de dicho tubo de respiración y dicho reflector está situado externo con respecto a dicho tubo de respiración, y en donde dicho tubo de respiración comprende una segunda parte transmisora del IR medio, estando alineada dicha segunda parte transmisora del IR medio con dicho reflector para permitir el paso, a su través, de luz el IR medio entrando y saliendo de dicho tubo de respiración.
6. Capnómetro según la reivindicación 5, en el que el emisor y el detector están proporcionados adyacentes a una parte de transmisión del IR medio estrecha y el reflector está proporcionado adyacente a una parte de transmisión del IR medio opuesta relativamente amplia.
7. Capnómetro según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, en el que dicho reflector está montado en el tubo de respiración, preferentemente en el que el tubo de respiración está provisto de rebajes preformados para la recepción del reflector.
8. Capnómetro según la reivindicación 7, en el que un lado plano del reflector en un lado externo del tubo de respiración está en contacto con un calentador.
9. Capnómetro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el reflector es un reflector de Fresnel que incluye por lo menos un corte en un anillo concéntrico, preferentemente múltiples cortes en múltiples anillos concéntricos.
10. Capnómetro según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el reflector es un elemento óptico difrangible reflectante en forma de una placa zonal de Fresnel, una red reflectante o un holograma reflectante, incluyendo el elemento óptico difrangible reflectante por lo menos un escalón, preferentemente múltiples escalones.
11. Capnómetro según la reivindicación 10, en el que el reflector es una placa zonal de Fresnel de múltiples niveles de fase, teniendo la placa una serie de escalones de más de una altura de escalón, preferentemente en donde las alturas de los escalones introducen un cambio de fase de $<\pi/2$, sin que ninguna altura de los escalones introduzca un cambio de fase superior a 2π , preferentemente en donde las alturas de los escalones son $<0.5 \mu\text{m}$ y las alturas de los escalones totales son $<5 \mu\text{m}$.

12. Capnómetro según la reivindicación 10, en el que el reflector es una placa zonal de Fresnel, una red reflectante o un holograma reflectante de un único nivel de fase que comprende una serie de escalones de una única altura, preferentemente en donde la altura de cada escalón es aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de la luz.
- 5 13. Capnómetro según la reivindicación 12, en el que el reflector se proporciona en forma de un elemento de enfoque de FZP de una fase de un solo nivel y de película delgada, preferentemente que comprende, además, un elemento conductor en el reverso, proporcionado en la película delgada.
- 10 14. Capnómetro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un dispositivo de derivación para bloquear uno de un primer y un segundo trayectos de flujo de aire en el capnómetro cada vez,

en donde dicho primer trayecto de flujo de aire conecta una parte de inhalación/exhalación del capnómetro por la cual un usuario del capnómetro inhala/exhala aire y una parte de admisión de dicho capnómetro a través de la cual entra aire en dicho capnómetro, y en donde dicho segundo trayecto de flujo de aire conecta dicha parte de inhalación/exhalación y una parte de salida de dicho capnómetro por la cual sale aire de dicho capnómetro.
- 15 15. Inhalador que comprende un capnómetro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho capnómetro está configurado para monitorizar un nivel de CO₂ en el aire inhalado a través de o exhalado a través de dicho inhalador.
- 20



