

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 240**

51 Int. Cl.:  
**G01N 29/024** (2006.01)  
**G01N 29/30** (2006.01)  
**G01N 29/44** (2006.01)  
**A61B 5/083** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09014380 .1**  
96 Fecha de presentación: **17.11.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2322917**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.05.2011**

54 Título: **Método para la linealización de señal de la señal de salida de un sensor de gas**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.06.2012**

73 Titular/es:  
**NDD Medizintechnik AG**  
**Technoparkstrasse 1**  
**8005 Zürich, CH**

72 Inventor/es:  
**Buess, Christian**

74 Agente/Representante:  
**Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 383 240 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 para la linealización de señal de la señal de salida de un sensor de gas.

La presente invención hace referencia a un método para la linealización de señal de la señal de salida de un sensor de gas.

5 A partir de la patente EP 1 764 035 A2, se conocen un método y un dispositivo para la medición de la capacidad de difusión de los pulmones en una sola respiración utilizando la medición de la masa molar por ultrasonidos. En la misma, se mide la concentración de He con un sensor de masa molar del flujo principal, o con un sensor de masa molar del flujo lateral. La concentración de CO se mide con un sensor de CO independiente en el flujo lateral. A partir de la patente US 2004/0158411 A1 se conoce un dispositivo para determinar las propiedades termofísicas de un gas multi-componente, a una temperatura y presión arbitrarias. El método descrito utiliza un conjunto de gases de referencia, y los valores calculados de la densidad y velocidad del sonido, para calcular la densidad del gas objeto. Pueden realizarse cálculos adicionales para calcular el peso molecular del gas objeto que puede entonces ser utilizado como una base para los cálculos, para determinar la velocidad del sonido a una presión y una temperatura estándar, y para determinar varias características termofísicas del gas.

10  
15 La linealización de las señales de salida del sensor de gas se utiliza en muchas áreas diferentes. Como ejemplo, la presente descripción utiliza una aplicación en el área médica, de manera específica el uso de sensores de gas en la medición de gases inhalados y exhalados.

En el diagnóstico de la función pulmonar, la medición de la capacidad de difusión utilizando monóxido de carbono (Test de difusión pulmonar DLCO, por sus siglas en inglés), es un método que está basado en la medición de concentraciones específicas de gas durante la inhalación y exhalación de un gas de prueba por parte del paciente. Las mezclas de gases para el DLCO utilizadas de manera habitual para este tipo de prueba constan de un 0.3% de Monóxido de Carbono (CO), un 10% de Helio (He), y un 21% de Oxígeno (O<sub>2</sub>) completada con Nitrógeno (N<sub>2</sub>). Cuando se realiza una prueba en un paciente, este gas de prueba se inhala en primer lugar por parte del paciente, y entonces el paciente debe contener la respiración durante 10 segundos, seguido de una exhalación normal a continuación. Durante el momento en el que la respiración se contiene, el Helio se diluye, y el CO se diluye y se absorbe en la sangre. Con el fin de calcular la capacidad de difusión, la dilución del Helio y la absorción de CO tienen que ser medidas con una alta precisión. Para ese propósito, las concentraciones del gas que se inspira, además también de las concentraciones del gas que se expira, de Helio y CO deben medirse utilizando sensores de gas apropiados. De manera habitual, se utilizan sensores de gas individuales para el CO y para el Helio. Debido a que estos sensores de gas suelen ser a menudo no lineales, (es decir, un aumento lineal en la concentración de gas no es igual a un aumento lineal en la señal de salida del sensor); la salida de la señal del sensor debe ser linealizada. Esto se logra, de manera habitual, determinando la no linealidad del sensor durante la producción. Una linealización individualizada o estandarizada es entonces aplicada a la señal de salida cuando el sensor se encuentra en uso. Este método, sin embargo, no permite comprobar la linealización cuando el sensor se encuentra en uso, y este método puede además no tener en cuenta cambiar las características del sensor de gas durante su vida útil.

En la actualidad la linealización de una señal de salida de un sensor de gas se realiza de manera habitual utilizando uno de los siguientes métodos:

1. Una curva fija de linealización se determina durante el desarrollo del sensor de gas. Dicha curva de linealización se aplica entonces a todos los sensores de gas de ese tipo. Este método no tiene en cuenta que las características de no linealidad del sensor de gas pueden ser diferentes entre cada sensor de gas individual. Tampoco tiene en cuenta que las características pueden cambiar a lo largo del tiempo.

