

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 946**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/31** (2006.01)

**G01N 21/3504** (2014.01)

**G01N 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2013 PCT/FR2013/053281**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2014 WO14106717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2013 E 13827027 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2941631**

54 Título: **Sensor de concentración de CO2**

30 Prioridad:

**02.01.2013 FR 1350014**

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

**09.02.2018**

73 Titular/es:

**WITHINGS (100.0%)  
20 rue Rouget de Lisle  
92130 Issy Les Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

**HUTCHINGS, CÉDRIC;  
BUARD, NADINE;  
CAMPO, DAVID;  
BRAC DE LA PERRIERE, BRICE;  
BARROCHIN, PIERRE y  
DEBREUIL, XAVIER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 653 946 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**

Sensor de concentración de CO2

5 La presente invención se refiere a los dispositivos de medición de concentración de un gas predeterminado, en particular el CO2.

10 Más particularmente, la invención se refiere a un dispositivo de medición de la concentración de un gas predeterminado, que comprende una cavidad que contiene el gas predeterminado en una concentración a medir, una fuente de luz apta para emitir unos rayos luminosos, en particular infrarrojos, en la cavidad, un detector infrarrojo configurado para recibir una parte de los rayos luminosos infrarrojos en un intervalo espectral predefinido que corresponde a una fuerte absorción del gas predeterminado.

15 Se conoce por la técnica anterior del documento US8003944 colocar un segundo detector infrarrojo para crear un canal de referencia que permita librarse de las derivaciones lentas relacionadas, por ejemplo, con el envejecimiento de la lámpara. Los detectores en cuestión son costosos y voluminosos. Además, su consumo eléctrico es un inconveniente.

20 El documento US 2005/0173635 A1 describe un dispositivo de medición de un gas predeterminado, en particular CO2, tal como se define en el preámbulo de la reivindicación 1.

Por lo tanto, surge una necesidad de optimizar este tipo de dispositivo para disminuir el coste y el volumen, sin disminuir sus rendimientos y su precisión.

25 Para este propósito, la invención propone en particular un dispositivo de medición de la concentración de un gas predeterminado, en particular CO2, que comprende:

- una cavidad que contiene un conjunto gaseoso que contiene un gas predeterminado en una concentración a medir,

30 - una fuente de luz, de tipo lámpara de filamento o diodo electroluminescente, apta para emitir en la cavidad unos rayos luminosos en un rango espectral de base que incluye lo visible y el infrarrojo,

35 - un detector infrarrojo configurado para recibir una parte de los rayos luminosos en un primer intervalo espectral predefinido que corresponde a una fuerte absorción del gas predeterminado, y para transformar una potencia recibida en señal eléctrica,

- un fotodiodo configurado para recibir una parte de los rayos luminosos en un segundo rango espectral predefinido que corresponde a una baja absorción del gas predeterminado,

40 - una unidad de control configurada para calcular la concentración del gas predeterminado comparando una señal eléctrica representativa de la potencia luminosa recibida por el detector infrarrojo con una señal eléctrica representativa de la potencia luminosa recibida por el fotodiodo, en el que el fotodiodo trabaja en el campo de los visible, principalmente sensible a las longitudes de ondas comprendidas entre 0,4 y 0,8  $\mu\text{m}$ .

45 Gracias a estas disposiciones, se utiliza un solo detector de tipo termopila, y se dispone no obstante de un canal de referencia que permite eliminar del cálculo las derivaciones rápidas o lentas del dispositivo como los defectos de juventud o el envejecimiento de la fuente luminosa, la presencia de condensación en la cavidad, el ensuciamiento de la cavidad, etc.

50 Además, se utiliza un fotodiodo poco costoso debido a lo cual el precio del sensor de CO2 es atractivo.

En unos modos de realización del procedimiento según la invención, se puede recurrir eventualmente además a una y/u otra de las disposiciones siguientes, tomadas aisladamente o en combinación:

55 - el gas predeterminado puede ser particularmente un dióxido de carbono CO2 y el conjunto gaseoso es el aire ambiente; de manera que se puede medir la concentración de CO2 en el aire ambiente;

60 - el dispositivo puede comprender un filtro interpuesto entre la fuente y el detector, estando dicho filtro centrado sobre la longitud de onda  $\lambda_1 = 4,26 \mu\text{m}$ ; así, se puede medir principalmente la atenuación provocada por el CO2 y eliminar otros fenómenos de atenuación;

