

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 014**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/417** (2006.01)

**G01N 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2019 PCT/EP2019/066944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.01.2020 WO20007674**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2019 E 19735245 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2023 EP 3818367**

54 Título: **Procedimiento para operar un sensor para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición**

30 Prioridad:

**03.07.2018 DE 102018210876**

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

**03.06.2024**

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)**

**Postfach 30 02 20**

**70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**OECHTERING, PETER;**

**HEISE, MICHAEL;**

**GUEL, MUSTAFA;**

**FIEDLER, MICHAEL;**

**SCHROEDER, ANDY;**

**SINGER, MATTHIAS y**

**DAECKE, DIRK**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 971 014 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

Procedimiento para operar un sensor para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición

Estado de la técnica

5 Por el estado de la técnica se conoce una pluralidad de procedimientos y sensores para la detección de al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en una mezcla de gas, en particular en un gas de escape de un motor de combustión interna, mediante la detección de una parte de oxígeno que se produce mediante una reducción del componente del gas de medición con el oxígeno ligado.

10 Sensores para la detección de al menos una parte del componente del gas medición con oxígeno ligado en una mezcla de gas, que de forma abreviada o simplificada se denominan también como sensores NOx o sensores de óxido de nitrógeno, se describen por ejemplo en Reif, K., Deutsche, K-H. et al., Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014, páginas 1338-1347.

15 Los sensores de óxido de nitrógeno (= sensores NOx) que actualmente se utilizan en la industria automotriz, funcionan según el principio de corriente límite, de forma análoga a los sensores de oxígeno, como por ejemplo los sensores lambda. Un sensor de óxido de nitrógeno de esa clase comprende una celda de concentración Nernst, también llamada celda de referencia, una celda de bombeo de oxígeno modificada y otra celda de bombeo de oxígeno modificada, la así llamada celda NOx. Un electrodo de bombeo externo, expuesto al gas de escape, y un electrodo de bombeo interno en una primera cavidad que está separada del gas de escape por una barrera de difusión, forman la celda de bombeo de oxígeno. En la primera cavidad también se encuentra el electrodo Nernst y en un espacio de gas de referencia se encuentra el electrodo de referencia, los cuales forman juntos la celda Nernst o celda de referencia. La celda NOx comprende un electrodo de bombeo NOx y un contraelectrodo. El electrodo de bombeo Nox se encuentra en una segunda cavidad que está conectada a la primera cavidad interna y que está separada de la misma por una barrera de difusión. El contraelectrodo se encuentra en el espacio de gas de referencia. Todos los electrodos en la primera y la segunda cavidad tienen un conductor de retorno en común.

25 Durante el funcionamiento del sensor de óxido de nitrógeno, la así llamada celda O<sub>2</sub> separa el oxígeno desde la primera cavidad, que está conectada al gas de escape mediante una barrera de difusión. La corriente de bombeo que resulta debido a esto es proporcional con respecto al contenido de oxígeno del aire ambiente en el flujo de gas de medición o de gas de escape. Los óxidos de nitrógeno se bombean en la celda NOx. El óxido de nitrógeno NOx, en la atmósfera que se encuentra en la segunda cavidad, se reduce o disminuye mediante la aplicación de una tensión de bombeo constante. El oxígeno producido en la segunda cavidad mediante la reducción o disminución del componente de gas de medición, que preferentemente proviene de la reducción del óxido de nitrógeno NOx, se bombea hacia un espacio de gas de referencia. De este modo, la tensión de bombeo aplicada, con respecto a la resistencia de la celda NOx y la concentración del óxido de nitrógeno NOx o del oxígeno, tiene como consecuencia una corriente de bombeo que es proporcional con respecto al contenido de óxido de nitrógeno NOx u oxígeno, y que representa la señal de medición NOx.

40 De este modo, la corriente de bombeo IP<sub>2</sub> que resulta de ello es una medida para la concentración de NOx del aire ambiente en el flujo de gas de medición o de gas de escape. En esa disposición es importante que en la celda de oxígeno tampoco se bombeen los óxidos de nitrógeno, puesto que de lo contrario en la celda NOx ya no podría medirse ninguna señal. Esto se logra mediante un dopado con oro de la celda O<sub>2</sub>. Adicionalmente, la celda O<sub>2</sub> sólo puede funcionar con tensiones de bombeo reducidas, puesto que de lo contrario las moléculas de NOx se disociarían nuevamente.

45 A pesar de las ventajas de los sensores y procedimientos para operar los mismos, conocidos por el estado de la técnica, éstos tienen aún mucho potencial para una mejora. La temperatura del elemento sensor se controla mediante una modulación por ancho de pulsos (PWM) del suministro del calentador (tensión, corriente). La tensión de la PWM es leída mediante un transistor de efecto de campo (FET), directamente desde la tensión de suministro (12V) de la unidad de control del sensor (SCU). Debido a esto, en la fase inicial de la PWM, la tensión de suministro SCU del sistema se encuentra presente en el meandro de calentamiento del elemento sensor, en la muestra del sensor. La corriente en la señal de medición NOx es muy reducida, como por ejemplo de 4,5 µA en el caso de 1500 ppm NOx y, con ello, también es extremadamente sensible con respecto a interferencias y acoplamientos. Debido a la proximidad de los meandros de calentamiento, en cuanto a la construcción, con respecto a la celda NOx, durante la fase inicial de la señal PWM, una corriente se imprime en la línea/celda IP<sub>2</sub>, mediante acoplamiento capacitivo y corrientes de fuga. Debido a esa interferencia puede medirse un desplazamiento con respecto al valor NOx efectivo. Los requerimientos de las autoridades medioambientales exigen un diagnóstico continuo y fiable de interrupciones de la línea, de la línea IP<sub>2</sub>.

Sensores y procedimientos de esa clase se conocen por ejemplo por las primeras publicaciones de las solicitudes DE 10 2015 210 473 A1 y DE 10 2016 209 924 A1.

Descripción de la invención

5 Por lo tanto, se propone un procedimiento para operar un sensor para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición, que evite en gran medida las desventajas de los procedimientos conocidos para operar esos sensores, y que a intervalos de al menos 500 ms permita un diagnóstico seguro y continuo, sin influenciar o afectar los valores de medición NOx.

10 En el procedimiento según la invención para operar un sensor para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición, en particular en un gas de escape de un motor de combustión interna, donde el sensor comprende un elemento sensor, donde el elemento sensor presenta una primera celda de bombeo que presenta un electrodo de bombeo externo y un electrodo de bombeo interno, y se encuentra presente en una primera cavidad que está conectada al gas de medición, una celda de referencia que presenta un electrodo Nernst y un electrodo de referencia, y se encuentra presente en un espacio de gas de referencia, y una segunda celda de bombeo que presenta un electrodo de bombeo y un contraelectrodo, y se encuentra presente en una segunda cavidad, un dispositivo de control electrónico, que dispone de al menos una primera conexión separada para la primera celda de bombeo, de una segunda conexión separada para la segunda celda de bombeo, de una conexión para una tensión de suministro y de una conexión en común, se conecta con el elemento sensor, donde el electrodo de bombeo externo se conecta a la primera conexión separada mediante una primera conexión eléctricamente conductora, donde el electrodo de bombeo interno se conecta a la conexión en común mediante una segunda conexión eléctricamente conductora, donde el electrodo de referencia se conecta a la conexión para una tensión de suministro mediante una tercera conexión eléctricamente conductora, donde el electrodo de bombeo se conecta a la conexión en común mediante la segunda conexión eléctricamente conductora, donde el contraelectrodo se conecta a la segunda conexión separada mediante una cuarta conexión eléctricamente conductora, donde en la cuarta conexión eléctricamente conductora se proporciona una resistencia de medición, donde mediante el dispositivo de control, una capacitancia de la segunda celda de bombeo, para generar una señal de medición en la resistencia de medición, varía por un periodo predeterminado.

