

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 982**

51 Int. Cl.:

G01N 21/27 (2006.01)

G01N 21/39 (2006.01)

G01N 21/35 (2014.01)

G01N 21/61 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2010 PCT/DE2010/050018**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2010 WO10124685**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2010 E 10722567 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2425229**

54 Título: **Circuito de control y de evaluación, aparato de medición, así como procedimiento para medir la concentración de un gas**

30 Prioridad:
27.04.2009 DE 102009018620

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.02.2017

73 Titular/es:
**CAREFUSION GERMANY 234 GMBH (100.0%)
Leibnizstrasse 7
97204 Höchberg, DE**

72 Inventor/es:
**SCHERER, HELMUT;
SCHRADER, DIETER y
MENNINGER, STEFAN**

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ LÓPEZ-MENCHERO , Álvaro Luis

ES 2 599 982 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

CIRCUITO DE CONTROL Y DE EVALUACIÓN, APARATO DE MEDICIÓN, ASÍ COMO PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA CONCENTRACIÓN DE UN GAS

5 La invención se refiere al campo de los circuitos de control y de evaluación del tipo mencionado en el preámbulo de la reivindicación 1, a aparatos de medición con un circuito de este tipo, así como a procedimientos del tipo mencionado en el preámbulo de la reivindicación 7.

10 La invención se refiere a la determinación de la concentración de uno o varios gases mediante medición de la transmisión. Particularmente mediante la medición de la transmisión se determina la absorción de una línea de absorción del o de cada gas, y de ahí se deduce la concentración del o de cada uno de los gases.

15 En el estado de la técnica se conocen diferentes disposiciones y procedimientos de medición en los que, debido a la absorción de una línea de absorción de un gas, se deduce la concentración del gas en un volumen de medición. En principio estos procedimientos pueden emplearse también para el análisis de mezclas de gases, debiendo realizarse para cada gas al menos una medición en una línea de absorción, y en el mejor de los casos cada línea de absorción debería situarse en otro intervalo del espectro de luz. En lo sucesivo nos limitaremos a la determinación de la concentración de un único gas, por ejemplo O₂, CO₂, He o N₂ en el aire. En gases que de manera natural se presentan en un entorno reseñable en aire natural, es decir O₂ y N₂, eventualmente también CO₂, por concentración se entiende la cantidad de gas existente de manera absoluta. Los procedimientos de medición de la técnica médica en los que se mide la concentración de los gases anteriormente mencionados se describen, entre otros en el documento EP 1772098 A1 (VI11P).

25 Desde hace poco tiempo han aparecido en el mercado láser semiconductores ajustables cuyo ancho de línea es notablemente más estrecho que la línea de absorción típica de un gas interesante para este documento de aproximadamente 1 nm, y cuya línea de láser puede modificarse más de 1 nm a través de la intensidad de la corriente que fluye a través del láser semiconductor. La modificación de la línea de láser puede atribuirse, particularmente por la variación del índice de refracción a una temperatura superior del cristal semiconductor. La variación de índice de refracción tiene una influencia aproximadamente 20 veces más intensa en la longitud de onda que la variación de la expansión espacial del cristal semiconductor con la misma variación de temperatura. Tales láseres semiconductores se emplean para análisis en el espacio, particularmente en la expedición hacia otros planetas. Para determinar la absorción del gas que va a medirse debe calcularse la curva característica del láser semiconductor no lineal a través de un ajuste de los puntos de medición. Un procedimiento de este tipo se conoce por el documento US 2006/0044562 A1, aproximándose la curva característica del láser semiconductor a través de una recta.

30 Un procedimiento similar se conoce por el documento US 6.091.504. No obstante este procedimiento funciona con dos detectores. Un divisor de haz desvía una parte de la luz láser a un primer detector. La otra parte de la luz láser se desvía a través de una línea de toma de muestras de gas a un segundo detector. Ambas señales de detector se alimentan a un circuito de compensación que elimina la forma de onda portadora (diente de sierra), con la que el láser semiconductor se dirige, que genera la luz láser. Un procedimiento similar con 2 detectores se conoce por el documento US 6.150.661. Se conoce otro detector de gas similar por el documento WO 2008/079032 A2. En este caso la señal para activar el láser se genera mediante una suma de tres señales por medio de un amplificador de operación. Las primeras dos señales, concretamente una señal sinusoidal y triangular se genera mediante síntesis digital. La tercera señal es un desfase de tensión continua que se genera por un convertidor digital-analógico o modulador de duración de impulsos bajo el control de un microprocesador.