65 - la cavidad puede tener una forma general tubular, que tiene preferentemente un diámetro inferior a 10 mm y una longitud preferentemente inferior a 10 cm, dirigiéndose los rayos sustancialmente según una dirección axial X de la forma tubular; mediante lo cual tal dispositivo puede integrarse en un objeto con dimensiones relativamente moderadas;

- el fotodiodo puede disponerse en una posición radial con respecto a la dirección axial X de la forma tubular; de manera que las dimensiones pueden también disminuirse y la integración mecánica facilitarse;

5 - la cavidad puede ser un tubo de aluminio o un tubo de plástico revestido sobre su superficie interna de un depósito metálico; así, se dispone de una cavidad al mismo tiempo fácil de fabricar y que presenta unos buenos coeficientes de reflexión óptica sobre su superficie interior;

10 - no hay filtro interpuesto entre la fuente de luz y el fotodiodo; de manera que el segundo canal de medición (referencia) es particularmente simple y no necesita puesta a punto o adaptación;

- la fuente de luz está controlada por un control intermitente; por lo que se utiliza una fuente luminosa poco costosa y se limita el consumo eléctrico medio;

15 - el detector puede ser de tipo termopila o de tipo piroeléctrico, o también de tipo fotodiodo que trabaja en el campo infrarrojo; y ventajosamente se utiliza un solo detector de este tipo de manera que se limita el coste del sensor;

- el consumo eléctrico acumulado del detector y del fotodiodo es inferior a 1 mA cuando se activan para una medición; de manera que tal sensor puede estar integrado en un aparato autónomo que tiene una autonomía eléctrica relativamente moderada.

20 Otras características y ventajas de la invención aparecerán durante la descripción siguiente de una de sus formas de realización, dada a título de ejemplo no limitativo, con respecto a los dibujos adjuntos.

En los dibujos:

25 - la figura 1 es una vista esquemática del dispositivo de medición de concentración de gas según la invención,

- las figuras 2A y 2B representan unos diagramas espectrales relativos al dispositivo de la figura 1,

30 - la figura 3 muestra un esquema eléctrico del principio del dispositivo de la figura 1, y

- la figura 4 muestra unos cronogramas relacionados con el dispositivo de la figura 1.

35 En las diferentes figuras, las mismas referencias designan unos elementos idénticos o similares.

La figura 1 representa un dispositivo 10 de medición de concentración de un gas predeterminado, en este caso en el ejemplo ilustrado un dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), presente en el aire ambiente.

40 Sin embargo, el principio presentado permite utilizar tal dispositivo para medir la concentración de cualquier gas predeterminado que tenga unas propiedades de absorción de rayos luminosos, en particular unos rayos luminosos en el campo infrarrojo, incluyéndose dicho gas predeterminado en un conjunto gaseoso dado 11.

45 El dispositivo comprende en primer lugar una cavidad 6 que contiene el conjunto gaseoso 11 que contiene el gas predeterminado en una concentración a medir; en el ejemplo ilustrado, el conjunto gaseoso es el aire ambiente que entra en la cavidad por una entrada 8 denominada "IN" y que sale por una salida 9 denominada "OUT"; sin embargo, podría haber sólo un orificio que sirva de entrada y de salida al mismo tiempo. En el ejemplo ilustrado, la cavidad toma la forma de un tubo recto, sin embargo, la forma podría ser muy diferente, la generatriz del tubo podría ser curva; la cavidad podría también presentarse en forma de un toro o de cualquier otra disposición geométrica. La carcasa de la cavidad puede ser de aluminio o de material plástico recubierta en su superficie interna de un depósito metálico.

50 Además, el dispositivo 10 comprende una fuente de luz 1, más generalmente una fuente de radiaciones electromagnéticas que incluye unos rayos luminosos visibles y unos rayos luminosos infrarrojos, que se emiten en la cavidad. En la presente descripción, el término "fuente de luz" o "radiación luminosa" no se limita, por lo tanto, al campo de lo visible.

La fuente de luz 1 es una lámpara de filamento clásica o un diodo electroluminescente (Led).