2. La curva de linealización se determina sobre una base individual para cada sensor de gas que se produce. La curva de linealización se determina utilizando mezclas de gases definidos. Este método no tiene en cuenta que las características del sensor de gas pueden cambiar a lo largo del tiempo.

3. La curva de linealización del sensor de gas se determina durante la operación del dispositivo utilizando mezclas de gases definidas. Para determinar una curva de linealización, habitualmente se utilizan al menos tres mezclas de gases, es decir, mezclas de gases al 0%, 50% y 100% del rango de salida del sensor de gas. Cuando el sensor se encuentra en uso, este método requiere al menos una mezcla de gas de precisión adicional, y por lo tanto hardware adicional.

Tal como se ha descrito con anterioridad, la linealización del sensor de gas de acuerdo al arte previo muestra una o más desventajas.

La presente invención describe un método que permite una linealización sencilla de una señal de salida de un sensor de gas utilizando un sensor de masa molar adicional.

El presente método puede ser utilizado, por ejemplo, en un dispositivo para la medición diagnóstica de la función pulmonar.

5 El método descrito para la linealización del sensor de gas puede además ser utilizado en otras áreas diferentes a las pruebas de función pulmonar. Puede ser utilizado para su aplicación en áreas médicas o no médicas.

El objeto de la presente invención es mostrar un método más sencillo para la linealización de señal de una señal de salida de un sensor de gas que no muestre las desventajas del estado del arte.

10 Este objeto se resuelve mediante el método para la linealización de señal de la señal de salida de un sensor de gas con los pasos de la reivindicación 1.

Los aspectos preferentes de la presente invención pueden tomarse de las reivindicaciones secundarias que siguen a la reivindicación principal.

La presente invención puede ser utilizada para determinar de manera automática la curva de linealización de un sensor de gas específico.

15 Detalles adicionales y ventajas de la presente invención serán explicados en detalle mediante la realización que se ilustra en los dibujos, en los cuales:

La Figura 1: muestra un diagrama de bloques de un subsistema que puede ser utilizado para determinar la capacidad de difusión del pulmón utilizando Monóxido de Carbono (DLCO) y

La Figura 2: es un diagrama que muestra la salida del sensor de gas sobre la entrada del sensor de gas.

20 La invención presentada puede ser utilizada para determinar de manera automática la curva de linealización de un sensor de gas específico. La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un subsistema que puede ser utilizado para determinar la capacidad de difusión del pulmón utilizando Monóxido de Carbono (DLCO). El subsistema consta de un sensor de flujo ultrasónico 20 y un sensor de masa molar de flujo lateral ultrasónico 11, y un sensor de gas de CO 9 individual. La operación de un medidor de flujo ultrasónico se describe en muchas publicaciones (ver la EP 0 597 060 B1, EP 0 653 919 B1, Ch. Buess, P. Pietsch, W. Guggenbühl, E. A. Koller, "Design and construction of a pulsed ultrasonic air flowmeter" (Diseño y construcción de un medidor de flujo de aire ultrasónico por pulsos), IEEE Trans. Biomed. Eng., 33(8):768-774, Agosto 1986). El sensor de flujo consta de dos transductores ultrasónicos 4a, 4b montados en lados opuestos del flujo de gas 7, una carcasa apropiada 5 y un tubo de respiración intercambiable 1, con una boquilla 2 acoplada. La velocidad del flujo de gas se determina en una unidad de procesamiento de señal 8, utilizando los tiempos de paso (tiempo de vuelo) de los trenes de pulsos ultrasónicos 6 transmitidos en dirección aguas arriba y aguas abajo del flujo del gas. Los trenes de pulsos son transmitidos y recibidos por los transductores ultrasónicos. Los trenes de pulsos se desplazan a lo largo de la trayectoria de transmisión del sonido a través de piezas permeables de forma ultrasónica 3 (por ejemplo mallas, filtros, etc.) del tubo de flujo. La velocidad del flujo se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$F = k \frac{t_1 - t_2}{t_1 \cdot t_2},$$

35 donde F es la velocidad del flujo de gas,  $t_1$  y  $t_2$  representan los tiempos de paso en dirección aguas arriba y aguas abajo, y k es una constante que depende de las dimensiones mecánicas del sensor de flujo.