45 El documento EP 1 475 618 A1 divulga un sistema de espectroscopia de modulación de longitud de onda. La frecuencia de un láser se modula con una onda portadora sinusoidal. Mediante la interacción con una toma de muestras de gas la modulación de frecuencia se convierte parcialmente en modulación de amplitud. Se mide en el caso de una onda armónica de la onda portadora porque allí el láser presenta menos interferencias. Para poder emplear láseres menos lineales, económicos la onda portadora sinusoidal se descompone previamente al sumar una onda armónica.

50 Es objetivo de la invención indicar un circuito de control y de evaluación, así como un procedimiento correspondiente que esté adaptado a relaciones terrestres.

Este objetivo se resuelve mediante el objeto de las reivindicaciones independientes.

60 Particularmente el objetivo se resuelve por que una señal de referencia se extrae de la señal de transmisión recibida por el fotodiodo. Por ello la curva característica no lineal del láser semiconductor se compensa de manera sorprendentemente sencilla. El peso posiblemente ligeramente superior en la tierra no desempeña un papel importante.

65

Las formas de realización preferentes de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención para almacenar una curva característica se emplea una memoria digital.

5 Debido a la buena dinámica y modo de construcción sencillo de los sustractores analógicos la sustracción de la señal de transmisión de la señal de referencia se efectúa analógicamente. El convertidor digital-analógico necesario para ello es más barato que un convertidor analógico-digital correspondiente y no representa por tanto ningún argumento de peso contra una sustracción analógica.

10 Una suma analógica de un desfase con respecto a la señal suministrada por un segundo convertidor digital-analógico para generar una señal analógica para el control del láser semiconductor mantiene reducido el intervalo dinámico y con ello los costes del segundo convertidor digital-analógico.

15 Las líneas de dirección de la memoria digital para almacenar una curva característica pueden estar conectadas de manera ventajosa con las entradas digitales del segundo convertidor digital-analógico. Esto reduce la complejidad de las señales de control necesarias.

20 Una señal de diente de sierra simétrica en las entradas digitales del segundo convertidor digital-analógico proporciona un calentamiento y enfriamiento uniforme del cristal semiconductor de láser y por tanto un paso uniforme de la línea de absorción del gas que va a medirse.

25 Mediante la integración de la señal de salida del sustractor a lo largo de o bien un periodo de la señal de excitador o bien de la duración desde un mínimo hasta un máximo de la señal de excitador o bien de la duración desde un máximo hasta un mínimo de la señal de excitador se obtiene de manera sencilla la superficie por debajo de la línea de absorción del gas que va a medirse y con ello una medida para la concentración del gas que va a medirse.

30 A continuación se explica con más detalle una forma de realización preferente de la invención con referencia a los dibujos adjuntos. En este caso la Fig.1 muestra un cuadro básico de conexiones del circuito de control y de evaluación de acuerdo con la invención.

35 La figura 1 muestra un cuadro básico de conexiones. El gas que va a medirse se encuentra posiblemente junto con otros gases en una cubeta 2. Las conexiones neumáticas en la cubeta posibilitan un intercambio de gases en la cubeta 2. A través de un láser semiconductor DFB 1 (DFB: *distributed feedback*, retroalimentación distribuida) se genera luz en el intervalo de una línea de absorción del gas que va a medirse. La luz transmitida se convierte a través de un fotodiodo 3 en una corriente eléctrica. Un convertidor de corriente-tensión 4 convierte la corriente suministrada por el fotodiodo 3 en una tensión. A los expertos les es conocido el que un convertidor de corriente-tensión 4 pueda contener un amplificador de operación acoplado retroactivamente mediante una resistencia, y en caso necesario un inversor. La señal de salida del convertidor de corriente-tensión 4 se denomina señal de transmisión 21.