30 Mediante una variación de la capacitancia de la segunda celda de bombeo, en la segunda celda de bombeo se provoca una variación de corriente, que a su vez, en la resistencia de medición, produce una señal de medición que puede evaluarse, que permite la diferenciación entre un circuito abierto o cerrado. Expresado de otro modo, una señal IP2 se produce mediante una variación de la capacitancia de la segunda celda de bombeo. De este modo, un circuito abierto en la línea IP2 de la celda NOx puede reconocerse de forma segura también durante la operación de medición. También en estados de funcionamiento en los que la corriente es (casi) igual a cero, como por ejemplo en el caso de 0 ppm NOx, puede detectarse una línea IP2 abierta.

35 En una primera alternativa de la invención, en el electrodo de referencia, mediante la tercera conexión eléctricamente conductora, desde la conexión para una tensión de suministro se imprime una corriente eléctrica predeterminada, donde la corriente eléctrica predeterminada varía por el periodo predeterminado. Por ejemplo, una fuente de corriente impulsa una corriente de bombeo  $I_{CP}$  mediante la línea VS, hacia el electrodo de referencia de la celda Nernst. Una fuente de corriente de esa clase tiene una corriente de salida constante, independientemente de la tensión y de la carga que se aplica. La magnitud de la presión parcial de oxígeno en la cámara de gas de referencia bombeada es aproximadamente proporcional a la corriente de bombeo que se aplica. Esa corriente de bombeo pone a disposición electrones para volver a componer los iones de oxígeno  $O^{2+}$  cargados de forma positiva, los iones de oxígeno  $O^{2-}$  transferidos desde el electrodo Nernst hacia el electrodo de referencia, en dos átomos de oxígeno  $O_2$ . De este modo, la cámara de referencia se llena o infla continuamente con oxígeno a  $\lambda > 1$ . Esto se utiliza para regular una diferencia de presión parcial entre el espacio de referencia y la cámara de oxígeno. La presión parcial resulta de la corriente de bombeo fijada y de la pérdida de oxígeno mediante difusión. El valor objetivo para la diferencia de presión parcial es una tensión Nernst de habitualmente 425mV. La presión excedente puede disiparse a través de una abertura reducida. Mediante la variación de la corriente de bombeo varía la presión parcial de la celda de referencia y, debido a esto, se influencia la capacitancia de la segunda celda de bombeo. Esto tiene como consecuencia que se impulsa una corriente IP2, aun cuando en la segunda celda de bombeo no se encuentran presentes óxidos de nitrógeno, oxígeno o humedad. De manera correspondiente, mediante esa corriente IP2 se genera una señal de medición en la resistencia de medición, que puede utilizarse para diferenciar entre una línea IP2 defectuosa y una intacta.

55 En un perfeccionamiento, la corriente eléctrica predeterminada varía en un valor de 0  $\mu A$  por el periodo predeterminado. La variación, con ello, se realiza mediante la conexión y la desconexión de la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia, lo que provoca una marcada variación de la corriente IP2 y, con ello, una señal de medición que puede evaluarse claramente en la resistencia de medición.

5 En la primera alternativa de la invención, la cuarta conexión eléctricamente conductora se identifica como intacta, en el caso de que la señal de medición presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. Expresado de otro modo, si la línea IP2 se encuentra bien, en el caso de la variación de la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia, una corriente puede medirse en la línea IP2. Si la línea IP2 está separada, entonces a pesar de la variación de la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia, no puede medirse ninguna corriente en la misma. Con ello puede diferenciarse bien entre una línea IPS defectuosa y una intacta.

10 En una segunda alternativa de la invención, el elemento sensor presenta un elemento calentador, donde el elemento sensor, mediante el elemento calentador, se calienta a una temperatura predeterminada, donde la temperatura predeterminada varía por el periodo predeterminado. La capacitancia eléctrica de la segunda celda de bombeo puede influenciarse mediante la variación de la temperatura en el elemento sensor. Mediante un aumento de la capacitancia se conectan portadores de carga adicionales; en el caso de una reducción se liberan nuevamente portadores de carga. Debido a esto, una corriente circula en la línea IP2, que puede evaluarse como señal de medición en la resistencia de medición.

15 En la segunda alternativa de la invención, la cuarta conexión eléctricamente conductora se identifica como intacta, en el caso de que la señal de medición presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. Con ello, si la línea IP2 se encuentra bien, entonces en la misma puede medirse una corriente, y si la línea IP2 está separada, entonces a pesar de la variación de la temperatura en la misma no puede medirse ninguna corriente. Con ello puede diferenciarse bien entre una línea IP2 defectuosa y una intacta.

20 En un perfeccionamiento, la temperatura predeterminada disminuye por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición presente una disminución por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.

25 De manera alternativa, la temperatura predeterminada aumenta por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición presente un aumento por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. En el caso de una reducción breve de la temperatura, lo que provoca un aumento de la resistencia interna del elemento sensor, esto tiene como consecuencia una variación de corriente negativa. En cambio, si la temperatura aumenta, lo que provoca una reducción de la resistencia interna del elemento sensor, esto tiene como consecuencia una variación de corriente positiva. De ello resulta que en la segunda celda de bombeo se impulsa una corriente, aun cuando en la segunda celda de bombeo no se encuentran presentes óxidos de nitrógeno, oxígeno o humedad. De manera correspondiente, mediante esa corriente IP2 se genera una señal de medición en la resistencia de medición, que puede utilizarse para diferenciar entre una línea IP2 defectuosa y una intacta.

30 En un perfeccionamiento, la temperatura del elemento sensor se determina mediante la detección de una resistencia interna eléctrica del elemento sensor. Mediante la medición de la resistencia interna del elemento sensor puede deducirse la temperatura, ya que ésta depende de la temperatura.

35 En un perfeccionamiento, la señal de medición es una disminución de tensión mediante la resistencia de medición.

Gracias a esto puede obtenerse una señal que puede ser bien procesada por el dispositivo de control.

40 Por un electrolito sólido, en el marco de la presente invención, se entiende un cuerpo u objeto con propiedades electrolíticas, por tanto, con propiedades conductoras de iones. En particular puede tratarse de un electrolito sólido cerámico. Esto comprende también el material en bruto de un electrolito sólido y, por tanto, la conformación como un así llamado cuerpo verde o cuerpo marrón, que forma un electrolito sólido sólo después de un sinterizado. En particular, el electrolito sólido puede estar diseñado como una capa de electrolito sólido o puede estar formado por varias capas de electrolito sólido. Por una capa, en el marco de la presente invención, se entiende una masa uniforme en una extensión plana, a una cierta altura, que se encuentra entre otros elementos, encima o debajo de los mismos.

