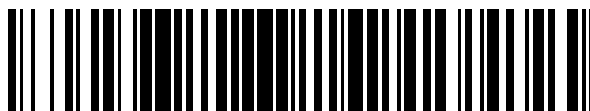


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 023**

51 Int. Cl.:
G01N 27/407 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07847270 .1**
96 Fecha de presentación: **22.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2108119**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.10.2009**

54 Título: **Sensor de gases con célula de bombeo situada en el interior**

30 Prioridad:
29.12.2006 DE 102006062060

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.03.2012

73 Titular/es:
**ROBERT BOSCH GMBH
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE**

72 Inventor/es:
**REINHARDT, Goetz;
RUNGE, Henrico;
REINSHAGEN, Holger y
DIEHL, Lothar**

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 377 023 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sensor de gases con célula de bombeo situada en el Interior

Estado Actual de la Técnica

5 La presente invención parte de elementos sensores conocidos que estriban en las propiedades electrolíticas de determinados sólidos, y por consiguiente, en la capacidad de estos sólidos de conducir determinados iones. Estos elementos sensores se emplean, principalmente, en automóviles para medir las composiciones de la mezcla gaseosa aire-combustible. Principalmente, se emplean elementos sensores de este tipo conocidos bajo la denominación "sonda lambda" y juegan un papel esencial en la reducción de contaminantes en los gases de escape, tanto en los motores de gasolina como también en la tecnología diesel.

10 Con el llamado índice de relación de aire "lambda" (λ) se designa, generalmente, en la técnica de combustión a la diferencia entre la masa de aire proporcionada y la masa de aire teóricamente necesaria para la combustión (es decir, estequiométrica). El índice de relación de aire se mide así por medio de uno o varios elementos sensores, la mayoría de las veces por uno o varios puntos, en el conducto de los gases de escape de un motor de combustión. Las mezclas gaseosas "ricas" (es decir, mezclas gaseosas con un exceso de combustible) tienen, de manera correspondiente, un índice de relación de aire $\lambda < 1$, mientras que las mezclas gaseosas "pobres" (es decir, mezclas gaseosas con un defecto de combustible) tienen un índice de relación de aire $\lambda > 1$. Junto a la técnica del automóvil, estos elementos sensores y similares se emplean también en otros ámbitos de la técnica (principalmente de la técnica de combustión), por ejemplo, en la técnica de conducción del aire o en la regulación de quemadores, por ejemplo, en instalaciones de calefacción o plantas de generación de energía. Gracias al estado actual de la técnica se conocen numerosas formas de ejecución diferentes de los elementos sensores y se describen, por ejemplo, en Robert Bosch GmbH: "Sensores en el automóvil", Junio de 2001, pág. 112-117 o en T. Baunach et al.: " gases de escape más limpios mediante sensores cerámicos", libro básico de física 5 (2006) nº 5, pág. 33-38.

25 Una forma de ejecución representa la llamada "sonda de salto", cuyo principio de medida se basa en la medición de una diferencia de potencial electroquímico entre un electrodo de referencia expuesto a un gas de referencia y un electrodo de medida expuesto a la mezcla gaseosa a medir. Los electrodos de referencia y de medida están conectados conjuntamente por el electrolito sólido, empleándose, normalmente, como electrolito sólido dióxido de zirconio (por ejemplo, dióxido de zirconio estabilizado con itrio), o materiales cerámicos similares debido a sus propiedades conductoras de los iones de oxígeno. La diferencia de potencial entre los electrodos tiene teóricamente un salto característico, justo en el paso entre mezcla gaseosa rica y mezcla gaseosa pobre, que puede usarse para medir y/o regular la composición de la mezcla gaseosa. Diferentes ejemplos de ejecución de estas sondas de salto, que también se designan como "células de Nernst", se describen, por ejemplo, en los documentos DE 10 2004 035 826 A1, DE 199 38 416 A1 y DE 10 2005 027 225 A1.

35 Alternativa o adicionalmente a las sondas de salto, se emplean también las llamadas "células de bombeo", en las que se aplica una "tensión de bombeo" eléctrica en dos electrodos conectados por el electrolito sólido, midiéndose la "corriente de bombeo" a través de la célula de bombeo. A diferencia del principio de las sondas de salto, en las células de bombeo, de forma habitual, ambos electrodos están conectados con la mezcla gaseosa a medir. Así se expone uno de ambos electrodos (la mayoría de las veces a través de una capa protectora permeable) directamente a la mezcla gaseosa a medir. De manera alternativa, este electrodo también puede exponerse a una referencia de aire. El segundo de ambos electrodos se conforma, sin embargo, de manera habitual, de tal forma que la mezcla gaseosa no pueda llegar directamente a este electrodo, sino que primero debe traspasar una llamada "barrera de difusión" para llegar a un hueco contiguo a este segundo electrodo. Como barrera de difusión se emplea, la mayoría de las veces, una estructura cerámica porosa con radios de poro ajustables de manera selectiva. Si el gas de escape pobre atraviesa esta barrera de difusión hasta llegar al hueco, las moléculas de oxígeno se reducen electroquímicamente a iones de oxígeno, por medio de la tensión de bombeo, en el segundo electrodo negativo, son transportados por el electrolito sólido al primer electrodo positivo y salen del mismo de nuevo como oxígeno libre. Los elementos sensores se accionan, la mayoría de las veces, en la llamada operación en corriente límite, es decir, en una operación, en la que la tensión de bombeo se selecciona de tal forma, que el oxígeno entrante a través de la barrera de difusión se bombee por completo hacia el contraelectrodo. En esta operación, la corriente de bombeo es aproximadamente proporcional a la presión parcial del oxígeno en la mezcla gaseosa de escape, de forma que tales elementos sensores se designan frecuentemente también como sensores proporcionales. Al contrario de los sensores de salto, las células de bombeo se pueden usar a lo largo de un rango comparativamente amplio para el índice de relación de aire lambda, por lo cual se emplean células de bombeo principalmente en los llamados sensores de banda ancha, para medir y/o regular también composiciones de la mezcla gaseosa aparte de $\lambda=1$.

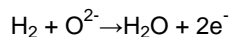
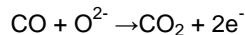
55 Los principios anteriormente descritos de los sensores de células de salto y células de bombeo se pueden utilizar, de manera ventajosa, también combinados, en las llamadas "pluricélulas". Así, los elementos sensores pueden contener una o varias células trabajando según el principio de los sensores de salto, y una o varias células de bombeo. Un ejemplo de "doble célula" se describe en la patente EP 0 678 740 B1. Así se mide por medio de una célula de Nerst la presión parcial del oxígeno en el hueco anteriormente descrito de una célula de bombeo, en el

segundo electrodo contiguo, y se orienta la tensión de bombeo mediante una regulación, de forma que en el hueco impere constantemente la condición $\lambda = 1$. Se conocen diferentes variaciones de esta estructura pluricelular.

5 Los elementos sensores conocidos gracias al estado actual de la técnica, en disposición mono-celular con dos electrodos expuestos al gas de escape o gas de medida muestran, sin embargo, en muchos casos, una curva característica inconfundible solamente en el gas de escape pobre. En el rango ligeramente pobre, por consiguiente, cuando λ se acerca al valor 1, se observa, sin embargo, en muchos casos, una desviación de la curva característica de la corriente de bombeo respecto de la evolución teórica. En vez de un decrecimiento de la corriente de bombeo con valores de λ decrecientes hasta el valor $\lambda = 1$, se observa incluso, en muchos casos, un aumento de la corriente de bombeo. Esta desviación provoca que la curva característica de la corriente de bombeo no tenga ya una evolución inconfundible, a partir de la cual pueda deducirse el índice de relación de aire. Esto se hace perceptible, de forma negativa, por ejemplo, en las sondas λ para la incorporación a los vehículos diesel, en los que se trabaja generalmente en el rango ligeramente pobre. Otros elementos sensores se conocen gracias a las patentes US 6 306 271 B1 y a la DE 10 2004 057687. La US 6306271B1 expone el término genérico de la Reivindicación 1.