40 Un sustractor 5 sustrae la señal de transmisión 21 de una señal de referencia 20. El sustractor suministra una señal de diferencia, que se alimenta a un convertidor analógico-digital 6. El convertidor analógico-digital 6 explora con una frecuencia de 5 a 10 kHz. El sustractor 5 puede presentar una comparación de desfase 19 para utilizar de manera óptima el intervalo dinámico del convertidor analógico-digital 6 y la resolución necesaria y mantener reducidos con ello los costes del convertidor analógico-digital 6. La señal de salida digital del convertidor analógico-digital 6 puede alimentarse a un ordenador 7 o un microprocesador.

45 El ordenador 7, o un microprocesador, genera una señal de control digital, que se alimenta tanto a las entradas de dirección de la memoria 8, como también al convertidor digital-analógico 10. La señal de control tiene por ejemplo un curso temporal periódico, particularmente simétrico en forma de diente de sierra y una frecuencia de 5 Hz. El convertidor digital-analógico 10 genera de la señal de control digital una señal de control analógica a la que el amplificador de diferencia 11 en cooperación con las resistencias 12 y 13 suma un primer desfase. Este primer desfase adapta el láser semiconductor 1 de manera aproximada a la línea de absorción que va a medirse, de manera que el láser semiconductor 1 en el caso de una tensión de salida mínima del convertidor digital-analógico 10 genera luz con una frecuencia por encima de la línea de absorción y con una tensión de salida máxima del convertidor digital-analógico 10 genera luz con una frecuencia por debajo de la línea de absorción. El primer desfase puede ajustarse también de manera que en el caso de una señal de control igual al medio aritmético se genera luz de láser de la señal de control mínima y máxima cuya frecuencia corresponde al máximo de la línea de absorción. De esta manera se utiliza de manera óptima la dinámica del convertidor digital-analógico 10. Por lo demás el amplificador de diferencia 11 también asume la función de un amplificador de potencia de manera que particularmente se facilita de manera suficiente corriente para el láser semiconductor 1. La corriente a través del láser semiconductor se denomina también señal de excitador 17.

65 En el caso de una variación de la corriente a través del láser semiconductor 1 no varía solamente la frecuencia de la luz emitida, lo que es deseable en esta aplicación, sino varía también la intensidad de la luz emitida, lo que de alguna manera debe compensarse. De acuerdo con la invención esta compensación se realiza mediante la memoria

8. En las células de almacenamiento de la memoria 8 están depositados valores adecuados que corresponden a la señal de transmisión 21 en el caso de una concentración nula del gas que va a medirse de manera que la señal de diferencia en la salida del sustractor 5 es cero en la medida de lo posible.

5 Por concentración nula puede entenderse la concentración que tiene en el aire ambiente el gas que va a medirse. Esta concentración no es igual a cero particularmente para los gases N₂ y O₂. También en el caso de CO₂ puede ser necesario considerar aproximadamente el 0,04% de porcentaje en el aire. Esta definición de la concentración nula posibilita una calibración sencilla del aparato en el aire ambiente. Alternativamente puede emplearse también para la calibración una botella de gas con una mezcla de gases de composición conocida o una cubeta de calibración con un gas de prueba incluido.

15 El láser semiconductor 1 (fabricante: Nanoplus GmbH, número de serie 350/10-23) está fijado en una carcasa TO5 mediante una fijación. La fijación contiene una unión de Peltier 14 y un termistor 15. Por lo tanto la unión de Peltier 14 y la carcasa del láser semiconductor 1 están en contacto térmico 24, que en la figura 1 está representado mediante una línea trazada a rayas. La unión de Peltier se dirige por un excitador 16. En la forma de realización representada en la figura 1 el ordenador 7 cierra un bucle de acoplamiento retroactivo desde el termistor 15 a través del excitador 16 hacia la unión de Peltier 14, de manera que la temperatura de la fijación se mantiene constante en gran medida, y por tanto permanece sin estar influida particularmente por oscilaciones de temperatura ambiente. La misma temperatura del láser semiconductor 1 se desvía más o menos de la temperatura de la fijación según la altura de la señal de control.