45 Por un electrodo, en el marco de la presente invención, en general puede entenderse un elemento que puede poner en contacto los electrolitos sólidos, de manera que mediante el electrolito sólido y el electrodo puede mantenerse una corriente. De manera correspondiente, el electrodo puede comprender un elemento en el cual los iones pueden incorporarse en el electrolito sólido y/o pueden separarse del electrolito sólido. Habitualmente, los electrodos comprenden un electrodo de metal noble que por ejemplo puede estar aplicado como electrodo de metal-cerámica sobre el electrolito sólido, o que puede estar conectado de otro modo con el electrolito sólido. Los materiales típicos

de electrodos son los electrodos de platino-cermet. Pero en principio también pueden utilizarse otros metales nobles, como por ejemplo oro o paladio.

5 Por un elemento calentador, en el marco de la presente invención, puede entenderse un elemento que se utiliza para calentar el electrolito sólido y los electrodos a por lo menos su temperatura de funcionamiento y preferentemente a su temperatura de servicio. La temperatura de funcionamiento es aquella temperatura a partir de la cual el electrolito sólido se vuelve conductor para los iones, y la cual aproximadamente es de 350°C. La temperatura de servicio debe diferenciarse de aquella; la misma consiste en la temperatura en la cual habitualmente se opera el elemento sensor, y que es más elevada que la temperatura de funcionamiento. La temperatura de servicio por ejemplo puede ser de 700 °C a 950 °C. El elemento calentador puede comprender un área de calentamiento y al menos una vía de alimentación. Por un área de calentamiento, en el marco de la presente invención, puede entenderse el área del elemento calentador, que en la estructura de capas, a lo largo de una dirección perpendicular con respecto a la superficie del elemento sensor, se superpone con un electrodo. Habitualmente, el área de calentamiento se calienta con más intensidad que la vía de alimentación durante el funcionamiento, de modo que las mismas pueden diferenciarse. El calentamiento diferente por ejemplo puede realizarse de manera que el área de calentamiento presente una resistencia eléctrica más elevada que la vía de alimentación. El área de calentamiento y/o la alimentación por ejemplo están diseñadas como vía de resistencia eléctrica y se calientan mediante la aplicación de una tensión eléctrica. El elemento calentador por ejemplo puede estar fabricado de platino-cermet. La invención puede comprobarse directamente mediante un periodo de espera corto, hasta alcanzar la capacidad de funcionamiento después del inicio del sensor. Los respectivos potenciales pueden medirse en las líneas de alimentación.

25 Por una capacitancia de la segunda celda de bombeo, en el marco de la presente invención se entiende una variable física que existe entre dos cuerpos eléctricamente conductores, aislados uno de otro, y que es igual a la relación de la cantidad de carga que está almacenada en esos conductores, y de la tensión eléctrica que predomina entre los mismos. Los cuerpos eléctricamente conductores son electrodos, y el aislamiento entre los mismos se consigue mediante el electrolito sólido. De manera correspondiente, la segunda celda de bombeo puede considerarse como un condensador.

30 La invención resulta conveniente y sencilla en cuanto al diagnóstico de la línea IP2, mediante la variación de la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia, ya que pueden medirse de forma sencilla variaciones de la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia y la señal de diagnóstico deseada, en la línea IP2. Con un osciloscopio y sondas, la corriente de bombeo con respecto al electrodo de referencia puede medirse fácilmente en la línea Vs, y la corriente IP2 puede medirse en la línea IP2. Además, el acoplamiento de la corriente de bombeo puede medirse como electrodo de referencia en la señal O2.

35 La invención, en cuanto al diagnóstico de la línea IP2, mediante una variación de la temperatura del elemento sensor, también resulta conveniente y sencilla, ya que una variación de temperatura sistemática o que se repite, por ejemplo, puede medirse con un osciloscopio en la línea del calentador, durante la operación de medición, mediante una observación de la modulación por ancho de pulsos. De este modo, la variación de temperatura puede detectarse cuando el factor de utilización de la modulación por ancho de pulsos difiere en una longitud significativa del factor de utilización precedente o subsiguiente. En ese caso, éste puede ser mayor o menor. Esto puede detectarse bien en el sensor en el caso de relaciones estables de la temperatura ambiente. Es decir, que en el sensor no deben presentarse variaciones de temperatura ni movimientos del aire. Además, la variación de temperatura también puede detectarse mediante mediciones de temperatura, por ejemplo con un aparato de medición de infrarrojo en la cerámica del sensor. Si en el sensor no se utiliza una modulación por ancho de pulsos, sino una tensión continua para la regulación de la temperatura, entonces esto indica la utilización, cuando la tensión aumenta o disminuye brevemente.

45 Breve descripción de los dibujos

Otras particularidades opcionales y características de la invención resultan de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución preferentes que están representados esquemáticamente en las figuras.

Muestran:

- Figura 1 una estructura básica de un sensor según la invención,
- 50 Figura 2 una parte del sensor con una parte de un dispositivo de control conectado al mismo,
- Figura 3 otra parte del sensor con una parte de un dispositivo de control conectado al mismo,
- Figura 4 un primer ejemplo de un perfil en el tiempo de tensiones eléctricas y señal de medición en el sensor,
- y

Figura 5 un segundo ejemplo de un perfil en el tiempo de tensiones eléctricas y señal de medición en el sensor.

Formas de ejecución de la invención

5 La figura 1 muestra una estructura básica de un sensor 100 según la invención que es particularmente adecuado para realizar el procedimiento según la invención.

10 El sensor 100 que está diseñado para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, a continuación denominado por ejemplo como óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub>, en una mezcla de gas, por ejemplo en un gas de escape de un motor de combustión interna, comprende para ello un elemento sensor 110, una primera celda de bombeo 112, que está conformada entre un electrodo de bombeo externo 114 y un electrodo de bombeo interno 116. El electrodo de bombeo externo 114, que está separado del ambiente del sensor 100 mediante una capa porosa de óxido de aluminio 118, dispone en este caso de una primera conexión eléctricamente conductora 120, mediante la cual puede generarse una primera corriente de bombeo I<sub>P1</sub> en la primera celda de bombeo 112. La primera conexión eléctricamente conductora 120, para ello, está conectada a una primera conexión P1 de un dispositivo de control electrónico externo 122. Para conseguir un circuito completo, el electrodo de bombeo interno 116 dispone igualmente de una segunda conexión eléctricamente conductora 124, que conduce a una conexión en común COM del dispositivo de control electrónico externo 122. La primera celda de bombeo 112 se encuentra presente en una primera cavidad 126 que se encuentra en el interior del elemento sensor 110 y que está conectada al gas de medición. Mediante la generación de la primera corriente de bombeo I<sub>P1</sub> en la primera celda de bombeo 112 puede transportarse una primera parte de iones de oxígeno que se forman a partir de oxígeno molecular desde la mezcla de gas, entre la primera cavidad 126 y el ambiente del sensor 100. En el recorrido de entrada desde el ambiente hacia la primera cavidad 126 se encuentran presentes dos barreras de difusión 128.