60 La fuente de luz emite unos rayos luminosos 5 en un intervalo espectral de base que incluye lo visible (0,4 a 0,8  $\mu\text{m}$ ) y lo infrarrojo (0,8  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ ).

Los rayos luminosos 5 se reflejan sobre la superficie interna 16 de la cavidad y se captan por diferentes entidades que se detallarán más adelante.

65 Además, la lámpara 1 se controla, preferentemente, por un control intermitente tal como se representa en la figura 4, comentado más adelante.

Además, el dispositivo 10 comprende un detector 2, que recibe una parte de los rayos luminosos 5 en un primer intervalo espectral predefinido que corresponde a una fuerte absorción del gas predeterminado. Este detector proporciona una señal eléctrica proporcional a la potencia luminosa recibida por el detector, que forma parte de lo que se puede denominar un primer canal de medición del sensor de CO<sub>2</sub>.

El detector puede ser un detector de tipo termopila (como por ejemplo el detector S60M TO5 de "Dexter") o de tipo piroeléctrico (tal como el LIE-201 de "Infratec" por ejemplo). En una alternativa, se puede también utilizar un detector de tipo fotodiodo que trabaja en el campo infrarrojo.

Ventajosamente, se puede colocar un filtro 4 aguas arriba del detector, por lo tanto el filtro se interpone entre la fuente luminosa 1 y el detector 2. En este caso, la potencia luminosa recibida se restringe a la porción espectral que atraviesa el filtro, ilustrada por la característica espectral referenciada 21 en la figura 2A.

En referencia a la figura 2A, la fuente luminosa 1 emite unas radiaciones electromagnéticas en un campo espectral que incluye el campo infrarrojo y el campo V de las radiaciones visibles; más precisamente, esta emisión se caracteriza por una curva de densidad de potencia espectral 12 que indica la distribución en términos de longitud de onda del conjunto de las radiaciones emitidas por la fuente luminosa 1. En el caso de una lámpara de filamento, esta densidad espectral es más bien de tipo banda ancha, tal como se ilustra, mientras que para una LED, esta curva de densidad espectral será menos ancha abarcando al mismo tiempo el campo visible V y al menos una porción del campo infrarrojo próximo.

Las características de emisión de la lámpara evolucionan con el tiempo; se puede constatar un aumento de la potencia emitida o una disminución de la potencia emitida o también los dos fenómenos, uno después del otro. El envejecimiento de la lámpara 1 provoca un cambio de la potencia emitida, lo que se ilustra mediante la curva 12a, pudiendo la potencia de emisión reducirse, tal como se ilustra (pero eso puede ser también un aumento). No es el único factor que modifica la potencia recibida por el detector 2. En efecto, el depósito de condensación, de polvo o de impurezas sobre la superficie interior de la cavidad llevan a alterar el porcentaje de reflexión de los rayos luminosos 5 y, en consecuencia, a disminuir la potencia transmitida hacia el detector 2, lo que se ilustra mediante la curva referenciada 12b.

Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estas alteraciones, que se pueden denominar también "derivaciones" (lentas o rápidas) a fin de que el cálculo de concentración de CO<sub>2</sub> no esté afectado por errores relacionados con estas derivaciones.

Además, se debe tener en cuenta unas dispersiones de características iniciales de las fuentes luminosas: por ejemplo otra lámpara presentará una curva de potencia espectral 12' diferente.

Para este propósito, el dispositivo 10 comprende un fotodiodo 3 configurado para recibir una parte de los rayos luminosos en un segundo intervalo espectral predefinido que corresponde a una baja absorción del gas predeterminado (aquí el CO<sub>2</sub>), lo que constituye un segundo canal de medición. Se debe señalar que los rayos luminosos son recibidos directamente por el fotodiodo 3, sin filtro interpuesto entre la fuente 1 y el fotodiodo.

Más precisamente, el fotodiodo 3 es principalmente sensible a las longitudes de onda en el campo de lo visible (0,4 a 0,8  $\mu\text{m}$ ); esto se puede ilustrar también mediante la característica espectral referenciada 22, de tipo paso de banda centrado en  $\lambda_2$ . El CO<sub>2</sub> no absorbe prácticamente las radiaciones luminosas visibles y, por lo tanto, la cantidad de luz recibida por el fotodiodo 3 no depende de la concentración de CO<sub>2</sub> en la cavidad. La cantidad de luz o potencia luminosa recibida por el fotodiodo 3 depende, sin embargo, de la potencia emitida por la lámpara 1 y de los coeficientes de reflexión sobre las paredes internas 16 de la cavidad.