Revelación de la Invención

15 La presente invención parte del conocimiento de que la desviación de la corriente de bombeo de la curva característica esperada en el rango ligeramente pobre y en el rico, se debe a la presencia de componentes oxidables (gas rico) en el entorno del ánodo. En este caso hay, en vez de las reacciones del cátodo, determinantes de la corriente límite en el rango pobre, reacciones en el ánodo en las que generalmente se expone de igual manera al gas de escape, de manera definitiva. Estas reacciones del ánodo provocan una señal de corriente como en la operación pobre, que no puede distinguirse de la señal de corriente a través de las reacciones que discurren en el cátodo. Incluso pequeñas cantidades de gas combustible (y, por consiguiente, de componentes gaseosos oxidables, especialmente H_2) pueden influir en la señal de medida, de forma que no se dé más la inconfundibilidad de la curva característica de la corriente límite - ya en el gas de escape no equilibrado (por ejemplo, en operación diesel), ya cerca de $\lambda = 1$. Para realizar una curva característica inconfundible de un elemento sensor en el rango aire $> \lambda \geq 1,0$ (es decir, principalmente ninguna señal de corriente, o sólo una insignificante, en el rango rico), tienen que detenerse, por consiguiente, las reacciones en el ánodo que discurren en el gas rico, como



30 Una ventaja esencial del elemento sensor conforme a la invención consiste en que se haya previsto al menos un segundo electrodo, que pueda accionarse como ánodo y que se proteja de los componentes oxidables del gas de escape, y en el que el, como mínimo un, segundo electrodo se oriente al interior del elemento sensor. Las concentraciones de combustible en el gas de escape de diesel no equilibrado próximas a $\lambda = 1$, y los gases combustibles en exceso en el gas de escape rico, no pueden influir ya más en la señal de λ en estos casos, ya que prácticamente ningún volumen de gas combustible puede alcanzar ya el, al menos un, segundo electrodo. Se ha propuesto pues un elemento sensor para la determinación de por lo menos una propiedad física de una mezcla gaseosa en, como mínimo, una cámara del gas, por ejemplo, un elemento sensor apropiado como sonda λ o en una sonda λ . El elemento sensor tiene como mínimo un primer electrodo, al menos un segundo electrodo y por lo menos un electrolito sólido, conectando el, al menos un, primer electrodo y el, como mínimo un, segundo electrodo. Respecto a los posibles materiales para los, como mínimo, dos electrodos y el, al menos, un electrolito sólido puede remitirse, por ejemplo, al estado actual de la técnica. Así, conforme a la invención el, como mínimo un, primer electrodo y el, como mínimo un, segundo electrodo están dispuestos dentro del elemento sensor, al contrario de las estructuras laminares convencionales de las células de bombeo (por ejemplo, la célula de bombeo descrita en Robert Bosch GmbH: "Sensores en el automóvil" Junio de 2001, página 116), en la que generalmente el ánodo (directamente o a través de una capa protectora porosa) se expone al gas de escape. Por "en el interior" ha de entenderse principalmente que el, como mínimo un, primer electrodo y el, por lo menos un, segundo electrodo se separarán de la mezcla gaseosa al menos por zonas a través de, como mínimo, una capa impermeable (por ejemplo, una o varias capas de electrolito sólido) de la, al menos una, cámara del gas. También se prevé como mínimo un canal de evacuación de aire, a través del cual el, como mínimo un, segundo electrodo está unido a la, al menos una, cámara del gas de referencia (por ejemplo, un alojamiento del motor de un automóvil), que se separa de la al menos una cámara del gas.

Una ventaja esencial de la disposición propuesta consiste en que pueda realizarse una curva característica inconfundible en el rango aire $> \lambda \geq 1$. Por eso se puede fabricar un elemento sensor barato, incluso sin incorporar complejas estructuras pluricelulares (que, sin embargo, puede realizarse), que sea también apropiado para la incorporación en los vehículos diesel.

El, como mínimo un, canal de evacuación de aire tiene conforme a la invención al menos un elemento poroso de relleno por ejemplo, como mínimo un elemento poroso de relleno a base de Al_2O_3 . El como mínimo un canal de evacuación de aire puede tener, por ejemplo, por lo menos una de las siguientes propiedades:

- el, al menos un, canal de evacuación de aire tiene una superficie transversal rectangular;

5 - el, al menos un, canal de evacuación de aire tiene una longitud en el rango de 5 a 60 mm, preferentemente de 35 a. 60 mm,

- el como mínimo un canal de evacuación de aire tiene una superficie transversal en el rango de $5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ a $240 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$, preferentemente de $20 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ a $120 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$.

10 El, como mínimo un, primer electrodo puede separarse, de manera ventajosa, tal y como se conoce gracias al estado actual de la técnica, a través de como mínimo una barrera de difusión de la, al menos una, cámara del gas. Esta barrera de difusión puede tratarse principalmente de por ejemplo, un material cerámico poroso, que limita la corriente de la mezcla gaseosa hacia el, como mínimo un, primer electrodo y, por tanto, la corriente límite del al menos un primer electrodo. También puede conectarse, para la presurización del, como mínimo un, primer electrodo con la mezcla gaseosa, el, al menos un, primer electrodo, por ejemplo, por medio de un orificio de alimentación de aire con la, por lo menos una, cámara del gas, atravesando el, como mínimo un, orificio de alimentación de aire, de manera ventajosa, las capas impermeables al gas anteriormente descritas, que separan los electrodos de la, al menos una, cámara del gas.

20 También se ha demostrado ventajoso que el, como mínimo un, primer electrodo (dado el caso que esté combinado en colaboración con la, al menos una, barrera de difusión) y el, por lo menos un, segundo electrodo (en colaboración con el como mínimo un canal de evacuación de aire, y dado el caso con el al menos un elemento poroso de relleno) en la funcionalidad de sus corrientes límite. Por una corriente límite, o corriente límite de relación de aire, ha de entenderse aquella corriente que en una disposición dada obtenga el máximo de aire en la operación catódica del respectivo electrodo. Esto es, aquella corriente que coincide con una situación en la que todas las moléculas gaseosas a comprobar entrantes al respectivo electrodo, sean transportadas al exterior directamente por el
25 electrolito sólido. Conforme a la invención, mediante el dimensionado y/o selección apropiados del, como mínimo un, canal de evacuación de aire y/o del, al menos un, elemento poroso de relleno, la corriente límite del, al menos un, segundo electrodo se configura menor que la corriente límite del por lo menos un primer electrodo. Esto significa, que el, como mínimo un, segundo electrodo está especialmente protegido de manera eficaz de las impurezas que entran por difusión desde la, como mínimo una, cámara del gas de referencia, por ejemplo, las impurezas orgánicas
30 allí presentes, que podrían provocar en el ánodo las reacciones del gas rico anteriormente descritas (y con ello un falseamiento de la señal de corriente). También puede realizarse de manera eficaz una protección del, al menos un, segundo electrodo frente a otras impurezas, que podrían falsear, por ejemplo, el potencial del, al menos un, segundo electrodo, seleccionando la corriente límite. Así, se ha demostrado principalmente ventajoso que la corriente límite del, al menos un, segundo electrodo sea preferentemente menor que 1/50 de la corriente límite del, al menos un,
35 primer electrodo, y de manera especialmente preferente menor que 1/100.

La protección eficaz anteriormente descrita del, como mínimo un, primer electrodo y el, al menos un, segundo electrodo, disponiendo estos electrodos en el interior del sensor se puede mejorar, por tanto, de manera ventajosa, integrando también por lo menos un electrodo reductor en el elemento sensor. Este, como mínimo un, electrodo reductor se dispone de manera ventajosa en un plano laminar (o en varios planos laminares), que no coincida con
40 un plano laminar en el que se dispongan el, como mínimo un, primer electrodo y/o el, al menos un, segundo electrodo. Por medio del, por lo menos un, electrodo reductor se pueden evitar los inconvenientes, vinculados principalmente con una estructura de electrodos situados un al lado del otro. Estos inconvenientes consisten, principalmente, en que en el caso del primer electrodo y el segundo electrodo situados un al lado del otro, normalmente, surge una elevada resistencia interna y la intensidad de corriente es dividida de manera no homogénea por el electrodo. El, como mínimo un, electrodo reductor, que solapa de manera ventajosa el, como mínimo un, primer electrodo y/o el, al menos un, segundo electrodo total o parcialmente, se ocupa de un "redireccionamiento" de la corriente a través del, al menos un, electrolito sólido y con ello, por medio de un
45 acortamiento de las distancias, a una considerable reducción de la resistencia interna y por tanto de las tensiones de bombeo a reducir. Pueden efectuarse diferentes tipos de estructura laminar. También se puede usar el, como mínimo un, electrodo reductor, configurado de manera ventajosa como electrodo "Flotante" (no en contacto), para "equilibrar" la resistencia interna del elemento sensor durante la fabricación, adaptándose por medio de un correspondiente procedimiento de corte y/o de ablación la forma y/o el tamaño del, al menos un, electrodo reductor hasta que la resistencia interna del elemento sensor alcance un valor deseado. De este modo, se puede llevar a cabo un procedimiento económico y seguro de fabricación de un elemento sensor, así como una alta precisión de
50 los elementos sensores fabricados de este modo.