25 El elemento sensor 110 presenta además una celda de referencia eléctrica 130 que presenta un electrodo Nernst 132 y un electrodo de referencia 134. Mientras que el electrodo Nernst 132 dispone de la segunda conexión eléctricamente conductora 124 junto con el electrodo de bombeo interno 116 hacia la conexión en común COM, el electrodo de referencia 134 presenta una tercera conexión eléctricamente conductora 136 separada, con respecto a una tensión de suministro V<sub>s</sub>, que mediante una conexión V<sub>s</sub> del dispositivo de control electrónico 122, proporciona la tensión de suministro V<sub>s</sub> requerida. La celda de referencia 130 se encuentra presente en un espacio de gas de referencia 138. Una segunda parte de los iones de oxígeno desde la primera cavidad 126 y/o desde el ambiente del sensor 100 se transporta hacia el espacio de gas de referencia 138 mediante la aplicación de una corriente de bombeo de referencia entre la conexión V<sub>s</sub> y la conexión en común COM. En este caso, el valor para la corriente de bombeo de referencia se regula de manera que se conforma una parte determinada de los iones de oxígeno en el espacio de gas de referencia 138. Preferentemente, en ese contexto, también el valor para la primera corriente de bombeo I<sub>P1</sub> se regula de manera que resulta una relación determinada entre la primera parte de los iones de oxígeno en la primera cavidad 126 y la segunda parte de los iones de oxígeno en el espacio de gas de referencia 138.

35 El componente del gas de medición contenido además en la mezcla de gas, óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub>, con el oxígeno ligado, en particular mediante difusión, en gran medida sin ser influenciado, llega a una segunda celda de bombeo 140 del elemento sensor 110, que también puede denominarse como "celda de bombeo NO<sub>x</sub>". La segunda celda de bombeo 140 presenta un electrodo de bombeo NO<sub>x</sub> 142 y un contraelectrodo NO<sub>x</sub> 144 y se encuentra presente en una segunda cavidad 145 en el interior del elemento sensor 110. La segunda cavidad 145 está separada de la primera cavidad 126 mediante una de las barreras de difusión 128. Al menos uno de los dos electrodos, electrodo de bombeo NO<sub>x</sub> 142 y/o contraelectrodo NO<sub>x</sub> 144, están diseñados de manera que al aplicarse una tensión, mediante catálisis, desde el componente de gas de medición NO<sub>x</sub>, puede generarse otro oxígeno molecular que se forma en la segunda celda de bombeo 140.

45 Mientras que el electrodo de bombeo NO<sub>x</sub> 142 presenta una conexión eléctricamente conductora que conduce a la conexión en común COM, el contraelectrodo NO<sub>x</sub> 144 presenta una cuarta conexión 146 eléctricamente conductora, mediante la cual una segunda corriente de bombeo I<sub>P2</sub> puede aplicarse en la segunda celda de bombeo 140. La cuarta conexión eléctricamente conductora 146, para ello, está conectada a una segunda conexión P2 del dispositivo de control electrónico externo 122. En caso de aplicarse una segunda corriente de bombeo I<sub>P2</sub> a la segunda celda de bombeo 140, una parte de otros iones de oxígeno, que se formaron a partir del otro oxígeno molecular, se transportan hacia el espacio de gas de referencia 138.

Además, el elemento sensor 110 dispone de un elemento calentador 148 que presenta una línea de calentamiento 150 con las líneas HTR+ y HTR-, mediante las cuales una corriente de calentamiento puede introducirse en el elemento calentador 148, que mediante la producción de una potencia de calentamiento puede llevar el elemento sensor 110 a la temperatura deseada.

55 La figura 2 muestra una parte del sensor 100 con una parte de un dispositivo de control 122 conectado al mismo. El dispositivo de control 122 presenta un convertidor analógico-digital 152 que está conectado a la conexión V<sub>s</sub> para la

tensión de suministro. El dispositivo de control 122 presenta además una fuente de tensión COM 154 que está conectada a la conexión en común COM. El dispositivo de control 122 presenta además una fuente de señal de excitación 156 que está conectada al polo positivo de un amplificador operacional 158. En el ejemplo de ejecución mostrado, el amplificador operacional 158 es un seguidor de tensiones. La fuente de tensión COM 154 está conectada igualmente al polo positivo del amplificador operacional 158. A su vez, el amplificador operacional 158 está conectado a la segunda conexión P2. En la cuarta línea eléctrica 146, entre la segunda conexión P2 y el contraelectrodo 144, está dispuesta una resistencia de medición 160.

La figura 3 muestra otra parte del sensor 100 con una parte de un dispositivo de control 122 conectado al mismo. Se muestra la fuente de tensión COM 154 que está conectada a la tensión en común COM, que a su vez, mediante la segunda conexión eléctricamente conductora 124, está conectada al electrodo Nernst 132. Se muestra además el convertidor analógico-digital 152 que está conectado a la conexión Vs para la tensión de suministro, que a su vez, mediante la tercera conexión eléctricamente conductora 136, está conectado al electrodo de referencia 134. El dispositivo de control 122 presenta además una fuente de corriente 162. La fuente de corriente 162, igualmente, está conectada a la conexión Vs para la tensión de suministro. La fuente de corriente 162 está diseñada para imprimir una corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada, mediante la tercera conexión eléctricamente conductora 136, desde la conexión Vs para la tensión de suministro, hacia el electrodo de referencia 134. Expresado de otro modo, mediante la fuente de corriente 162, una corriente de bombeo  $I_{CP}$  se impulsa hacia el electrodo de referencia 134. La fuente de corriente 162 tiene una corriente de salida constante, independientemente de la tensión y de la carga que se aplica. La corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada es un valor en un rango de 3  $\mu\text{A}$  a 6  $\mu\text{A}$ . La magnitud de la presión parcial de oxígeno en el espacio de gas de referencia 138 bombeado es aproximadamente proporcional a la corriente de bombeo  $I_{CP}$  que se aplica. Esa corriente de bombeo  $I_{CP}$  pone a disposición electrones para volver a componer los iones de oxígeno  $\text{O}^{2+}$  cargados de forma positiva, los iones de oxígeno  $\text{O}^{2-}$  transferidos desde el electrodo Nernst 132 hacia el electrodo de referencia 134, en dos átomos de oxígeno  $\text{O}_2$ . De este modo, el espacio de gas de referencia 138 se llena o infla continuamente con oxígeno a  $\lambda > 1$ . Esto se utiliza para regular una diferencia de presión parcial entre el espacio de gas de referencia 138 y la primera cavidad 126. La presión parcial resulta de la corriente de bombeo  $I_{CP}$  fijada y de la pérdida de oxígeno mediante difusión. El valor objetivo para la diferencia de presión parcial es una tensión Nernst de habitualmente 425mV.