25 Como memoria 8 en principio puede emplearse cualquier componente de memoria habitual. No obstante una memoria ROM pura (*Read Only Memory*, memoria de solo lectura) no es práctica porque no permite ninguna calibración posterior. Las memorias no volátiles que pueden escribirse son muy adecuadas como por ejemplo EEPROM (*Electrically Erasable Programmable ROM*, memoria ROM programable eléctricamente borrable). En la forma de realización representada en la figura 1 se emplea incluso una RAM (*Random Access Memory*, memoria de acceso aleatorio) en la que en cada proceso de encendido (*booting*, arranque) a través de la línea de datos 22 se escriben nuevamente las células de memoria. Habitualmente un ordenador 7 presenta una memoria no volátil como por ejemplo un disco duro. La Línea de datos 22 posibilita una calibración posterior.

30 La valoración de la señal de diferencia se realiza mediante la integración a través del paso n veces de una línea de absorción, siendo n un número natural (1, 2, 3,...) y obteniéndose una señal integral. Cada flanco en descenso y cada flanco en ascenso de la señal de control simétrica en forma de diente de sierra corresponde a un paso de la línea de absorción. Por lo tanto se integra durante un tiempo que dura uno o varios flancos en ascenso o/y en descenso de la señal de control. Esto puede realizarse de manera analógica mediante un integrador o digitalmente mediante la suma de los valores de exploración suministrados por el convertidor analógico-digital 6. Esto último está realizado en la forma de realización representada en la figura 1. Mediante la integración o la suma el ruido se reduce a un nivel aceptable. La señal integral presenta una buena proporcionalidad para la concentración de gases, más exactamente para la desviación de la concentración de gases de la concentración nula.

40 Debido a la resolución limitada de los convertidores digital-analógico 9 y 10 la señal de diferencia oscilará al menos entre dos valores, que corresponde $\pm 1/2$ Bit de la resolución de los convertidores digital-analógico 9 y 10. Los dos valores, debido a la curva característica no lineal del láser semiconductor 1 pueden depender de la altura de la señal de control digital. La exactitud en el caso de parámetros por lo demás iguales, puede mejorarse al calcularse valores depositados en la memoria 8 de manera que la señal integral oscila lo más posible también solamente en un valor que corresponde a $\pm 1/2$ Bit de la resolución de los convertidores digital-analógico 9 y 10. En este punto no hace falta ser modestos y puede recurrirse a la zona de la señal de control en la que $\pm 1/2$ Bit puede llevar a una señal de diferencia particularmente baja. Para una calibración tan exacta se tendrá que atravesar la línea de absorción de una manera notablemente más frecuente que en una medición normal para continuar bajando el ruido y aumentar la capacidad de reproducción.

55 Hasta ahora la forma de realización representada en la figura 1 solamente se emplea para la medición de la concentración de O₂ en el caso de una longitud de onda de 760,26 nm. Se considera determinar concentraciones de los siguientes gases: CO, O₂, CO₂, C₂H₂, CH₄, He, SF₆ y NO.

Lista de números de referencia

1	diodo láser DFB
2	cubeta
60 3	fotodiodo
4	convertidor corriente-tensión
5	sustractor
6	convertidor analógico-digital
7	ordenador
65 8	memoria
9	convertidor digital-analógico

	10	convertidor digital-analógico
	11	amplificador de diferencia
	12, 13	resistencia
	14	unión de Peltier
5	15	termistor
	16	excitador
	17	señal de excitador
	19	comparación de desfase
	20	señal de referencia
10	21	señal de transmisión (de fotodiodo)
	22	línea de datos
	23	señal de control
	24	contacto térmico

REIVINDICACIONES

1. Circuito de control y de evaluación para un diodo láser (1) y un fotodiodo (3) para determinar la concentración de un gas, siendo el diodo láser adecuado para generar luz en el intervalo de una línea de absorción del gas, con:

5 un excitador (10, 11, 12, 13) para generar una corriente (17) para el diodo láser (1), presentando el excitador un primer convertidor digital-analógico (10), que convierte en analógica una señal de control digital (23) para generar la corriente (17);