El elemento sensor descrito se puede accionar de tal forma (por ejemplo, por medio de un modo de conexión electrónico integrado en el elemento sensor y/o externo), que entre el, por lo menos un, primer electrodo y el, como mínimo un, segundo electrodo se aplique una tensión de bombeo, principalmente entre 100 mV y 1,0 V,

preferentemente entre 300 mV y 600 mV, y de manera especialmente preferente entre 600 mV y 700 mV, midiéndose como mínimo una corriente de bombeo, que fluye entre el, como mínimo un, primer electrodo y el, al menos un, segundo electrodo. Así se conecta el, como mínimo un, primer electrodo como cátodo de bombeo, y el, al menos un, segundo electrodo como ánodo de bombeo.

5 Breve descripción de los dibujos.

Los ejemplos de ejecución de la invención se representan en los dibujos y se explican más a fondo en la siguiente descripción. Muestran:

Figura 1 una curva característica de la corriente de bombeo;

10 Figura 2 una estructura laminar de un elemento sensor configurado como mono-célula con cátodo y ánodo de bombeo situados en el interior y conductores superpuestos;

Figura 3 un elemento sensor conforme a la Figura 3, aunque con conductores situados uno al lado del otro;

Figura 4A una estructura de una sonda de banda ancha correspondiente al estado actual de la técnica;

Figura 4B un ejemplo de un elemento sensor configurado como sonda pobre;

Figura 5 un elemento sensor con una capa reductora;

15 Figura 6 el elemento sensor conforme a la Figura 5 con una capa protectora adicional;

Figura 7 un procedimiento para el ajuste de la resistencia interna del elemento sensor conforme a la Figura 5;

Figura 8 un elemento sensor con electrodo reductor situado en el interior, dispuesto sobre un elemento calefactor, como un ejemplo de ejecución de la invención .

20 Figura 9 un elemento sensor conforme a la Figura 8 con electrodo reductor y electrodo de expansión combinados, como otro ejemplo de ejecución de la invención.

25 En la Figura 1 se representa, de forma esquemática, una evolución de una corriente de bombeo I_p como función del índice de relación de aire λ de una mezcla gaseosa. Así, se trata de la evolución esperada de la curva característica para un diseño de un elemento sensor conforme a la invención con un ánodo de bombeo, que es protegido por completo frente al gas combustible. La línea perpendicular discontinua 110 configura así el valor $\lambda=1$, que separa el rango rico 112 del rango pobre 114. Así, se puede ver que la curva característica a esperar crece de forma lineal en el rango $\lambda > 1$ y en el rango rico, o sea para $\lambda < 1$, toma el valor 0.

30 Si el ánodo de bombeo no estuviera, tal y como propone la invención, protegido frente al gas combustible, no se observaría desaparecer la corriente de bombeo, principalmente en el rango rico 112, que se debe a las reacciones del gas rico descritas anteriormente en el ánodo de bombeo. Ya en el rango ligeramente pobre, o sea en el rango 114 próximo a $\lambda=1$, podría observarse una desviación de la evolución lineal de la curva característica.

En Figura 2 se representa un elemento sensor 210 en representación en perspectiva de la estructura laminar. este elemento sensor 210 es una mono-célula, comparativamente más fácil y económica de realizar. El elemento sensor descrito puede emplearse, por ejemplo, como sonda pobre de corriente límite para analizar la mezcla gaseosa en una cámara del gas 212.

35 El elemento sensor 210 tiene por el lado adosado a la cámara del gas 212 un primer electrolito sólido 214, por ejemplo, un electrolito de dióxido de circonio estabilizado con itrio. En un plano laminar, por el lado del electrolito sólido 214 opuesto al lado adosado a la cámara del gas 212 se pone el electrolito sólido 214 en contacto a través de un ánodo de bombeo 216 (por ejemplo, un electrodo de platino y/o de óxido) y un cátodo de bombeo 218, estando dispuestos el ánodo de bombeo 216 y el cátodo de bombeo 218 yuxtapuestos. Tal y como se ha descrito anteriormente, tanto en éste como también en los siguientes ejemplos de ejecución se conecta el al menos un primer electrodo como cátodo de bombeo (218) y el, como mínimo un, segundo electrodo como ánodo de bombeo (216). Tal y como se ha descrito igualmente anteriormente, pueden imaginarse, sin embargo, también otros tipos de conexión, por ejemplo, una inversión de la polaridad, al menos a corto plazo. Debajo del ánodo de bombeo 216 y del cátodo de bombeo 218 se dispone un segundo electrolito sólido 220, de forma que entre el ánodo de bombeo 216 y el cátodo de bombeo 218 estén embebidos ambos electrolitos sólidos 214, 220. Mientras que el ánodo de bombeo 216 se configura así solamente como electrodo único, el cátodo de bombeo 218 tiene en este ejemplo de ejecución 40 opcionalmente un primer cátodo parcial 222 y un segundo cátodo parcial 224, poniendo el primer cátodo parcial 222

en contacto el electrolito sólido 214 situado por encima, y el segundo cátodo parcial 224 el, segundo electrolito sólido 220 situado por debajo. Ambos cátodos parciales 222, 224 están conectados, sin embargo, de manera eléctricamente conductora, de forma que estos actúen como cátodo único de bombeo 218, aunque con mayor superficie. De este modo se puede reducir la resistencia interna del elemento sensor 210. Opcionalmente, el ánodo de bombeo 216 puede ejecutarse también como electrodo doble (comp. por ejemplo, la ejecución de la Figura 3 abajo).

Entre ambos cátodos parciales 222, 224 se prevé un hueco catódico 226. La mezcla gaseosa puede penetrar desde la cámara del gas 212 al hueco catódico 226 a través de un orificio de alimentación del aire 228 al electrolito sólido 214 situado por encima. Así se prevé una barrera de difusión 230 entre el orificio de alimentación del aire 228 y el hueco catódico 226, que, tal y como se ha descrito anteriormente, contiene un material cerámico poroso y que limita la corriente límite del cátodo de bombeo 218. El cátodo de bombeo 218 se pone eléctricamente en contacto a través de un conductor catódico 232, configurado sobre el electrolito sólido inferior 220. Por medio de una conexión catódica 234 por el lado superior del electrolito sólido 214 y una vía eléctrica 236 puede conectarse el cátodo de bombeo 218 con una correspondiente conexión electrónica (no representada en la Figura 2) y por ejemplo, presurizarse con una tensión.

Debajo del ánodo de bombeo 216 se prevé un hueco de ánodo 238, unido por un canal de evacuación de aire 240 a una cámara del gas de referencia 242 separado de la cámara del gas 212. El hueco de ánodo 238 y el canal de evacuación del aire 240 se rellenan así con un elemento poroso de relleno a base de Al_2O_3 permeable al oxígeno 244. El ánodo de bombeo 216 se pone eléctricamente en contacto por medio de un conductor de ánodo 246 y se conecta a través de una vía eléctrica adicional 248 en el electrolito sólido 214 con una conexión anódica 250 dispuesta por el lado superior del electrolito sólido 214. Por medio de esa conexión anódica 250 puede conectarse el ánodo de bombeo 216, por ejemplo, con el dispositivo electrónico descrito anteriormente, de forma que puede aplicarse, por ejemplo, entre el ánodo de bombeo 216 y el cátodo de bombeo 218 una tensión y/o pueda medirse una corriente de bombeo. Los conductores anódico 246 y catódico 232 se disponen así superpuestos en el ejemplo de ejecución conforme a la Figura 2. Un aislamiento eléctrico del ánodo de bombeo 216 o conductor de ánodo 246 frente al conductor catódico 232 se verifica así a través del elemento poroso de relleno 244, que tiene propiedades eléctricamente no conductoras.

Debajo del segundo electrolito sólido 220 hay un elemento calefactor 252, que abarca un elemento resistor calefactor 256 embebido entre dos láminas aislantes 254. El elemento resistor calefactor 256 puede ponerse en contacto eléctrico por vías 258 en un sustrato portador 260 (por ejemplo, de nuevo un electrolito sólido) a través de las conexiones calefactoras 262 situadas por el lado opuesto del sustrato portador 260 adosado a la cámara del gas 212 y presurizarse con una corriente calefactora. Esta corriente calefactora puede ajustarse, por ejemplo, con una regulación, que ajuste, por ejemplo, una resistencia interna constante del elemento sensor 210.