La figura 4 muestra un primer ejemplo de un perfil en el tiempo de tensiones eléctricas y señal de medición en el sensor 100. Sobre el eje X 164 está marcado el tiempo. Sobre el eje Y 166, observado desde arriba hacia abajo, están marcadas la tensión de calentamiento del elemento calentador 148, la corriente eléctrica  $I_{CP}$  aplicada en el electrodo de referencia 134 y la disminución de tensión  $U_{IP2}$  en la resistencia de medición 160. La disminución de tensión  $U_{IP2}$  en la resistencia de medición 160 representa la señal de medición. La temperatura del elemento sensor 110 se controla mediante una modulación por ancho de pulsos (PWM) del suministro del calentador (tensión o corriente). De manera correspondiente, una curva 168 que representa la tensión de calentamiento del elemento calentador 148 muestra al menos una primera fase o un primer periodo 170 en el que en el elemento calentador 148 se encuentra aplicada una tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está conectado, y una segunda fase o un segundo periodo 172 en el que en el elemento calentador 148 no se encuentra aplicada ninguna tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está desconectado. De este modo, el segundo periodo 172 sucede al primer periodo 170. Una suma del primer periodo 170 y del segundo periodo 172 es por ejemplo 500 ms. En el ejemplo de ejecución mostrado, la curva 168 muestra además una tercera fase o un tercer periodo 174 en el que en el elemento calentador 148 se encuentra aplicada una tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está conectado, y una cuarta fase o un cuarto periodo 176 en el que en el elemento calentador 148 no se encuentra aplicada ninguna tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está desconectado. De este modo, el cuarto periodo 176 sucede al tercer periodo 174. Una suma del primer periodo 174 y del cuarto periodo 176 es por ejemplo 500 ms.

Para realizar un diagnóstico de la cuarta línea eléctrica 146 que conecta la segunda conexión separada P2 con la celda de bombeo 140, así como con el contraelectrodo 144, mediante el dispositivo de control 122 se modifica una capacitancia de la segunda celda de bombeo 140 para generar una señal de medición en la resistencia de medición 160 por un periodo predeterminado. De este modo, en el electrodo de referencia 134, mediante la tercera conexión eléctricamente conductora 136, desde la conexión para una tensión de suministro Vs, se imprime una corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada, representada mediante la curva 178. Esa corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada varía por el periodo predeterminado. En el ejemplo de ejecución mostrado, la corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada varía en un valor de 0  $\mu\text{A}$  por el periodo predeterminado. Esto sucede en un periodo en el que el elemento calentador 148 está conectado, por ejemplo en el primer periodo 170 y el tercer periodo 174. Mediante la variación de la corriente eléctrica  $I_{CP}$  predeterminada, varía la presión parcial de la celda de referencia 130 y, debido a esto, se influye la capacitancia de la segunda celda de bombeo 140. Esto tiene como consecuencia que se impulsa una corriente  $I_{P2}$  a través de la línea eléctricamente conductora 146. Esto genera una señal de medición 180 en la resistencia de medición 160. La cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición 180 presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición 180 no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. En el ejemplo de ejecución mostrado, la señal de medición 180, al desconectarse la corriente eléctrica predeterminada  $I_{CP}$ , es decir en el caso de una variación a 0  $\mu\text{A}$  en el instante 182, en el primer periodo 170 presenta un pico negativo 184

indicado mediante una flecha, y en el caso de una reconexión, es decir, al cambiar nuevamente a un valor inicial, en el instante 186, presenta un pico positivo 188 indicado mediante una flecha. En el primer periodo 170, la señal de medición 180, con ello, presenta una variación por el periodo predeterminado. Esto significa que en el primer periodo 170, la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como intacta, puesto que mediante la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se impulsa una corriente  $I_{P2}$ . En cambio, la señal de medición 180, en el tercer periodo 174, al desconectarse la corriente eléctrica predeterminada  $I_{CP}$ , es decir, al variar a 0  $\mu A$ , en el instante 190 y en el caso de una reconexión, es decir, en el caso de una nueva variación al valor inicial, no presenta ninguna variación en el instante 192. Esto significa que en el tercer periodo 174, en el caso de una variación de la corriente eléctrica predeterminada  $I_{CP}$ , no se impulsa ninguna corriente  $I_{P2}$  a través de la cuarta conexión eléctricamente conductora 146, lo que indica una interrupción de la cuarta línea eléctrica 146.

La figura 5 muestra un segundo ejemplo de un perfil en el tiempo de tensiones eléctricas y señal de medición en el sensor 100. Sobre el eje X 164 está marcado el tiempo. Sobre el eje Y 166, observado desde arriba hacia abajo, están marcadas la tensión de calentamiento del elemento calentador 148, la resistencia interna eléctrica del elemento sensor 110 y la disminución de tensión  $U_{IP2}$  en la resistencia de medición 160 representa la señal de medición. La temperatura del elemento sensor 110 se controla mediante una modulación por ancho de pulsos (PWM) del suministro del calentador (tensión o corriente). De manera correspondiente, una curva 168 que representa la tensión de calentamiento del elemento calentador 148 muestra fases o periodos 194 en los que en el elemento calentador 148 se encuentra aplicada una tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está conectado, y fases o periodos 196 en los que en el elemento calentador 148 no se encuentra aplicada ninguna tensión eléctrica y, con ello, el elemento calentador 148 está desconectado. La temperatura del elemento sensor 110 se determina mediante la detección de una resistencia interna eléctrica  $R_{PVS}$  del elemento sensor 110. De manera correspondiente, la curva 198 representa la resistencia interna eléctrica  $R_{PVS}$  del elemento sensor 110.