Cabe señalar que este tipo de fotodiodo sensible a las radiaciones visibles es muy poco costoso, ya que utiliza esencialmente un núcleo de silicio.

La característica de atenuación de los rayos por el CO<sub>2</sub> según la longitud de onda se ilustra mediante la curva en línea discontinua referenciada 14 en la figura 2A. Ventajosamente, el filtro 4 es de tipo paso de banda centrado sobre  $\lambda_1$ , lo que coincide con la zona de atenuación máxima de la curva 14. Para el CO<sub>2</sub>, la longitud de onda  $\lambda_1$  se selecciona tal que  $\lambda_1=4,26 \mu\text{m}$  (micrómetros).

En referencia a la figura 2B, la potencia recibida por el fotodiodo 3 (segundo canal) se representa mediante la cantidad de referencia  $U_r$  cuando el dispositivo de medición está en un estado nuevo, conociéndose el tamaño  $U_r$  por el ensayo al final de la fabricación del sensor de CO<sub>2</sub>; en función del tiempo y de las alteraciones que pueden aparecer, la cantidad de referencia  $U_r$  se vuelve  $U_{rb}$ , lo que tiene en cuenta no sólo la disminución de potencia de la lámpara, sino también todas las derivaciones que pueden intervenir en referencia a la lámpara y la cavidad.

Ventajosamente, según la invención, las cantidades de luz medidas sobre el primer y el segundo canal están, en realidad, establecidas por la diferencia entre un estado activo, para el cual la lámpara está encendida, y un estado

de reposo, para el cual la lámpara está apagada. Más precisamente, para todos los valores U o  $U_x$  expresados en el párrafo anterior o en los párrafos siguientes, se debe entender  $U = U_{ON} - U_{OFF}$ . Esto permite eliminar un eventual componente continuo, debido a la iluminación ambiente o de parásitos luminosos.

5 Tratándose del primer canal de medición relativo al detector 2, la cantidad luminosa recibida por el detector 2 que correspondería a una concentración en CO2 igual a cero se referencia  $U_0$ ; la cantidad luminosa recibida para una concentración en CO2 a medir se referencia  $U_1$ , más débil que  $U_0$  debido a la atenuación.

10 Con los efectos del envejecimiento, representados por la curva 12b, la cantidad luminosa recibida por el detector 2, que correspondería a una concentración en CO2 igual a cero, se referencia  $U_{0b}$ ; la cantidad luminosa recibida para la concentración en CO2 a medir se referencia  $U_{1b}$ , más débil que  $U_{0b}$  debido a la atenuación.

$U_{1b}/U_{0b} = U_1/U_0$ , es el factor de atenuación  $K_1$  en el canal  $\lambda_1$ , debido al efecto atenuador del CO2.

15 Por otro lado,  $U_{0b}/U_0$  y  $U_{1b}/U_1$  son unos factores de derivaciones relacionados con el envejecimiento y otros fenómenos anteriormente mencionados, se denominan respectivamente  $K_2$  y  $K_2'$ . Están unidos entre sí por una función F predefinida, por ejemplo  $K_2' = F(K_2)$ .

$$K_1 = \frac{U_{1b}}{U_{0b}} = \frac{U_1}{U_0} \cdot G(U_{1b}/U_1) \quad (\text{Ec. 1}),$$

20 reuniendo la función G los factores de corrección, en particular relacionados con  $K_2$  y  $K_2'$ .

En una versión simplificada, se podría aproximar la función F por la función identificada y así obtener una expresión simplificada de la ecuación anterior:

$$K_1 = \frac{U_{1b}}{U_{0b}} = \frac{U_1 \cdot U_r}{U_0 \cdot U_{rb}} \quad (\text{Ec. 1a})$$

25 Se añade también, llegado el caso, unas correcciones relativas a la temperatura y a la presión ambiente (véase más adelante).