Por medio del ejemplo de ejecución de un elemento sensor 210 descrito en la Figura 2 puede efectuarse sustancialmente la curva característica de la corriente de bombeo representada en la Figura 1. En caso de incorporación como sonda lambda, en el rango pobre 114 no se mide ninguna corriente de bombeo correspondiente a la presión parcial del oxígeno; en el rango rico 112 no se mide tampoco ninguna corriente, ya que no hay ningún oxígeno libre y la tensión de bombeo seleccionada se encuentra ventajosamente por debajo de la tensión de descomposición del agua. Por tanto, no puede aparecer ninguna oxidación del gas combustible en el ánodo de bombeo 216, protegido interno ciego al gas combustible. Así se puede ejecutar un elemento sensor 210 barato, configurado como mono-célula, también apropiado para la incorporación en vehículos diesel.

En la Figura 3 se muestra un elemento sensor 210 en representación laminar en perspectiva. La estructura coincide en gran medida con la estructura de la Figura 2, de forma que puede remitirse a ésta respecto a los elementos individuales. Sin embargo, al contrario del elemento sensor 210 conforme a la Figura 2, en el elemento sensor 210 conforme a la Figura 3 no sólo el cátodo de bombeo 218 tiene dos cátodos parciales 222, 224, sino que también el ánodo de bombeo 216 se conforma en dos partes, con un primer ánodo parcial superior 310, que contacta los electrolitos sólidos superiores 214, y un segundo ánodo parcial inferior 312, que contacta al electrolito sólido inferior 220. Los ánodos parciales 310, 312 están nuevamente conectados conjuntamente de manera eléctricamente conductora, de manera análoga a los cátodos parciales 222, 224. La ventaja de esta disposición consiste, tal y como se ha explicado anteriormente, en una reducción de la resistencia interna del elemento sensor 210, ya que desde ahora pueden conducirse eficazmente las corrientes de bombeo a través de los electrolitos sólidos superior 214 e inferior 220.

Ambos ánodos parciales 310, 312 están separados unos de otros por el hueco de ánodo 238, que se llena nuevamente, de forma análoga a la Figura 3, con el elemento poroso de relleno 244. De forma análoga a la Figura 2, el hueco de ánodo 238 está conectado también en el ejemplo de ejecución conforme a la Figura 3 con la cámara del gas de referencia 242 por el canal de evacuación de aire 240, igualmente lleno con el elemento poroso de relleno 244.

Igualmente, a diferencia del elemento sensor 210 conforme a la Figura 2, en el elemento sensor 210 conforme a la Figura 3 no se prevé tampoco ninguna disposición superpuesta de los conductores de electrodo 232, 246, por medio de la cual el cátodo de bombeo 218 y el ánodo de bombeo 216 estén en contacto. Los conductores de ánodo 246 y de cátodo 232 están más bien situados uno al lado del otro sobre el electrolito sólido inferior 220, discurriendo el canal de evacuación de aire 240 concéntricamente entre ambos conductores de electrodo 232, 246 y paralelamente a éstos. La puesta en contacto de los conductores de electrodo 232, 246 se verifica, de forma análoga a la Figura 2, a través de las conexiones de electrodo 234, 250. Para los elementos constructivos posteriores y el modo de funcionamiento ha de remitirse a la mencionada descripción.

Los elementos constructivos con electrodos situados uno al lado del otro tienen en muchos casos una considerable resistencia interna, que hace necesarias frecuentemente altas tensiones de bombeo, lo que está unido nuevamente con el elevado riesgo de una descomposición de agua en el ánodo. La problemática de la elevada resistencia interna ha de describirse en dos elementos sensores 410, representados en las Figuras 4A y 4B. Así se representa en la Figura 4A una estructura conocida gracias al estado actual de la técnica y en la que, de manera análoga a los ejemplos de ejecución de las Figuras 2 y 3, se detiene un transporte posterior de oxígeno desde la cámara del gas 212 al hueco de electrodo 226 delante del electrodo de bombeo 219 (que normalmente se diseña también como "electrodo interior de bombeo", IPE). Por el lado externo del electrolito sólido 214, adosado a la cámara del gas 212, situada de cara al IPE 219, se dispone el contraelectrodo 215. Este contraelectrodo 215 se diseña frecuentemente también como "electrodo externo de bombeo", APE. Tal y como se ha descrito anteriormente, también en una operación controlada puede cambiarse la polaridad entre el cátodo de bombeo 219 y el ánodo de bombeo 215, de forma que el término "electrodo de bombeo" se empleara sin distinción de las polaridades. La señal del elemento sensor 410 es la corriente de oxígeno que fluye entre ambos electrodos de bombeo 215, 219.

También se prevé un electrodo de referencia 412, configurado en una cámara de referencia del aire 414 (o un canal de referencia del aire) separado del hueco de IPE- 226. La tensión de bombeo entre ambos electrodos de bombeo 215, 219 se regula así, de forma que entre el IPE 219 y el electrodo de referencia 412 se ajuste una determinada tensión (tensión de Nernst). Esta tensión de regulación se selecciona de forma que en el hueco de IPE 226 haya sustancialmente una mezcla estequiométrica, es decir, una mezcla con $\lambda = 1$. Para ello, en las mezclas gaseosas pobres se extrae oxígeno por bombeo del hueco, mientras que en las mezclas gaseosas ricas se bombea oxígeno al interior del hueco para los quemar componentes ricos entrantes. La polaridad de la tensión entre IPE 219 y APE 215 se selecciona correspondientemente. La dirección del flujo tiene un cambio de signo en el paso de mezclas gaseosas ricas a mezclas gaseosas pobres y puede medirse inconfundiblemente a lo largo de todo el rango completo de λ .

Para aplicaciones en el rango pobre, es decir, para $\lambda > 1$, puede seleccionarse una estructura más sencilla que la representada en la Figura 4A, que se muestra en la Figura 4B. En el elemento sensor 410 representado se suprime el electrodo externo de bombeo y con ello un contacto de conexión. El oxígeno se bombea así desde el electrodo interno de bombeo (cátodo de bombeo 218) hasta el electrodo de expansión o- electrodo de referencia 412, que funciona por tanto simultáneamente como ánodo de bombeo 216. Así es importante, que la composición del gas en el electrodo de referencia 412 en funcionamiento sólo varíe insignificadamente, de forma que se eviten reacciones secundarias no deseadas en el cátodo de bombeo 218. Con esta operación se puede obtener una curva característica inconfundible para $\lambda > 1$.

Con ello coincide el elemento sensor 410 representado en la Figura 4B con el elemento sensor conforme a uno de los ejemplos de las Figuras 2 o 3, pues aquí los electrodos 216, 218 yuxtapuestos se ejecutan en el interior del elemento sensor 410. La disposición yuxtapuesta de los electrodos conforme a la Figura 4B es, en cuanto a la técnica de producción, comparativamente sencilla de realizar. Esta disposición de los electrodos tiene, sin embargo, el inconveniente de que, a través de los electrodos lateralmente trasladados 216, 218, la resistencia eléctrica del electrolito sólido 214 sea sustancialmente mayor que en la disposición conforme al estado actual de la técnica de la Figura 4A con electrodos de bombeo 216, 218 superpuestos. Especialmente en los gases ricos en oxígeno (por ejemplo, aire), fluyen corrientes comparativamente altas, que conducen, a través de la ley de Ohm, a pérdidas de tensión comparativamente altas en el electrolito sólido 214 (por ejemplo, una cerámica de ZrO_2) y en los electrodos. Se tienen que aplicar por tanto, altas tensiones de bombeo entre los electrodos 216, 218, que conduzcan, sin embargo, nuevamente a que próximo a $\lambda = 1$ se obtenga oxígeno no sólo a partir de las moléculas de oxígeno de la mezcla gaseosa desde la cámara del gas 228, sino también por descomposición del agua y dióxido de carbono y se muestra como corriente de bombeo correspondiente. Esta sensibilidad transversal es un motivo para que incluso en una disposición conforme a la Figura 4B con un ánodo completamente protegido 216 en el rango pobre, en caso de acercamiento a $\lambda = 1$ en muchos casos se hace constar un falseamiento de la curva característica de la corriente de bombeo. La curva característica es pues normalmente inconfundible debido al ánodo de bombeo protegido 216, aunque tiene una elevada tolerancia cerca de $\lambda = 1$. En las Figuras 5 a 9 se representan pues formas de ejecución ulteriormente mejoradas de los elementos sensores 210, que evitan eficazmente la problemática de la resistencia interna descrita. Un concepto se basa así en la inserción de como mínimo un electrodo reductor 510, configurado respectivamente por un lado del electrolito sólido 214, enfrente, sobre el que se dispone el cátodo de bombeo 218 y el ánodo de bombeo 216. De este modo se acortan drásticamente las vías de circulación de la corriente y se reduce por tanto la resistencia interna.