Para realizar un diagnóstico de la cuarta línea eléctrica 146 que conecta la segunda conexión separada P2 con la celda de bombeo 140, así como con el contraelectrodo 144, mediante el dispositivo de control 122 se modifica una capacitancia de la segunda celda de bombeo 140 para generar una señal de medición en la resistencia de medición 160 por un periodo predeterminado. De este modo, el elemento sensor 110, mediante el elemento calentador 148, se calienta a una temperatura predeterminada. La temperatura predeterminada, por ejemplo, corresponde a una resistencia interna eléctrica  $R_{PVS}$  del elemento sensor 110, de 300 ohmios. Esa temperatura predeterminada varía por el periodo predeterminado. La capacitancia eléctrica de la segunda celda de bombeo 140 puede influenciarse mediante la variación de la temperatura en el elemento sensor 110. Mediante un aumento de la capacitancia se conectan portadores de carga adicionales; en el caso de una reducción se liberan nuevamente portadores de carga. Debido a esto, una corriente  $I_{P2}$  circula en la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora. En el caso de una reducción breve de la temperatura, lo que provoca un aumento de la resistencia interna del elemento sensor 110, esto tiene como consecuencia una variación de corriente negativa. En cambio, si la temperatura aumenta, lo que provoca una reducción de la resistencia interna del elemento sensor 110, esto tiene como consecuencia una variación de corriente positiva. De ello resulta que en la segunda celda de bombeo 140 se impulsa una corriente, aun cuando en la segunda celda de bombeo 140 no se encuentran presentes óxidos de nitrógeno, oxígeno o humedad. Si la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora está intacta, entonces en la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora puede medirse una corriente, y si la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora está separada, entonces a pesar de una variación de la temperatura en la misma no puede medirse ninguna corriente. De manera correspondiente, la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición 180 presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición 180 no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. En el ejemplo de ejecución mostrado, en el instante 200 la temperatura predeterminada aumenta por el periodo predeterminado, lo cual muestra una disminución 202 de la curva 198, que representa la resistencia interna eléctrica  $R_{PVS}$  del elemento sensor 110. En ese caso, la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como intacta en caso de que la señal de medición 180 presente un aumento 204 por el periodo predeterminado. En el instante 200, la señal de medición 180 presenta el aumento 204, de manera que la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora se identifica como intacta en el instante 202. En el ejemplo de ejecución mostrado, en el instante 206 la temperatura predeterminada aumenta igualmente por el periodo predeterminado, lo cual muestra una disminución 202 de la curva 198, que representa la resistencia interna eléctrica  $R_{PVS}$  del elemento sensor 110. En ese caso, la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como defectuosa en caso de que la señal de medición 180 no presente ninguna variación por el periodo predeterminado. En el instante 206, la señal de medición 180 no presenta ninguna variación a pesar del aumento de la temperatura, de manera que la cuarta conexión 146 eléctricamente conductora se identifica como defectuosa en el instante 206. De manera alternativa, la temperatura predeterminada disminuye por el periodo predeterminado. En ese caso, la cuarta conexión eléctricamente conductora 146 se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición 180 presente una disminución por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición 180 no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar un sensor (100) para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición, en particular en un gas de escape de un motor de combustión interna, el cual comprende un elemento sensor (110), donde el elemento sensor (110) presenta una primera celda de bombeo (112) que presenta un electrodo de bombeo externo (114) y un electrodo de bombeo interno (116), y se encuentra presente en una primera cavidad (126) que está conectada al gas de medición, una celda de referencia (130) que presenta un electrodo Nernst (132) y un electrodo de referencia (134), y se encuentra presente en un espacio de gas de referencia (138), y una segunda celda de bombeo (140) que presenta un electrodo de bombeo (142) y un contraelectrodo (144), y se encuentra presente en una segunda cavidad (145), donde el contraelectrodo (144) de la segunda celda de bombeo (140) se encuentra en el espacio de gas de referencia (138), donde un dispositivo de control electrónico (122), que dispone de al menos una primera conexión separada (P1) para la primera celda de bombeo (112), de una segunda conexión separada (P2) para la segunda celda de bombeo (140), de una conexión para una tensión de suministro (Vs) y de una conexión en común (COM), se conecta con el elemento sensor (110), donde el electrodo de bombeo externo (114) se conecta a la primera conexión separada (P1) mediante una primera conexión eléctricamente conductora (120) donde el electrodo de bombeo interno (116) se conecta a la conexión en común (COM) mediante una segunda conexión eléctricamente conductora (124), donde el electrodo de referencia (134) se conecta a la conexión para una tensión de de suministro (Vs) mediante una tercera conexión eléctricamente conductora (136), donde el electrodo de bombeo interno (142) se conecta a la conexión en común (COM) mediante una segunda conexión eléctricamente conductora (124), donde el contraelectrodo (144) se conecta a la segunda conexión separada (P2) mediante una cuarta conexión eléctricamente conductora (146), donde en la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se proporciona una resistencia de medición (160), donde mediante el dispositivo de control (122), una capacitancia de la segunda celda de bombeo (140), para generar una señal de medición (180) en la resistencia de medición (160), varía por un periodo predeterminado, donde en el electrodo de referencia (134), mediante la tercera conexión eléctricamente conductora (136), desde la conexión para una tensión de suministro (Vs), se imprime una corriente eléctrica predeterminada ( $I_{CP}$ ), donde la corriente eléctrica predeterminada ( $I_{CP}$ ) varía por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición (180) presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición (180) no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la corriente eléctrica predeterminada ( $I_{CP}$ ) varía en un valor de 0  $\mu$ A por el periodo predeterminado.
3. Procedimiento para operar un sensor (100) para detectar al menos una parte de un componente de gas de medición con oxígeno ligado, en un gas de medición, en particular en un gas de escape de un motor de combustión interna, el cual comprende un elemento sensor (110), donde el elemento sensor (110) presenta una primera celda de bombeo (112) que presenta un electrodo de bombeo externo (114) y un electrodo de bombeo interno (116), y se encuentra presente en una primera cavidad (126) que está conectada al gas de medición, una celda de referencia (130) que presenta un electrodo Nernst (132) y un electrodo de referencia (134), y se encuentra presente en un espacio de gas de referencia (138), y una segunda celda de bombeo (140) que presenta un electrodo de bombeo (142) y un contraelectrodo (144), y se encuentra presente en una segunda cavidad (145), donde el contraelectrodo (144) de la segunda celda de bombeo (140) se encuentra en el espacio de gas de referencia (138), donde un dispositivo de control electrónico (122), que dispone de al menos una primera conexión separada (P1) para la primera celda de bombeo (112), de una segunda conexión separada (P2) para la segunda celda de bombeo (140), de una conexión para una tensión de suministro (Vs) y de una conexión en común (COM), se conecta con el elemento sensor (110), donde el electrodo de bombeo externo (114) se conecta a la primera conexión separada (P1) mediante una primera conexión eléctricamente conductora (120) donde el electrodo de bombeo interno (116) se conecta a la conexión en común (COM) mediante una segunda conexión eléctricamente conductora (124), donde el electrodo de referencia (134) se conecta a la conexión para una tensión de de suministro (Vs) mediante una tercera conexión eléctricamente conductora (136), donde el electrodo de bombeo interno (142) se conecta a la conexión en común (COM) mediante una segunda conexión eléctricamente conductora (124), donde el contraelectrodo (144) se conecta a la segunda conexión separada (P2) mediante una cuarta conexión eléctricamente conductora (146), donde en la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se proporciona una resistencia de medición (160), donde mediante el dispositivo de control (122), una capacitancia de la segunda celda de bombeo (140), para generar una señal de medición (180) en la resistencia de medición (160), varía por un periodo predeterminado, donde el elemento sensor (110) presenta un elemento calentador (148), donde el elemento sensor (110), mediante el elemento calentador (148), se calienta a una temperatura predeterminada, donde la temperatura predeterminada varía por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición (180) presente una variación por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición (180) no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, donde la temperatura predeterminada disminuye por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se identifica como intacta en el caso de

que la señal de medición (180) presente una disminución por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición (168) no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.

5 5. Procedimiento según la reivindicación 3, donde la temperatura predeterminada aumenta por el periodo predeterminado, donde la cuarta conexión eléctricamente conductora (146) se identifica como intacta en el caso de que la señal de medición (180) presente un aumento por el periodo predeterminado, y se identifica como defectuosa en el caso de que la señal de medición (180) no presente ninguna variación por el periodo predeterminado.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, donde la temperatura del elemento sensor (110) se determina mediante la detección de una resistencia interna eléctrica ( $R_{PVS}$ ) del elemento sensor (110).