10 un módulo (8, 9) para generar una señal de referencia (20); y
un sustractor (5) para sustraer la señal de referencia (20) de la señal suministrada (21) por el fotodiodo;
caracterizado por que el módulo para generar una señal de referencia (20) comprende además:

15 una memoria digital (8) para almacenar una curva característica, estando seleccionada la curva característica de manera que, en el caso de una concentración nula del gas, una señal de diferencia en la salida del sustractor (5) para todos los valores de la señal de control (23) que se presentan durante el funcionamiento del circuito es cero, estando conectada la memoria digital (8) eléctricamente con la entrada del primer convertidor digital-analógico (10), de modo que a la memoria digital (8) durante el funcionamiento se le alimenta igualmente la señal de control digital (23);

20 un segundo convertidor digital-analógico (9), que está conectado eléctricamente con la memoria digital (8) de manera que el segundo convertidor digital-analógico (9) obtiene valores digitales leídos desde la memoria digital (8), y el segundo convertidor digital-analógico (9) convierta los valores obtenidos en la señal de referencia (20).

25 2. Circuito de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el excitador comprende además un sumador (11, 12, 13), que está conectado eléctricamente con el primer convertidor digital-analógico (10), de manera que al sumador (11, 12,13) se le alimenta la señal de salida analógica del primer convertidor digital-analógico (10), y el sumador (11, 12, 13) puede sumar a la señal de salida analógica del primer convertidor digital-analógico (10) un primer desfase constante, pudiendo conectarse la salida del sumador (11,12, 13) con el diodo láser (1).

30 3. Circuito de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** las líneas de dirección de la memoria digital (8) están conectadas eléctricamente con las entradas digitales del primer convertidor digital-analógico (10).

35 4. Circuito de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por que** un microprocesador (7) está conectado con las entradas digitales del primer convertidor digital-analógico (10) y puede aplicar a las mismas una señal de diente de sierra simétrica.

40 5. Circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado además por** un integrador (6, 7) que está conectado eléctricamente con la salida del sustractor (5), siendo el integrador adecuado para integrar la señal de salida del sustractor (5) a lo largo o bien de un periodo de la corriente (17) o bien de la duración desde un mínimo hasta un máximo de la corriente (17) o bien de la duración desde un máximo hasta un mínimo de la corriente (17).

6. Aparato de medición para determinar la concentración de un gas con:

45 una cubeta (2), que contiene el gas;
un diodo láser ajustable (1) para generar luz en el intervalo de una línea de absorción del gas;
un fotodiodo (3) para registrar la luz transmitida a través del gas en la cubeta (2); y
un circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que está conectado eléctricamente con el diodo láser (1) y el fotodiodo (3).

50 7. Procedimiento para medir la concentración de un gas con:

convertir en analógica una señal de control digital (23) en un primer convertidor digital-analógico (10) para generar una corriente (17) para un diodo láser (1);
55 generar luz en el diodo láser (1) en una línea de absorción del gas, dependiendo la longitud de onda de la luz generada de la corriente (17) y dependiendo la intensidad de la luz generada igualmente de la corriente (17);
medir la luz transmitida a través de un intervalo espacial (2),
encontrándose el gas en el intervalo espacial, generándose de este modo una señal de transmisión (21); y
60 sustraer una señal de referencia (20) de la señal de transmisión (21) mediante un sustractor analógico (5), para obtener una señal de diferencia;
caracterizado por:

llevar la señal de control digital (23) hasta una memoria digital (8);
65 leer una representación digital de la señal de referencia (20) desde la memoria digital (8), estando asociada la representación digital de la señal de referencia (20) a la señal de control digital (23) y perteneciendo a una curva característica,

almacenando la memoria digital (8) la curva característica, estando seleccionada la curva característica de manera que, en el caso de una concentración nula del gas, para todos los valores de la señal de control (23) que se presentan la señal de diferencia es cero; y

5 convertir en analógica la representación digital de la señal de referencia (20) en un segundo convertidor digital-analógico (9), para obtener la señal de referencia (20).