En las Figuras 5 a 7 se representan elementos sensores 210, en los que el electrodo reductor 510 está configurado por el lado del electrolito sólido superior 214 adosado a la cámara del gas 212, mientras que el ánodo de bombeo 216 y el cátodo de bombeo 218 están situados uno al lado del otro por el lado del electrolito sólido 214 opuesto a la cámara del gas 212. El electrodo reductor 510 no está eléctricamente en contacto (enl. "Floating"), de forma que se conserve la ventaja de sólo dos conexiones de electrodo 234, 250 (Comparar con las Figuras 2 y 3). En los gases ricos en oxígeno se cierra por eso una vía adicional de circulación de la corriente. La corriente de oxígeno, diseñada en las Figuras 5 a 7 simbólicamente con 512, fluye primero del cátodo de bombeo 218 (electrodo interior de bombeo, IPE) al electrodo reductor 510 y escapa allí como oxígeno. En otro punto del electrodo reductor 510 se incorpora de nuevo oxígeno y fluye hacia el ánodo de bombeo 216 (que ha asumido la función del electrodo de referencia 412). A través del electrodo reductor 510 se puede reducir la resistencia del electrolito sólido típicamente en torno a un factor 2 a 3 frente a la disposición conforme a la Figura 4B sin electrodo de referencia 412. Viene con ello en el rango de la disposición conforme a la Figura 4A. El tamaño del electrodo reductor 510 en el ejemplo de ejecución conforme a la Figura 5 se selecciona de forma que una proyección del electrodo reductor 510 cubra ambos electrodos 216, 218 en el plano del cátodo de bombeo 218 o del ánodo de bombeo 216. También pueden seleccionarse otras formas de electrodos reductores 510.

En la Figura 6 se representa el elemento sensor 210 conforme a la Figura 5 en una ejecución ligeramente modificada. Así se protege el electrodo reductor 510, configurado igualmente por la cara del electrolito sólido adosada a la cámara del gas 212, de la cámara del gas 212 mediante una capa protectora porosa 610. Esta capa protectora porosa 610, que pueden emplearse por ejemplo, para materiales convencionales de protección del APE, posibilita por un lado un flujo de las moléculas de oxígeno liberadas por encima del cátodo de bombeo 218 a la cámara del gas 212. En la zona por encima del ánodo de bombeo 216, la capa protectora porosa 610 posibilita, por el contrario, una penetración del oxígeno y, por tanto, nuevamente una incorporación de iones de oxígeno al electrolito sólido 214. El ejemplo de ejecución del elemento sensor 210 conforme a la Figura 6 coincide por lo demás con la estructura de la Figura 5. La capa protectora 610 impide también un envejecimiento reforzado del electrodo 510 por cenizas y venenos de electrodo en el gas de escape. La corriente límite de la capa protectora 610 debería ser preferentemente mayor que la corriente límite de la barrera de difusión 230.

En la Figura 7 se representa el elemento sensor 210 conforme a la Figura 5 de manera ligeramente modificada, describiéndose simultáneamente una ventaja del empleo de un electrodo reductor 510. Así, se describe un procedimiento para la fabricación del elemento sensor 210, en el que el tamaño y/o forma del electrodo reductor 510 se equilibra más tarde (o durante un paso de fabricación). Así, en este ejemplo de ejecución se emplea un procedimiento de corte por láser por medio de un haz láser 710. Por ejemplo, puede emplearse para ello un láser pulsado Nd:YAG. También pueden utilizarse otros tipos de láseres, por ejemplo, láser de gas, tanto en operación pulsada como también continua.

El procedimiento se basa en la regulación de la temperatura por medio del elemento calefactor 252 (que no se representa en las Figuras 4A a 7 para simplificar), que se verifica generalmente por medio de la resistencia interna del electrolito sólido 214 medida a alta frecuencia. A estas frecuencias (típicamente de 1 a 10 kHz, preferentemente aprox. 3 kHz) se cortocircuitan las resistencias de electrodo por medio de las altas capacidades. Adaptando el electrodo reductor 510 contactado a través del corte por láser puede ajustarse más tarde la resistencia del electrolito sólido o la resistencia interna del elemento sensor 210. Así puede reducirse fuertemente la dispersión de la temperatura de los elementos sensores 210 regulados a una resistencia interna constante.

Tras la compensación por láser representada en Figura 7 pueden verificarse pasos adicionales de fabricación, de forma que puede aplicarse nuevamente una capa protectora porosa 610, por ejemplo, sobre un electrodo reductor 510 equilibrado de tal forma, de forma análoga a la Figura 6. También delante de los pasos representados y entre los pasos pueden intercalarse pasos procedimentales adicionales, y pueden ejecutarse pasos procedimentales repetidamente. De este modo se pueden fabricar elementos sensores 210 muy precisos de manera económica, por ejemplo, también apropiados para aplicaciones diesel.

En Figura 8 se representa como ejemplo de ejecución de la invención un elemento sensor 210, que perfecciona por una parte los conceptos de los electrodos de bombeo situados en el interior 216, 218 y por otra parte los conceptos del electrodo reductor 510. Nuevamente se prevé un cátodo de bombeo 218 con un hueco catódico 226, así como un ánodo de bombeo 216 dispuesto paralelamente al cátodo de bombeo 218 y con un hueco de ánodo 238. el hueco de ánodo 238 está conectado nuevamente por un canal de evacuación de aire 240 con una cámara del gas de referencia 242. Por ejemplo, pueden llenarse el hueco de ánodo 238 y el canal de evacuación de aire 240 de nuevo con un elemento poroso de relleno 244. El cátodo de bombeo 218 y el ánodo de bombeo 216 están dispuestos uno al lado del otro sobre un electrolito sólido 214. el hueco catódico 226 está nuevamente conectado por una barrera de difusión 230 y un orificio de alimentación de aire 228 con la cámara del gas 212, en el que se encuentra la composición de mezcla gaseosa a analizar. Siempre puede remitirse, con respecto al modo de funcionamiento del elemento sensor 210, así como a su estructura, en gran medida a los mencionados ejemplos de ejecución, por ejemplo, conformes a las Figuras 2 y 3.

Nuevamente se prevé un electrodo reductor 510 por un lado del electrolito sólido 214 situado frente a los electrodos 216, 218, de manera análoga a los anteriores ejemplos de ejecución conformes a las Figuras 5 a 7. Al contrario de los ejemplos de ejecución arriba indicados en el ejemplo de ejecución conforme a la Figura 8, el electrodo reductor 510 está dispuesto, sin embargo, en el interior del elemento sensor 210, por un lado del electrolito sólido 214 opuesto a la cámara del gas 212. Este electrodo reductor 510 está en proximidad directa al elemento calefactor 252, que puede configurarse de manera análoga a los ejemplos de ejecución anteriormente descritos conformes a las Figuras 2 y 3. Debido a esta disposición directamente colindante, el electrodo reductor 510 puede tener una mayor temperatura (típicamente se emplean temperaturas de operación de aprox. 780°C) como en una disposición del electrodo reductor 510 por el lado superior del electrolito sólido 214. Por eso se elevan sustancialmente la conductividad eléctrica y la cinética del electrodo reductor (esto significa principalmente una expansión o incorporación de oxígeno).

Otra ventaja de la ordenación conforme a la Figura 8 ofrece por resultado que la estabilidad mecánica del elemento sensor 210 conforme a la Figura 8 se efectúa sustancialmente mediante capas portadoras adicionales, que pueden configurarse diferentemente en selección/surtido de materiales y propiedades. Por ejemplo, pueden preverse para ello nuevamente láminas, por ejemplo, láminas electrolíticas, como por ejemplo, también en los ejemplos de ejecución anteriormente descritos. También pueden emplearse láminas intermedias, por ejemplo, para proteger la barrera de difusión 230 y el hueco catódico 226 eficazmente frente a la cámara del gas 212. El propio electrolito sólido 214 puede aplicarse en cambio como lámina y/o también como (por ejemplo, cerámica) capa de compresión, o por medio de otras tecnologías de capa que posibiliten una pequeña distancia exactamente ajustable entre el electrodo reductor 510 y los electrodos 216, 218. De este modo se puede reducir la resistencia eléctrica de la célula de bombeo 812 que se compone del electrolito sólido 214 y los electrodos 216, 218 más que en la disposición del electrodo reductor 510 por el lado superior del elemento sensor 210, en la que el electrodo reductor 510 se separa de los electrodos de bombeo 216, 218 normalmente mediante una lámina electrolítica.