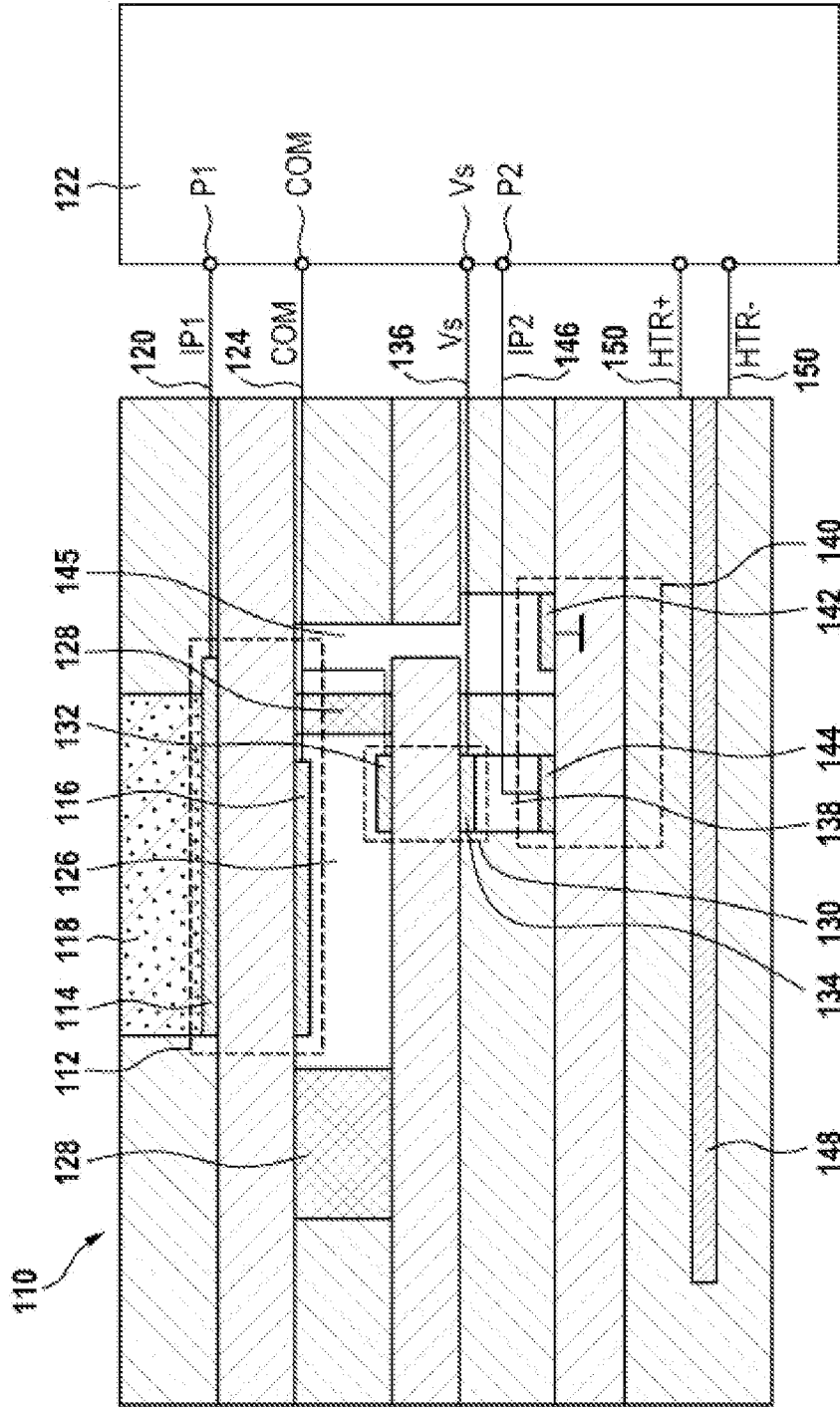
10 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, donde la señal de medición (180) es una disminución de tensión ( $U_{IP2}$ ) mediante la resistencia de medición (160).

15 8. Dispositivo de control electrónico que dispone de una primera conexión (P1) separada, de una segunda conexión (P2) separada, de una conexión para una tensión de suministro ( $V_s$ ) y de una conexión en común (COM), y de medios que son adecuados para realizar las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes.

9. Programa informático que comprende órdenes que provocan que un dispositivo de control según la reivindicación 8 realice las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

10. Medio de almacenamiento electrónico en el cual está almacenado un programa informático según la reivindicación precedente.