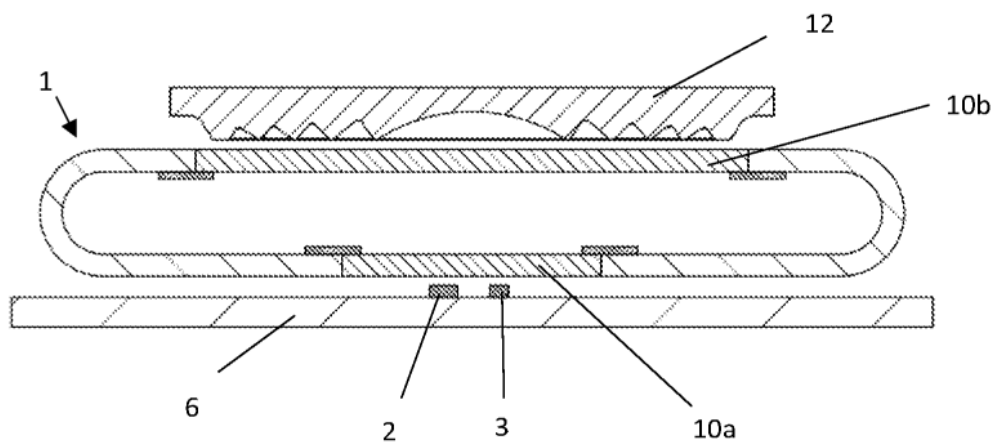


Fig. 3

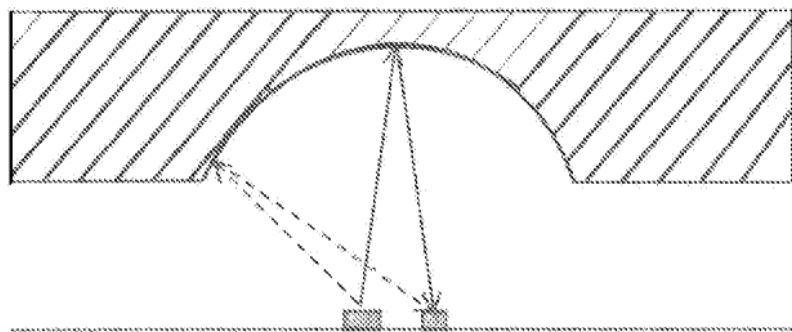


Fig. 4A

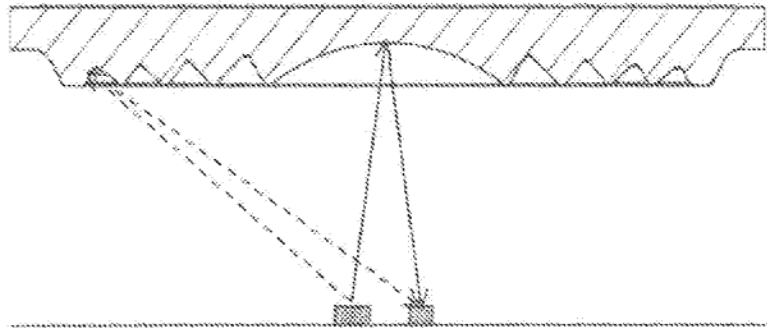