Otra ventaja de la disposición conforme a la Figura 8 consiste en que la eficiencia del electrodo reductor 510 no está influenciada por los gases de escape. A tal efecto puede preverse, tal y como se representa en la Figura 8, por ejemplo, una cámara estanca para el gas 814 entre el electrodo reductor 510 y el elemento calefactor 252. Esta cámara estanca para el gas 814 puede configurarse, por ejemplo, nuevamente como hueca y/o llenarse con un material poroso. La cámara estanca para el gas 814 posibilita respectivamente de manera local una expansión o incorporación del oxígeno en el electrodo reductor 510. Esta cámara estanca para el gas 814 se encuentra preferentemente completamente protegida, por ejemplo, frente a la cámara del gas 212 y/ o a la cámara del gas de referencia 242. De este modo, el potencial del electrodo reductor 510 permanece principalmente insensible a la composición del gas de escape, y el electrodo reductor 510 es en gran medida resistente al envenenamiento. A través de la protección del electrodo reductor 510 frente a la mezcla gaseosa pueden emplearse además electrodos redox-inestables alternativos a los electrodos de platino usados generalmente, como por ejemplo, óxidos conductores, por ejemplo, LSM-Perovskite (LSM: manganato de estroncio de lantano) o materiales parecidos.

También ha de citarse aún la posibilidad de combinar el electrodo reductor 510 y el electrodo de expansión 216. a través de un contacto eléctrico del electrodo reductor 510 y la conexión del electrodo reductor 510 al canal de evacuación de aire 240, se desplaza este, por tanto, hacia el electrodo de expansión. Esto coincide con una disposición superpuesta de electrodo de instalación y de expansión. Este ejemplo de ejecución se representa en la Figura 9, que por lo demás, coincide sustancialmente con el ejemplo de ejecución conforme a la Figura 8, de forma que puede remitirse a la mencionada descripción de esta Figura. Así, tal y como se representa en la Figura 9, el canal de evacuación de aire 240 se dispone preferentemente debajo del electrodo reductor 510 y se combina con la cámara estanca para el gas 814.

REIVINDICACIONES

1. Elemento sensor (210) para la determinación como mínimo de una propiedad física de un mezcla gaseosa en como mínimo una cámara del gas (212), principalmente para la determinación de una concentración de oxígeno de un gas de escape de un motor de combustión interna, teniendo al menos un primer electrodo (218; 219), como
 5 mínimo un segundo electrodo (216; 215) y por lo menos un electrolito sólido (214) conectando el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y el, al menos un, segundo electrodo (216; 215), estando el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215) dispuestos dentro del elemento sensor (210) y formando el cátodo de bombeo y el ánodo de bombeo de una célula de bombeo y estando conectado el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215) a través de al menos un canal de evacuación de aire (240) con por
 10 lo menos una cámara del gas de referencia (242), teniendo el a menos un canal de evacuación de aire (240) como mínimo un elemento poroso de relleno (244), caracterizado porque la corriente límite del al menos un segundo electrodo (216; 215) es menor que la corriente límite del como mínimo un primer electrodo (218; 219)
2. Elemento sensor (210) conforme a la anterior reivindicación, caracterizado porque el como mínimo un canal de evacuación de aire (240) tiene al menos un elemento poroso de relleno (244) a base de Al_2O_3 .
- 15 3. Elemento sensor (210) a una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el al menos un primer electrodo (218; 219) se separa de la por lo menos una cámara del gas (212) a través de como mínimo una barrera de difusión (230).
4. Elemento sensor (210) conforme a una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la corriente límite del al menos un segundo electrodo (216; 215) es menor que 1/50 de la corriente límite del como mínimo un primer electrodo (218; 219), preferentemente menor de 1/100.
- 20 5. Elemento sensor (210) conforme a una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el a menos un canal de evacuación de aire (240) tiene como mínimo una de as siguientes propiedades:
- el por lo menos un canal de evacuación de aire (240) tiene una superficie transversal rectangular;
 - el como mínimo un canal de evacuación de aire (240) tiene una longitud en el rango de 5 mm a 60 mm, preferentemente de 35 mm a 60 mm;
 - el al menos un canal de evacuación de aire (240) tiene una superficie transversal en el rango de $5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ a $240 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$, preferentemente de $20 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ a $120 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$.
- 30 6. Elemento sensor (210) conforme a una de las anteriores reivindicaciones, con un electrolito sólido (214) adosado a la por lo menos una cámara del gas (212), con un segundo electrodo (216; 215) y un primer electrodo (218; 219), dispuestos uno junto a otro por el lado del electrolito sólido (214) opuesto a la como mínimo una cámara del gas (212) y en contacto con el electrolito sólido (214), caracterizado por una estructura laminar con al menos una de las siguientes características:
- el primer electrodo (218; 219) y el segundo electrodo (216; 215) están en contacto a través de conductores (232, 246) dispuestos sustancialmente paralelos al electrolito sólido (214), estando los conductores (232, 246) dispuestos sustancialmente uno sobre otro y estando los conductores (232, 246) aislados unos de otros por el como mínimo un canal de evacuación de aire (240) y preferentemente por el al menos un elemento poroso de relleno (244);
 - el primer electrodo (218; 219) y el segundo electrodo (216; 215) están en contacto mediante conductores (232, 246) dispuestos sustancialmente paralelos al electrolito sólido (214), estando los conductores (232, 246) dispuestos sustancialmente uno al lado de otro y estando los conductores (232, 246) aislados unos de otros por el como mínimo un canal de evacuación de aire (240) y preferentemente por el al menos un elemento poroso de relleno (244);
 - en el electrolito sólido (214) se prevé al menos un orificio de alimentación de aire (228) para la conexión del primer electrodo (218; 219) con la como mínimo una cámara del gas (212);
 - por encima y/o por debajo del segundo electrodo (216; 215) se prevé al menos un segundo hueco de electrodo (238);
 - por encima y/o por debajo del primer electrodo (218; 219) se prevé como mínimo un primer hueco de electrodo (226);
- 45

- debajo del primer electrodo (218; 219) y del segundo electrodo (216; 215) se prevé por lo menos un segundo electrolito sólido (220), estando el primer electrodo (218; 219) y/o el segundo electrodo (216; 215) en contacto con el al menos un segundo electrolito sólido (220);
- 5 - debajo del primer electrodo (218; 219) y del segundo electrodo (216; 215) se prevé como mínimo un segundo electrolito sólido (220), teniendo el primer electrodo (218; 219) como mínimo un primer electrodo parcial (222) en contacto con el electrolito sólido (214) y por lo menos un segundo electrodo parcial (224) en contacto con el como mínimo un segundo electrolito sólido (220), estando el como mínimo un primer electrodo parcial (222) y el, a menos un segundo electrodo parcial (224) conectados de manera eléctricamente conductora y habiéndose previsto como mínimo un primer hueco de electrodo (226) preferentemente entre el al menos un primer electrodo parcial (222) y el por lo menos un segundo electrodo parcial (224);
- 10 - debajo del primer electrodo (218; 219) y del segundo electrodo (216; 215) se prevé como mínimo un segundo electrolito sólido (220), teniendo segundo electrodo (216; 215) al menos un primer electrodo parcial (310), en contacto con el electrolito sólido (214) y como mínimo un segundo electrodo parcial (312), en contacto con el por lo menos un segundo electrolito sólido (220), estando el al menos un primer electrodo parcial (310) y el, como mínimo un, segundo electrodo parcial (312) conectados de manera eléctricamente conductora y habiéndose previsto como mínimo un segundo hueco de electrodo (238) preferentemente entre el como mínimo un primer electrodo parcial (310) y el al menos un segundo electrodo parcial (312);
- 15 - el elemento sensor (210) tiene además como mínimo un elemento calefactor (252).
- 20 **7.** Elemento sensor (210) conforme a una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque también se ha previsto como mínimo un electrodo reductor (510) en contacto con el al menos un electrolito sólido (214), estando configurado el, al menos un, electrodo reductor (510) en un plano laminar, que no coincide con el plano laminar, en el que están dispuestos el a menos un primer electrodo (218; 219) y el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215).
- 25 **8.** Elemento sensor (210) conforme a la anterior reivindicación, caracterizado porque una proyección perpendicular del como mínimo un electrodo reductor (510) en un plano laminar, en el que está configurado el por lo menos un primer electrodo (218; 219) y/o el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215), tiene un solapamiento con el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y/o el al menos un segundo electrodo (216; 215).
- 30 **9.** Elemento sensor (210) conforme a la anterior reivindicación, caracterizado porque la proyección perpendicular del al menos un electrodo reductor (510) cubre el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y/o el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215) en el plano laminar, en el que están configurados el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y/o el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215).
- 35 **10.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-9, caracterizado porque al aplicar una tensión de bombeo entre el como mínimo un primer electrodo (218; 219) y el, al menos un, segundo electrodo (216; 215), fluye una corriente iónica (512) a través del como mínimo un electrolito sólido (214) desde el al menos un segundo electrodo (216; 215) hacia el por lo menos un electrodo reductor (510) y del como mínimo un electrodo reductor (510) hacia el al menos un primer electrodo (218; 219) o viceversa.
- 11.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-10, caracterizado porque el al menos un electrodo reductor (510) se configura como electrodo sin contacto.
- 40 **12.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-11, caracterizado porque el como mínimo un electrodo reductor (510) está configurado en un plano de capa inferior al del al menos un primer electrodo (218; 219) y el como mínimo un segundo electrodo (216; 215).
- 13.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-12, caracterizado porque el como mínimo un electrodo reductor (510) está configurado entre al menos un elemento calefactor (252) y el por lo menos un electrolito sólido (214).
- 45 **14.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-13, caracterizado porque el, como mínimo un, electrodo reductor (510) está conectado con al menos una cámara estanca para el gas (814) para el almacenamiento intermedio de gas.
- 50 **15.** Elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-14, caracterizado porque el como mínimo un electrodo reductor (510) está configurado por un lado adosado a la por lo menos una cámara del gas (212) del al menos un electrolito sólido (214), separándose preferentemente el, como mínimo un, electrodo reductor (510) de la al menos una cámara del gas (212) a través de por lo menos una capa protectora (610).