30 Sabiendo que  $U_0$  y  $U_r$  son conocidos por la calibración inicial del sensor, y que  $U_{1b}$  y  $U_{rb}$  corresponden a las mediciones de potencia luminosa medidas (en diferencial ON/OFF para eliminar el componente continuo, iluminación ambiente) sobre el detector 2 y el fotodiodo 3, se utiliza la ecuación Ec. 1 para determinar el factor de atenuación relacionado con la presencia de CO2; se refiere después a una curva de tipo ábaco que une el factor de atenuación con la concentración en CO2. Este ábaco puede además tener en cuenta la presión y la temperatura ambiente.

35 En particular, para poder realizar las operaciones antes mencionadas, el dispositivo 10 comprende una unidad de control 7 alimentada por una alimentación eléctrica 18, en particular en forma de una batería o pila clásica o recargable.

40 En referencia a la figura 3, el detector 2 se conecta a la unidad de control por una conexión eléctrica 72, y el fotodiodo 3 se conecta a la unidad de control por una conexión eléctrica 73.

45 Además, se pueden prever un sensor de presión 9 y un sensor de temperatura para que la unidad de control 7 pueda adquirir la información de la presión atmosférica ambiente y la temperatura ambiente. Además, el sensor de temperatura (no representado) puede estar integrado en la placa de la unidad de control 7.

50 En referencia a la figura 4, la unidad de control 7 controla la fuente luminosa 1 según una secuencia predeterminada.

Más precisamente, en el ejemplo ilustrado, la lámpara se controla en estado ON 91 durante un tiempo  $T_1$  de 200 ms, después se controla en estado OFF 92 durante el tiempo  $T_2$  de 600 ms, secuencia que se repite en el ejemplo ilustrado cuatro veces, pudiendo el número de repeticiones ser cualquiera.

55 Las mediciones 93, 94 correspondientes de la potencia luminosa recibida se efectúan con cada repetición, por un lado, durante el periodo  $T_1$  en estado ON ( $U_{ON}$  como ya se ha mencionado anteriormente, ref. 93) y, por otro lado, durante el periodo  $T_2$  en estado OFF (concepto  $U_{OFF}$  ya mencionado anteriormente, ref. 94). Como ya se ha indicado anteriormente, es la diferencia de potencia entre el estado ON y el estado OFF la que se tiene en cuenta como cantidad de luz recibida al mismo tiempo por el detector 2 y por el fotodiodo 3.

60 La secuencia de medición se repite después de un lapso de tiempo de inactividad de duración  $T_3$  predeterminada, esta duración se puede seleccionar de un intervalo de valores entre 10 minutos y 30 minutos; el consumo medio del

sensor de CO<sub>2</sub> es, por lo tanto, muy bajo.

5 Se debe señalar que el consumo eléctrico del fotodiodo es del orden de 10 uA (microamperios); de hecho, es muy inferior al consumo eléctrico del detector de tipo termopila que consume un poco menos de 1 mA. Así, el consumo eléctrico acumulado del detector y del fotodiodo es inferior a 1 mA cuando se activan para una medición.

Además, ventajosamente, se puede prever una transmisión de los datos recogidos hacia un sistema usuario, por conexión inalámbrica 19.

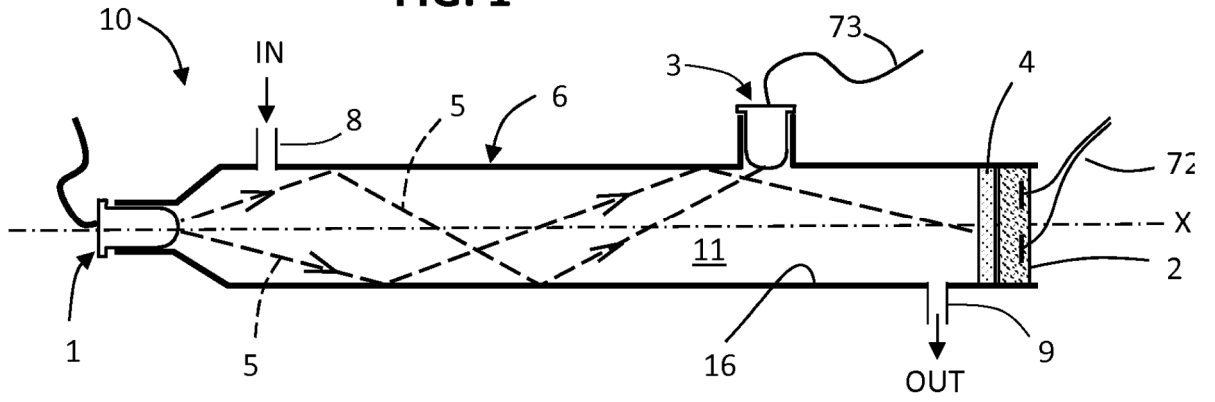
10 Después del ensamblaje inicial del sensor, se procede a una etapa de calibración durante la cual se determina la característica de la curva de potencia espectral de la lámpara. Se puede medir, por ejemplo, el tamaño  $U_r$ . Se puede medir también el tamaño  $U_1$  para una concentración en CO<sub>2</sub> conocida, y encontrar así el tamaño  $U_0$  utilizado en la ecuación "Ec. 1" anterior.