Fig. 4B

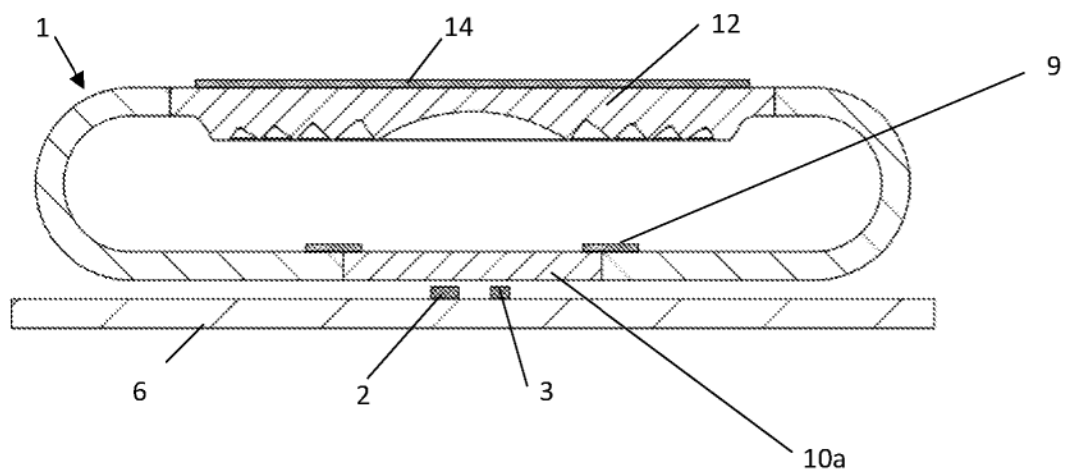


Fig. 5

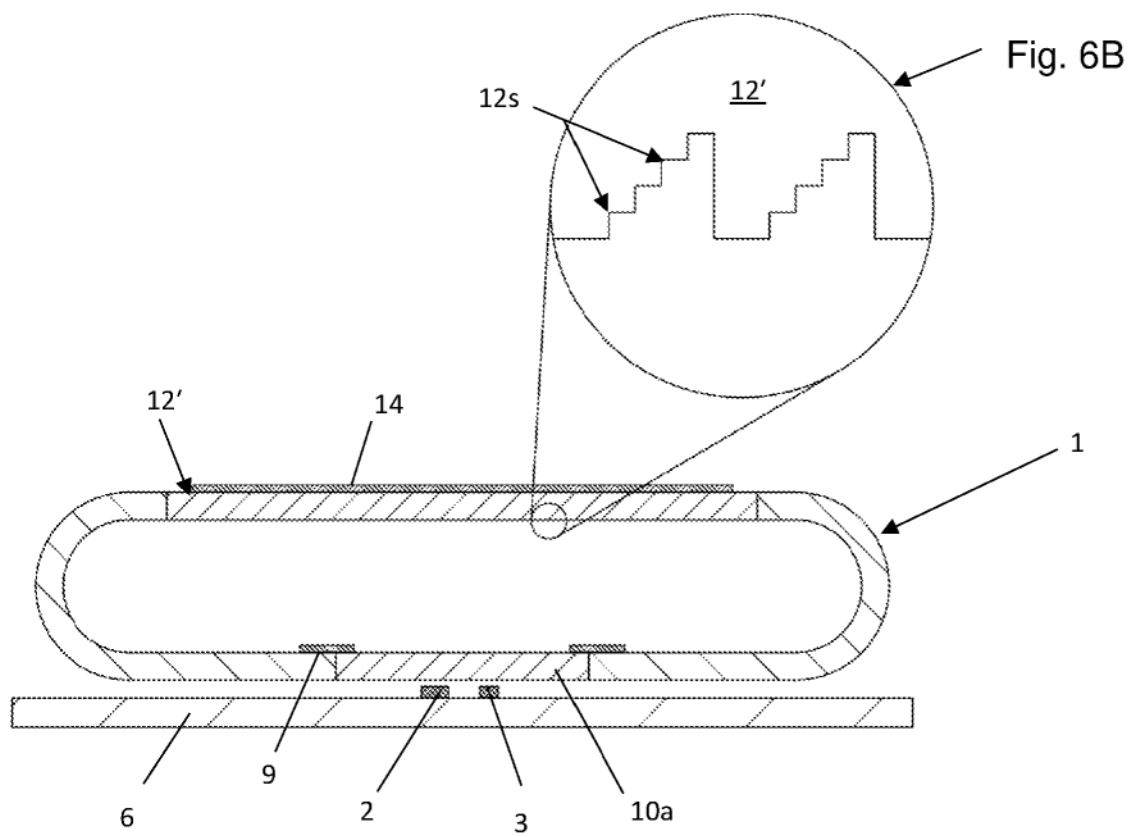


Fig. 6A