- 5 **16.** Procedimiento para la determinación de al menos una propiedad física de un mezcla gaseosa en como mínimo una cámara del gas (212), principalmente para la determinación de una concentración de oxígeno de un gas de escape de un motor de combustión interna, con empleo de un elemento sensor (210) conforme a una de las anteriores Reivindicaciones, caracterizado porque entre el, como mínimo un, segundo electrodo (216; 215) y el al menos un primer electrodo (218; 219) se aplica una tensión de bombeo, midiéndose como mínimo una corriente de bombeo entre el como mínimo un primer electrodo (118) y el al menos un segundo electrodo (116).
- 17.** Procedimiento conforme a la anterior reivindicación, caracterizado porque se emplea una tensión de bombeo de entre 100 mV y 1,0 V, preferentemente entre 300 mV y 800 mV y de manera especialmente preferente entre 600 mV y 700 mV.
- 10 **18.** Procedimiento conforme a una de las dos reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el como mínimo un primer electrodo (118) se conecta como cátodo de bombeo, mientras que el al menos un segundo electrodo (116) se conecta como ánodo de bombeo.
- 15 **19.** Procedimiento para la fabricación de un elemento sensor (210) conforme a una de las reivindicaciones 7-15, caracterizado porque como mínimo una resistencia interna del al menos un elemento sensor (210) se ajusta adaptando por lo menos una forma y/o como mínimo una magnitud del al menos un electrodo reductor (510) por medio de como mínimo un procedimiento de corte y/o de ablación, principalmente por medio de un procedimiento de corte y/o ablación por láser.

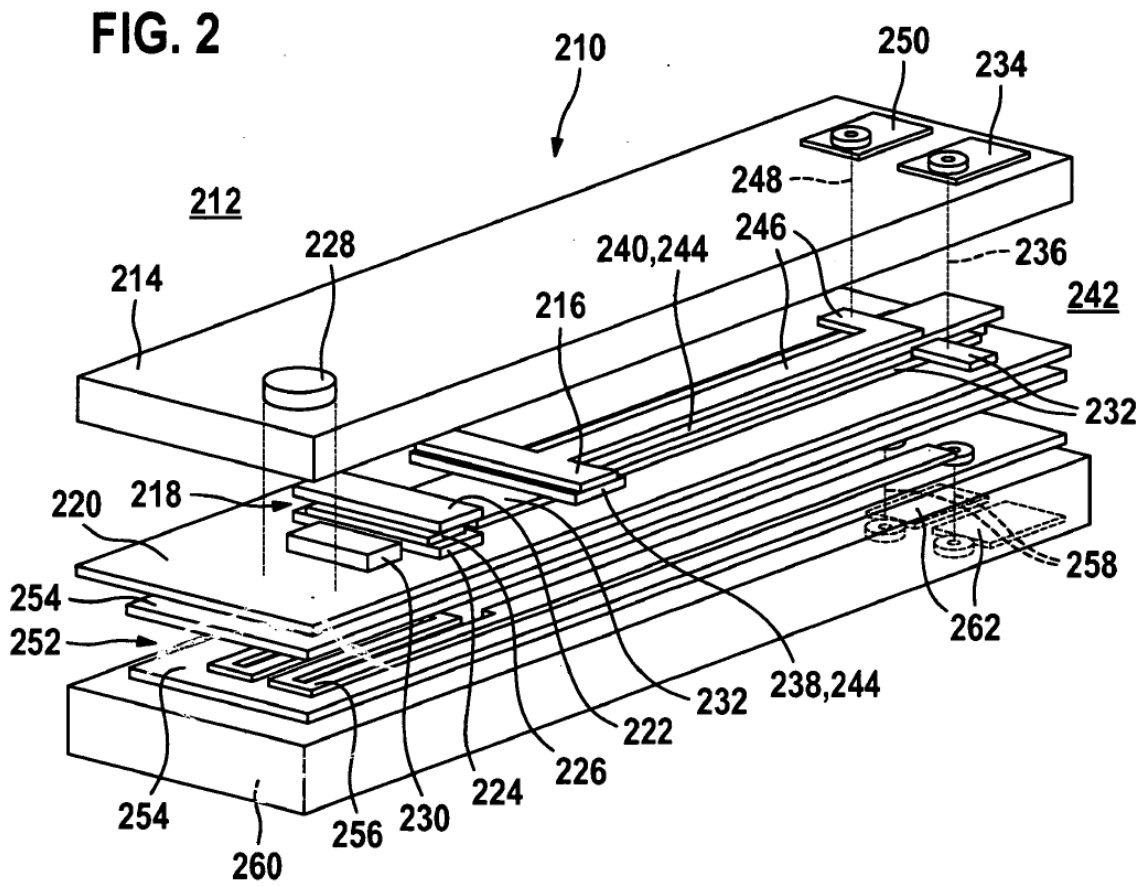
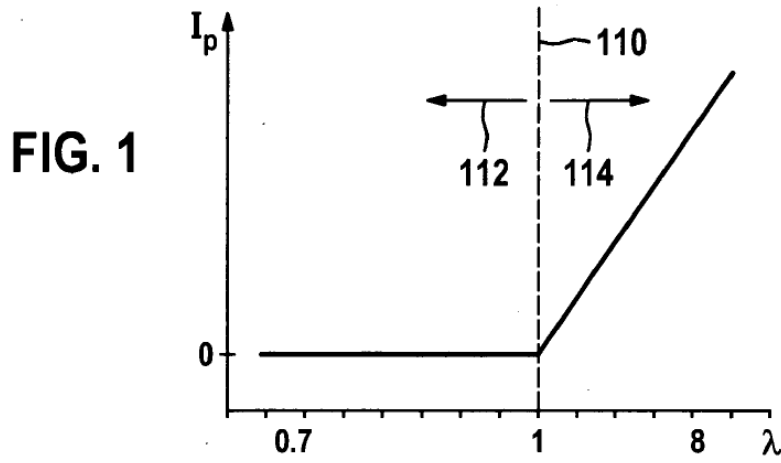
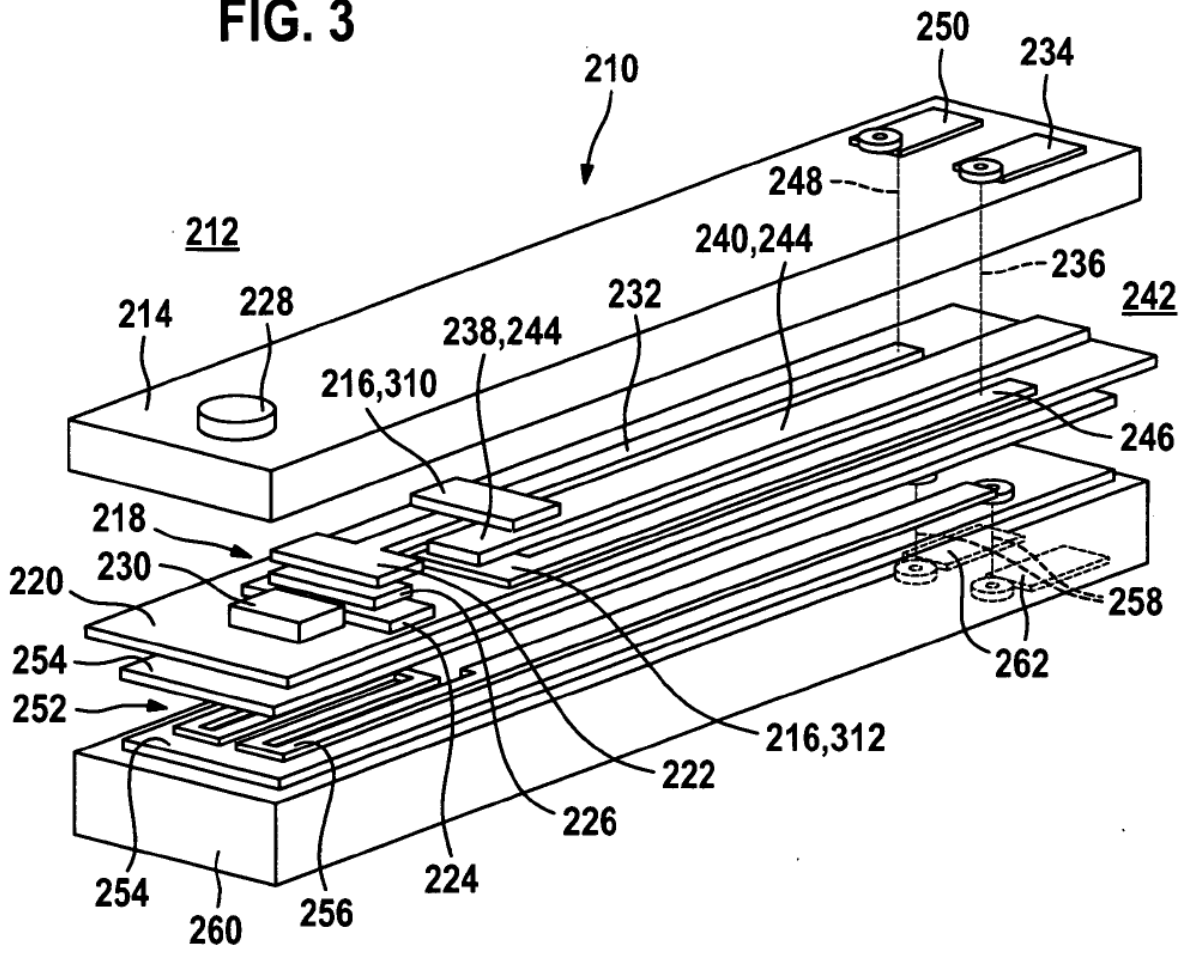