15 Ventajosamente, tal sensor de concentración de CO<sub>2</sub>, poco voluminoso y poco costoso, puede integrarse en algunos objetos de utilización corriente, como por ejemplo una báscula electrónica, un monitor de actividad personal, etc.

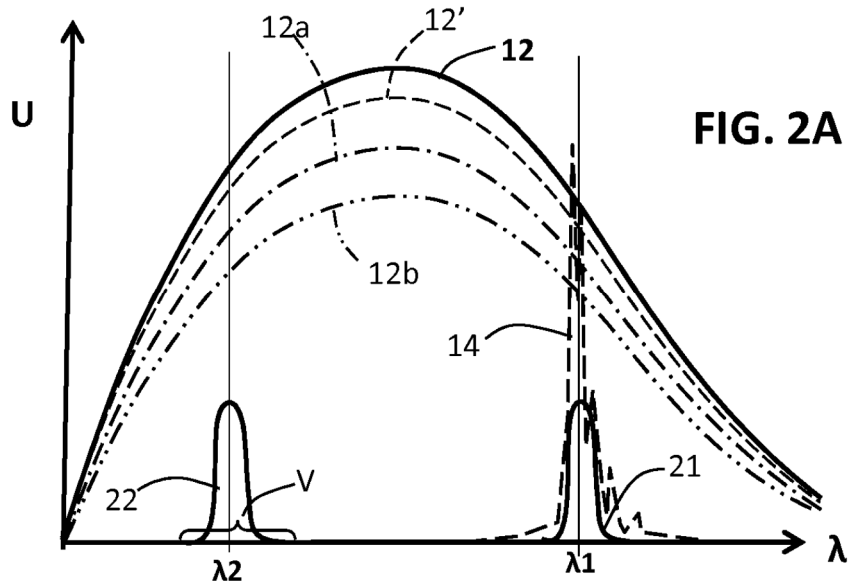
**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de medición de la concentración de un gas predeterminado, que comprende:
- 5 - una cavidad (6) que contiene un conjunto gaseoso que contiene un gas predeterminado en una concentración a medir,
- 10 - una fuente de luz (1), de tipo lámpara de filamento o diodo electroluminescente, apto para emitir en la cavidad unos rayos luminosos (5) en un intervalo espectral de base que incluye lo visible y lo infrarrojo,
- 15 - un detector infrarrojo (2) configurado para recibir una parte de los rayos luminosos en un primer intervalo espectral predefinido que corresponde a una fuerte absorción del gas predeterminado,
- 20 - un fotodiodo (3) configurado para recibir una parte de los rayos luminosos en un segundo intervalo espectral predefinido que corresponde a una baja absorción del gas predeterminado,
- 25 - una unidad de control (7) configurada para calcular la concentración del gas predeterminado comparando unas señales eléctricas representativas respectivamente de la potencia luminosa recibida por el detector infrarrojo (2) y de la potencia luminosa recibida por el fotodiodo (3), caracterizado por que el fotodiodo (3) trabaja en el campo de lo visible, principalmente sensible a las longitudes de ondas comprendidas entre 0,4 y 0,8  $\mu\text{m}$ .
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el gas predeterminado es el dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y el conjunto gaseoso es el aire ambiente.
- 25 3. Dispositivo según la reivindicación 2, que comprende un filtro (4) interpuesto entre la fuente (1) y el detector (2), estando dicho filtro centrado en la longitud de onda  $\lambda_1 = 4,26 \mu\text{m}$ .
- 30 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la cavidad tiene una forma general tubular, que tiene preferentemente un diámetro inferior a 10 mm y una longitud preferentemente inferior a 10 cm, dirigiéndose los rayos sustancialmente según una dirección axial (X) de la forma tubular.
- 35 5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que el fotodiodo está dispuesto en una posición radial con respecto a la dirección axial (X) de la forma tubular.
- 40 6. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que la cavidad es un tubo de aluminio o un tubo de plástico recubierto en su superficie interna de un depósito metálico.
- 45 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que no hay filtro interpuesto entre la fuente de luz (1) y el fotodiodo (3).
- 50 8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la fuente de luz (1) se controla por un control intermitente.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el detector (2) es de tipo termopila o de tipo piroeléctrico o también de tipo fotodiodo que trabaja en el campo infrarrojo.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, que comprende un solo detector de dicho tipo.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el consumo eléctrico acumulado del detector (2) y del fotodiodo (3) es inferior a 1 mA cuando se activan para una medición.