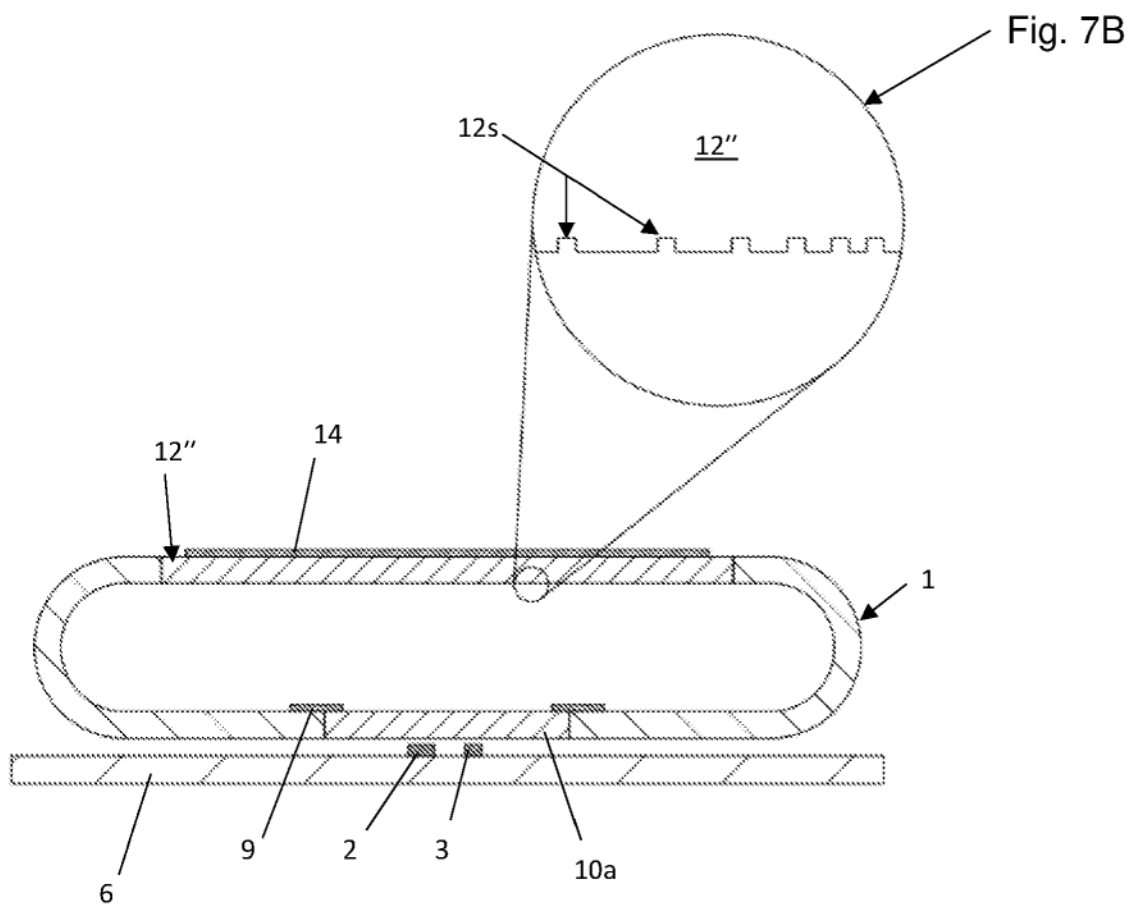


Fig. 7A

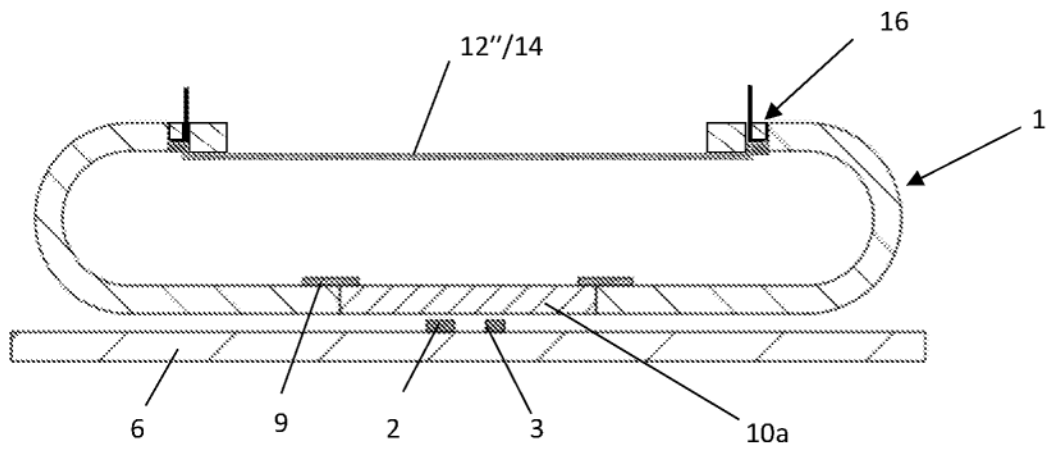


Fig. 8

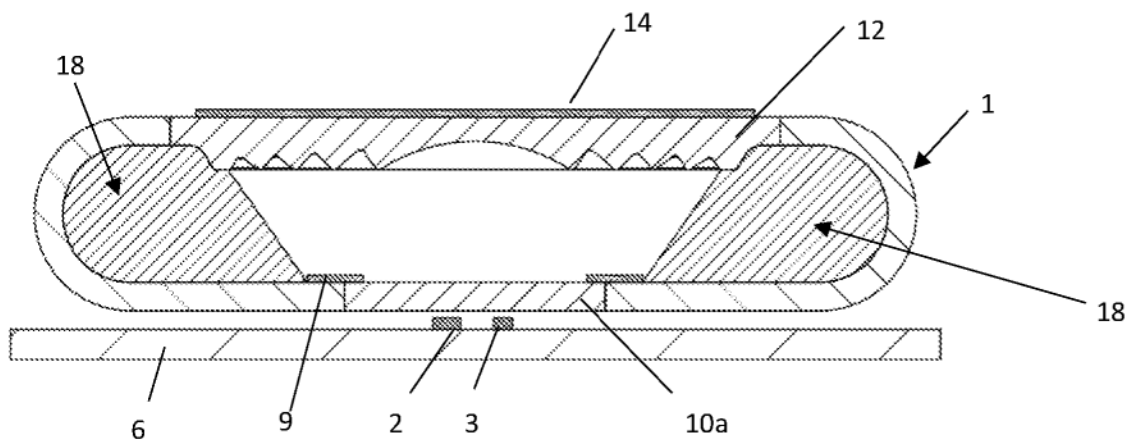


Fig. 9