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** además **por**:

10 sumar analógicamente (11, 12, 13) un primer desfase constante a una señal de salida analógica de un primer convertidor digital-analógico (10), para obtener la corriente (17) para activar el diodo láser (1) para generar la luz.

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** además **por**:

15 llevar la señal de control digital (23) en las líneas de dirección hasta la memoria digital (8) y en las entradas digitales del primer convertidor digital-analógico (10).

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, **caracterizado** además **por**:

20 generar una señal de diente de sierra simétrica a través de un microprocesador (7) en las entradas digitales del primer convertidor digital-analógico (10).

11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** además **por**:

25 integrar (6, 7) la señal de diferencia a lo largo o bien de un periodo de la corriente (17) o bien de la duración desde un mínimo hasta un máximo de la corriente (17) o bien de la duración desde un máximo hasta un mínimo de la corriente (17).

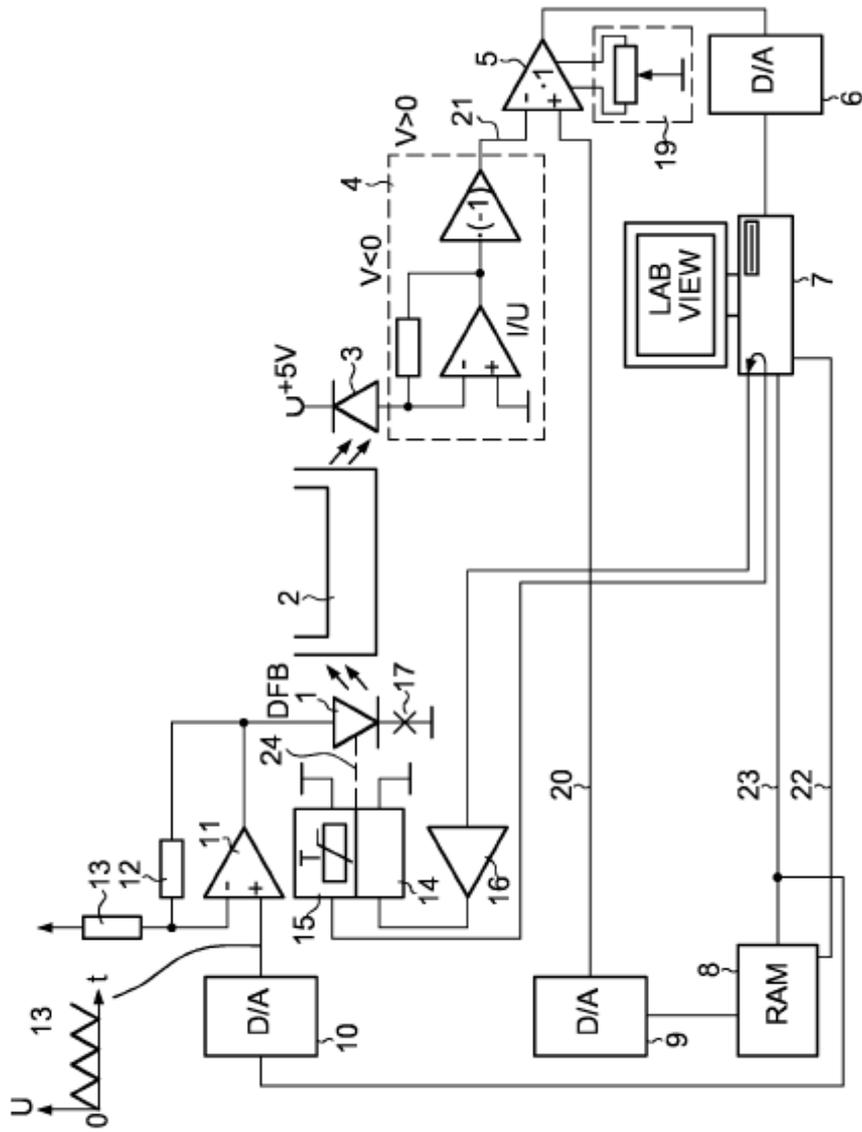


FIG. 1