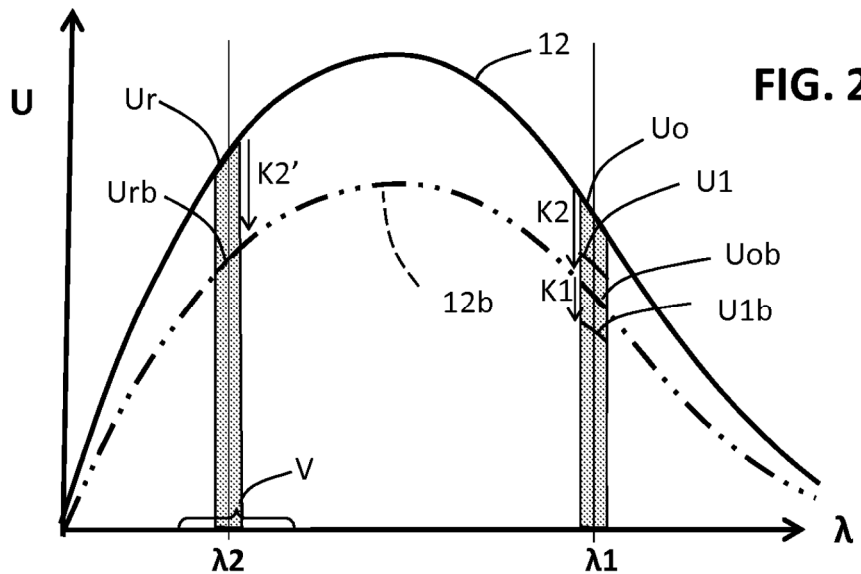
**FIG. 1**



**FIG. 2A**

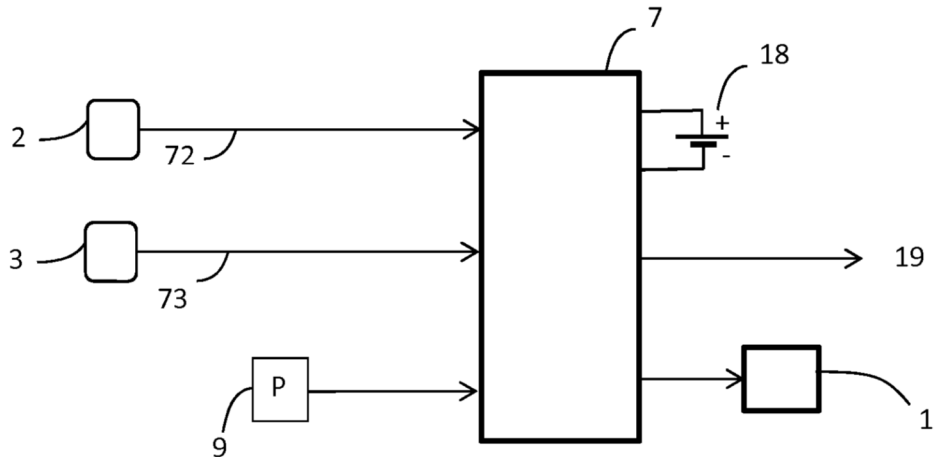


**FIG. 2B**





**FIG. 3**



**FIG. 4**