FIG. 3



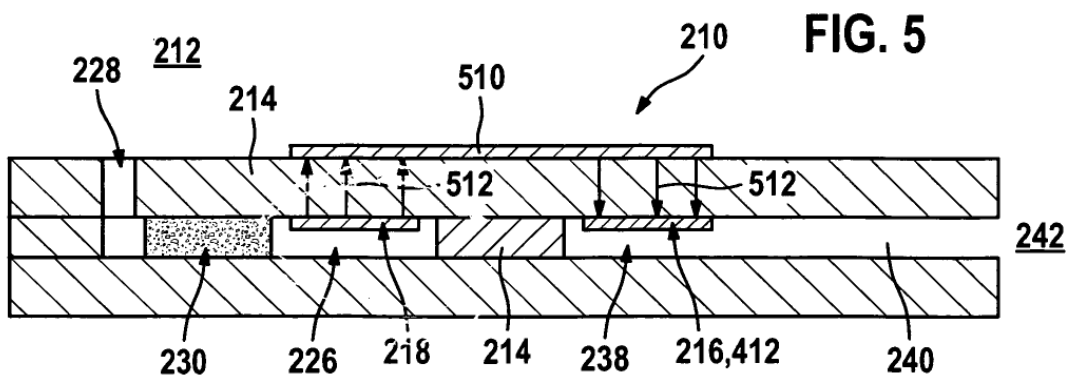
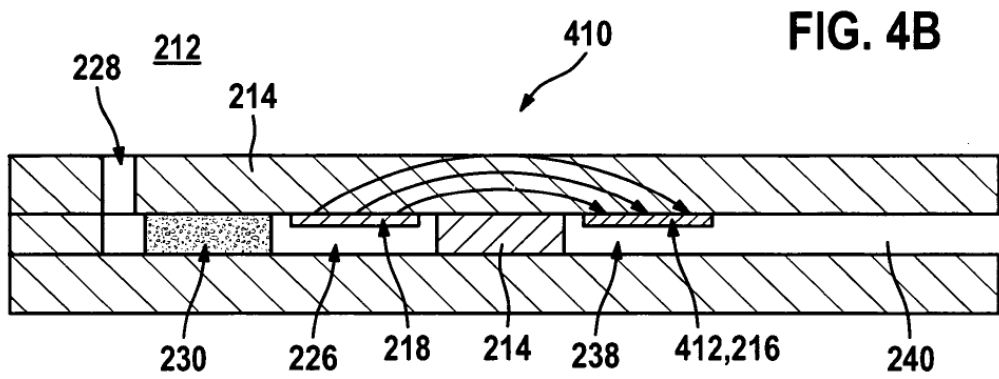
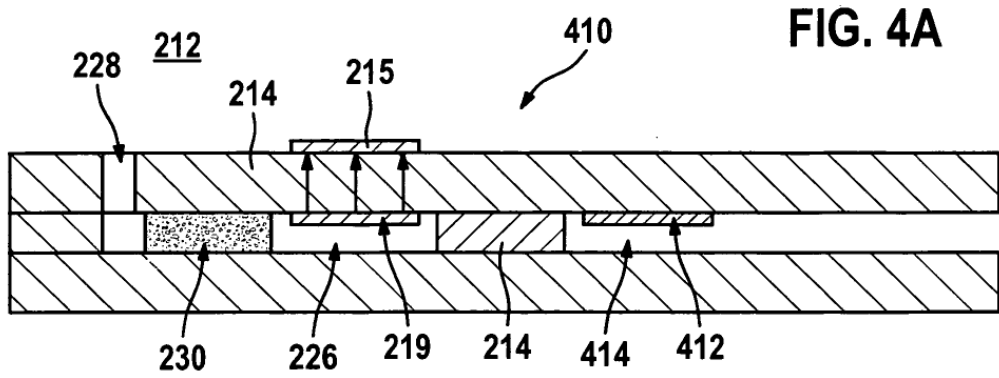


FIG. 6

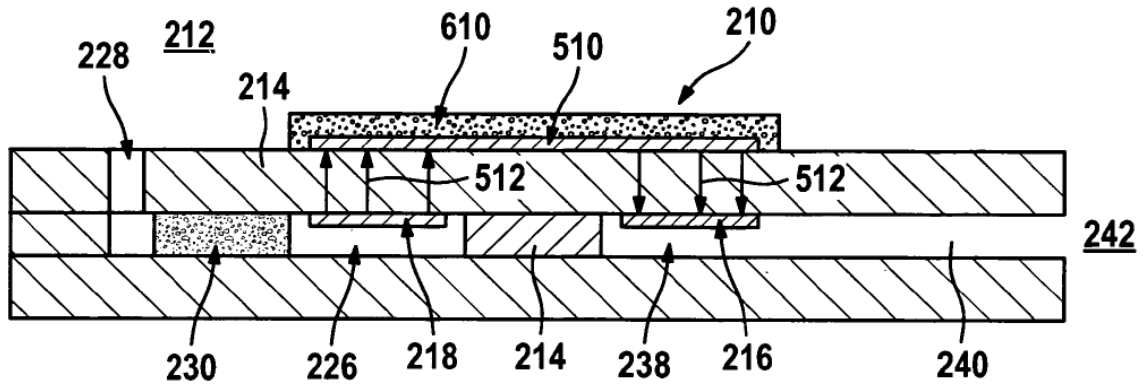


FIG. 7