40 En la parte final del tubo de respiración 1, una pequeña fracción de la corriente del flujo principal se suministra a un sistema de flujo lateral por un orificio de muestreo de gas 13. Mediante la utilización de una bomba de gas 12, la corriente del flujo lateral pasa por un sensor de gas específico para CO 9 y por un sensor adicional ultrasónico de masa molar de flujo lateral 11. El sistema de tubos de la corriente de gas de flujo lateral consta de tubos de plástico habituales, pero puede también contener tubos especiales que equilibren el vapor de agua, de manera que la corriente de gas del flujo lateral muestre una humedad constante (es decir, presión parcial constante del vapor de agua). Se han mostrado disposiciones alternativas para la corriente del flujo lateral en la EP 1 764 036 B1.

45 La disposición y el tipo de sensores de gas pueden variar dependiendo del tipo de aplicación. El sensor de gas de masa molar y el sensor de gas específico que requiere linealización puede estar dispuesto en serie o también en

paralelo, la prioridad de los sensores puede también variar dependiendo de su aplicación. Es obligatorio, sin embargo, que exactamente el mismo gas pase tanto por el sensor de gas específico como por el sensor de masa molar. El sensor de masa molar es un sensor de gas no específico, ya que puede medir únicamente la masa molar de la mezcla de gases, pero no puede diferenciar entre los diferentes componentes gaseosos.

- 5 Otros ejemplos de sensores de gas específicos utilizados en aplicaciones médicas que requieren linealización, son los sensores para el Helio, CH<sub>4</sub> o CO<sub>2</sub>.

Además del flujo F, la unidad de procesamiento del sensor de flujo ultrasónico 8 puede además determinar la masa molar M<sub>1</sub> del gas en el interior del sensor de flujo. La masa molar se determina de forma habitual utilizando la siguiente ecuación:

$$M = k \cdot \kappa \cdot R \cdot T \cdot \left( \frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2} \right)^2,$$

- 10 donde M es la masa molar, T es la temperatura media a lo largo de la trayectoria de transmisión del sonido, R es la constante del gas,  $\kappa$  es la relación de las capacidades de calor específicas  $c_p/v$  del gas, k es una constante que depende de las dimensiones mecánicas del sensor, y t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> representan los tiempos de paso (ver la EP 0 653 919 B1). La temperatura T puede ser determinada por una o varias mediciones de temperatura a lo largo de la trayectoria de transmisión del sonido; puede ser determinada por la combinación de una medición de temperatura y un modelo matemático; o puede ser un valor constante.
- 15

El sensor de masa molar de flujo lateral 11 utiliza el mismo principio de medición para determinar la masa molar en el flujo lateral M<sub>2</sub>. Las señales de la corriente del flujo principal y la masa molar F, M<sub>1</sub>, la masa molar del flujo lateral M<sub>2</sub> y la señal del sensor de gas específico 9, F<sub>x</sub> son todas suministradas a una unidad computacional 10.

- 20 Un sistema de válvulas se utiliza para controlar el tipo de gas que se suministra al sensor de gas 9 y el sensor de masa molar 11 en la corriente del flujo lateral. La válvula 17 activa la corriente del flujo lateral del orificio de gas de muestreo 13, la válvula 18 activa el gas de Ref#1, y la válvula 19 activa el gas de Ref#2. La Ref#1 y la Ref#2 son dos composiciones gaseosas que se utilizan para determinar la respuesta del sensor de gas específico 9. Para llevar a cabo una linealización del sensor de gas específico 9, los dos gases de referencia (Ref#1 y Ref#2) deben presentar diferentes valores de masa molar. Los dos gases de referencia deben además contener diferentes concentraciones del gas medido por el sensor de gas específico 9.
- 25

En los siguientes casos se asume que el gas de referencia Ref#1 contiene un 0% y el gas de referencia Ref#2 un 100% del gas medido por el sensor de gas específico. En el caso de un sistema para la medición del DLCO, el Ref#1 podría ser aire ambiente (0% de CO, 0% de Helio, 21% de Oxígeno completado con Nitrógeno); el Ref#2 podría ser gas de prueba (0.3% de CO, 10% de Helio, 21% de Oxígeno completado con Nitrógeno).

30

Una linealización de tres puntos de la señal de salida del sensor de gas puede ser realizada mediante la ejecución de los siguientes pasos:

- 35 1. Sólo se activa la válvula 18 del Ref#1: En este caso solamente el gas de referencia Ref#1 va a pasar a través del sensor de masa molar y de gas. Se puede determinar el ajuste inicial y<sub>1</sub> del sensor de gas específico (salida del sensor de gas en 0%, ver la Figura 2).