FIG. 1



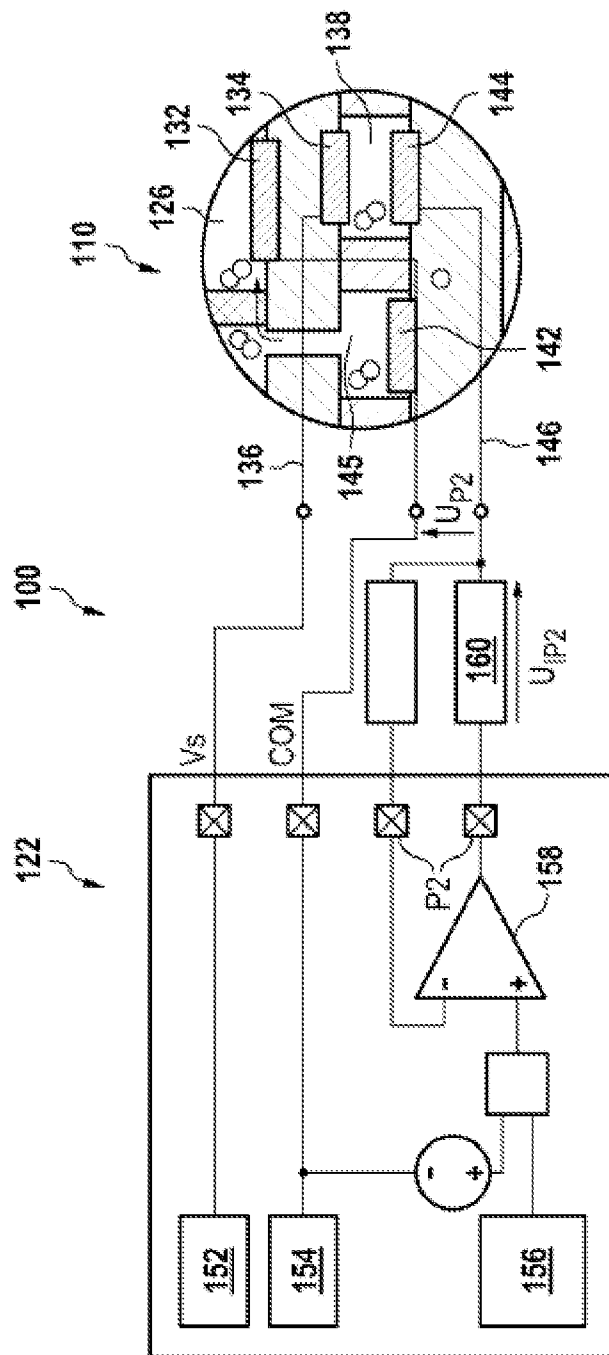


FIG. 2

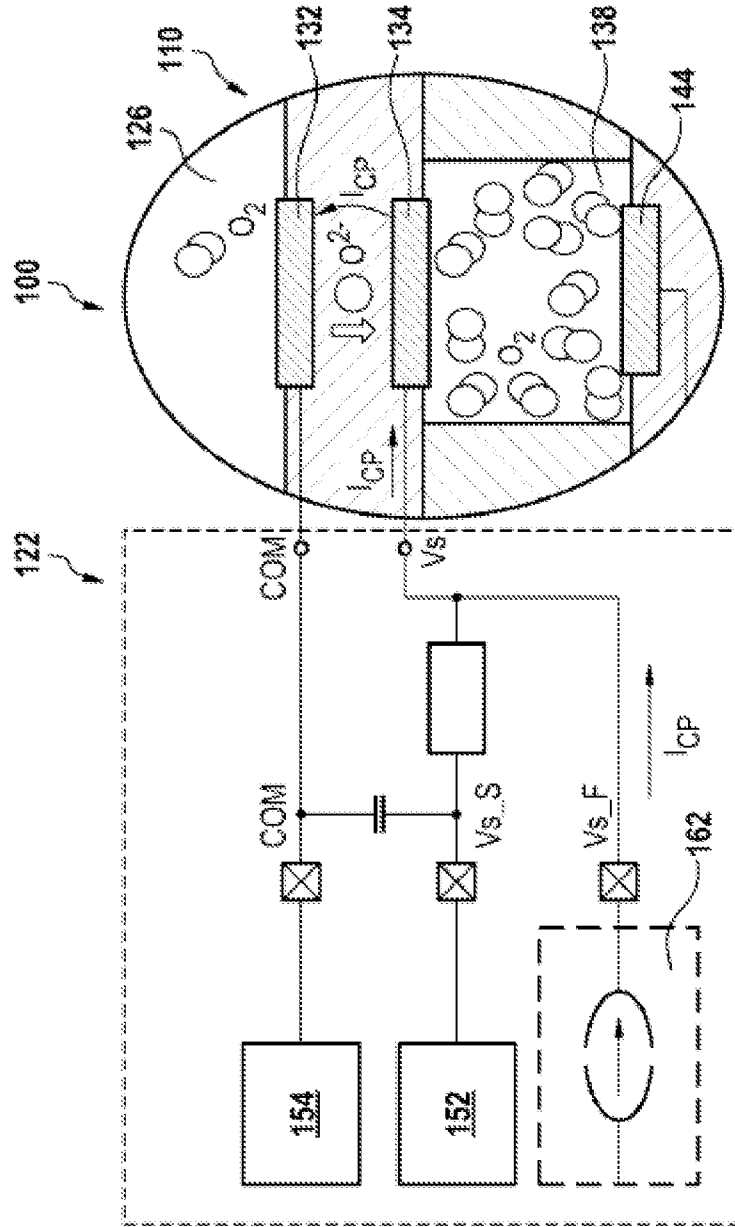


FIG. 3

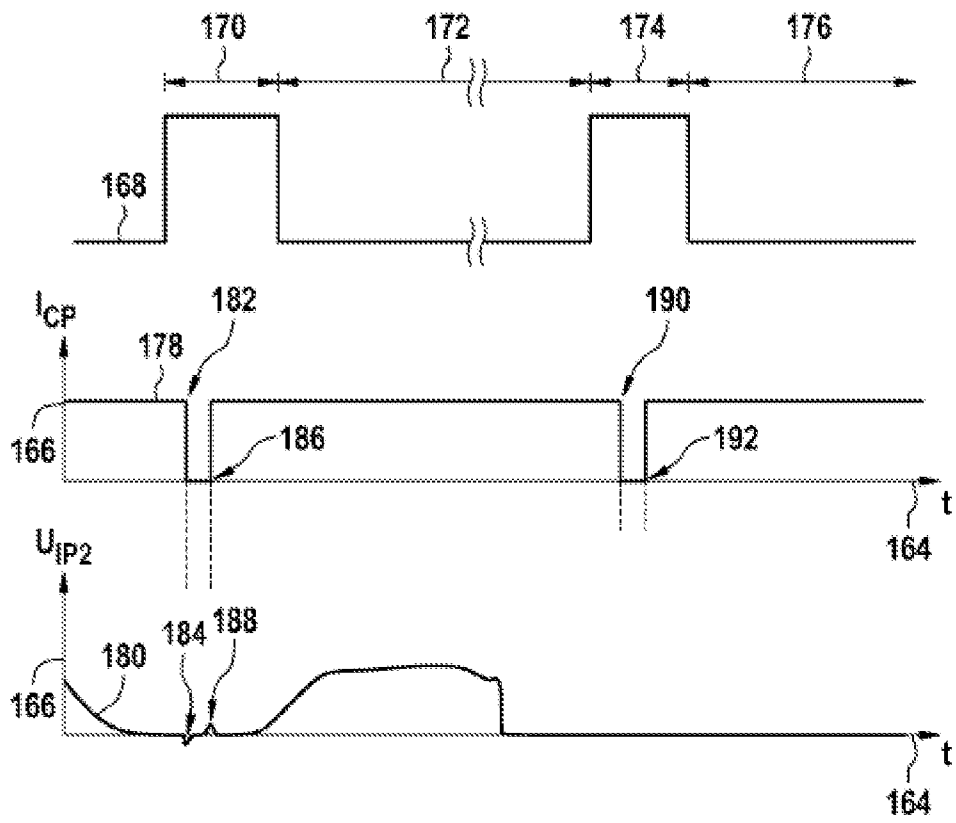


FIG. 4

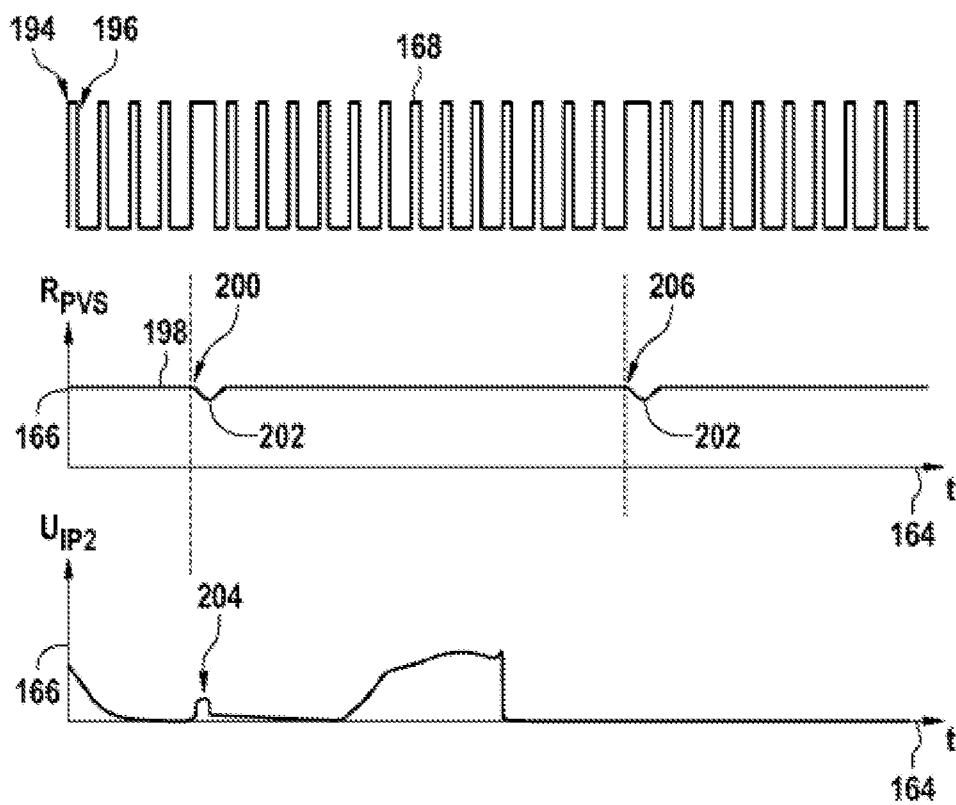


FIG. 5