2. Sólo se activa la válvula 19 del Ref#2: En este caso solamente el gas de referencia Ref#2 va a pasar a través del sensor de masa molar y de gas. El valor de salida y<sub>2</sub> del sensor de gas específico puede ser determinado (salida del sensor de gas en 100%, ver Figura 2).

- 40 3. Las válvulas 18 del Ref#1 y 19 del Ref#2 se activan de manera simultánea: En este caso una mezcla de los gases de referencia Ref#1 y Ref#2 van a pasar por el sensor de gas específico y de masa molar. Debido a que el sensor de masa molar muestra una respuesta lineal, el ratio de la mezcla y de ahí x<sub>3</sub> pueden ser determinados utilizando la salida del sensor de masa molar. El valor de salida y<sub>3</sub> del sensor de gas específico puede ser determinado (salida del sensor de gas en x<sub>3</sub>%, ver Figura 2).

- 45 Habiendo llevado a cabo estos tres pasos, los puntos P1, P2 y P3 (Figura 2) pueden ser determinados. Mediante la realización de un ajuste polinomial (o similar) puede determinarse una función de linealización para la señal de salida del sensor de gas.

Si una o ambas válvulas para los gases de referencia Ref#1 y Ref#2 pueden ser controladas linealmente, se pueden producir varios puntos entre Ref#1 y Ref#2 y pueden ser determinados más puntos de datos a lo largo de la curva de linealización. Los métodos de interpolación o regresión pueden entonces ser utilizados para determinar la curva de linealización para el sensor de gas específico.

- 5 El método descrito utiliza el hecho de que el sensor de masa molar muestra una respuesta completamente lineal cuando se mezclan dos composiciones gaseosas de diferentes valores de masa molar. Utilizando esta característica, puede determinarse una respuesta no lineal de un sensor para componentes gaseosos específicos y puede calcularse una curva de linealización.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Método para la linealización de señal de una señal de salida de un sensor de gas en un dispositivo que consiste en un sensor de masa molar ultrasónico (11) en combinación con un sensor de gas (9) para la medición de la concentración de gas de un componente gaseoso específico, donde la linealidad, es decir, la respuesta de entrada a salida característica, del sensor de gas (9) se determina utilizando dos gases de referencia (Ref#1 y Ref#2) que tienen diferentes valores de masa molar y contienen diferentes concentraciones de gas en el extremo inferior y en el extremo superior del rango de medición del sensor de gas (9), con los siguientes pasos:
- Medición del valor de salida del sensor de masa molar (11) y la salida del sensor de gas (9) al menos en tres valores de mezcla de gas de los gases de referencia (Ref#1 y Ref#2),
- 10 - Calcular el porcentaje por el cual los gases de referencia (Ref#1 y Ref#2) se mezclan en base a la salida del sensor de masa molar (11),
- Determinar la curva de linealización en base a la relación entre la salida del sensor de masa molar y la salida del sensor de gas y
- 15 - Determinar la curva de linealización efectiva del sensor de gas mediante interpolación o regresión entre los puntos de datos medidos.
2. Método de acuerdo a la reivindicación 1, en donde se utilizan dos gases de referencia (Ref#1 y Ref#2) y donde se crean tres mezclas de gases mediante la utilización de dos válvulas de paso (17/18) de manera que las tres mezclas de gases sean el primer gas de referencia (Ref#1), el segundo gas de referencia (Ref#2) y una mezcla aproximadamente al 50% de los gases Ref#1 y Ref#2.
- 20 3. Método de acuerdo a la reivindicación 1, en donde se utilizan dos gases de referencia Ref#1 y Ref#2, y en donde se crean varias mezclas de gases de Ref#1 y Ref#2 utilizando una válvula de paso (17, 18) en combinación con una válvula (19) controlada linealmente, o mediante la utilización de dos válvulas controladas linealmente.
4. Método de acuerdo a la reivindicación 2 o reivindicación 3, en donde la curva de linealización es determinada mediante un ajuste de curva polinomial o similar entre los puntos de datos medidos.
- 25 5. Método de acuerdo a la reivindicación 4, en donde el método de linealización se utiliza para una aplicación médica o industrial.
6. Método de acuerdo a la reivindicación 5, en donde el método de linealización se lleva a cabo de forma automática previamente a cualquier ciclo de medición o prueba, o a intervalos de tiempos fijos entre las pruebas o mediciones.
- 30 7. Método de acuerdo a la reivindicación 6, en donde un sensor de presión adicional se utiliza para corregir la señal de salida del sensor de gas (9).

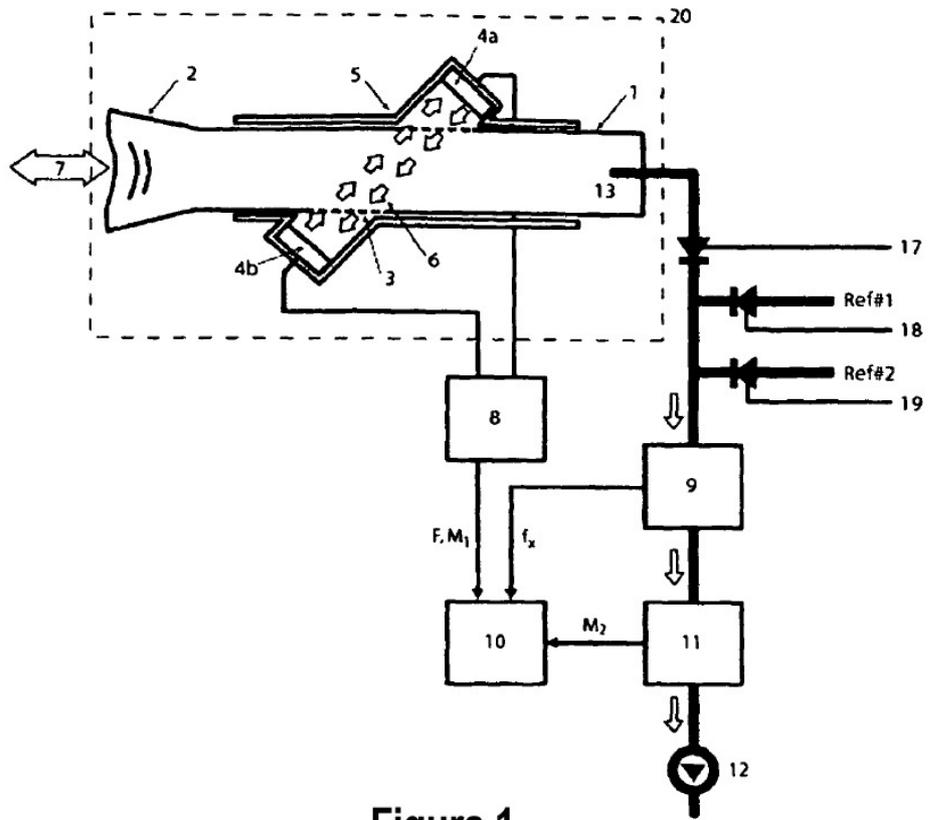


Figura 1

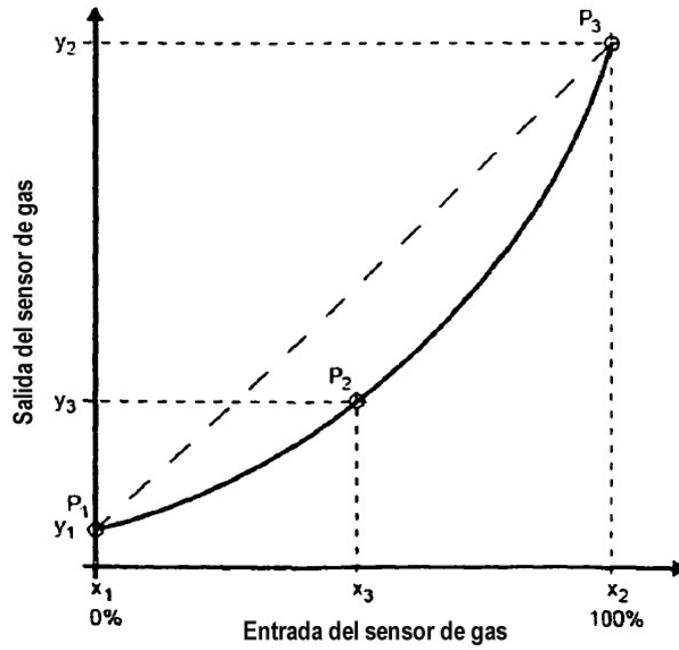


Figura 2