

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 230**

51 Int. Cl.:

G01N 27/407 (2006.01)

G01N 27/404 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2014** **E 14446501 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018** **EP 2757367**

54 Título: **Un sensor electroquímico miniaturizado**

30 Prioridad:

18.01.2013 SE 1350058

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

27.03.2019

73 Titular/es:

**CIRCASSIA AB (100.0%)
Hansellisgatan 13
75450 Uppsala, SE**

72 Inventor/es:

**ROXHED, NICLAS;
STEMME, GÖRAN y
GATTY, HITHESH K.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 706 230 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

Un sensor electroquímico miniaturizado.

5 Campo técnico

La presente invención se relaciona en general con un sensor electroquímico miniaturizado para la detección de un componente en un gas, un dispositivo para medir el contenido de óxido nítrico en el aliento exhalado que comprende dicho sensor electroquímico miniaturizado y un método para fabricar dicho sensor electroquímico miniaturizado.

10 Antecedente de la técnica

En los últimos años, se ha realizado una extensa investigación sobre el NO como biomarcador. Uno de tales usos del biomarcador es en la detección de inflamación respiratoria tal como el asma. La concentración de óxido nítrico (NO) en la respiración exhalada sirve como un marcador de la inflamación en las vías respiratorias de los pacientes con asma. Por lo tanto, el uso de NO exhalado (eNO) se considera una herramienta prometedora para diagnosticar el asma. Sin embargo, la concentración de eNO en la respiración es muy baja. En un adulto sano, la concentración es de aproximadamente 10-35 ppb (partes por billón) de NO, mientras que en los niños la concentración es de aproximadamente 5-25 ppb. Un individuo con una cantidad considerable de inflamación tiene más de 70-100 ppb.

Los sensores que usan métodos electroquímicos para detectar NO se han mostrado previamente. Sin embargo, para las mediciones de NO exhalado, carecen de la combinación de respuesta rápida, tamaño pequeño y alta sensibilidad. Los sensores electroquímicos convencionales pueden detectar la concentración de gas en algunas partes por billón, pero sufren largos tiempos de respuesta, típicamente del orden de 60-100 s. Por consiguiente, requieren un manejo de flujo complicado y un amortiguamiento de la muestra de respiración exhalada.

Un sensor de gas electroquímico en estado sólido miniaturizado se conoce a partir del documento JP H04 363653.

30 Resumen de la invención

Un objeto de la presente invención es reducir las deficiencias comentadas anteriormente y proporcionar un sensor para la detección de un componente en un gas que tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido.

También es un objeto proporcionar un sensor que pueda fabricarse de manera rentable y que sea lo suficientemente pequeño como para incorporarlo en dispositivos de análisis de mano.

Por lo tanto, la presente divulgación se relaciona con un sensor electroquímico miniaturizado para la detección de un componente en un gas. El sensor electroquímico miniaturizado comprende un electrodo de referencia, un contraelectrodo y una estructura que comprende una pluralidad de pasajes delineados por paredes que se extienden a lo largo de los pasajes. Los pasajes tienen una proporción de aspecto de al menos 2, definida como la proporción de la altura (h) al ancho (w) de los pasajes, es decir, $AR = h/w$. Un electrodo de trabajo cubre las paredes de la estructura y una capa de un ionómero cubre al menos parte del electrodo de trabajo a lo largo de las paredes de la estructura. La capa de ionómero está en contacto conductor de iones con los electrodos, es decir, el electrodo de referencia, el contraelectrodo y el electrodo de trabajo.

Al disponer el electrodo de trabajo y la capa de ionómero a lo largo de las paredes en los pasajes, se proporciona un sensor que tiene una gran área de detección. Por lo tanto, la sensibilidad del sensor puede ser alta mientras se mantiene un tamaño pequeño del sensor. La construcción con pasajes que comprenden una capa de ionómero también puede proporcionar un tiempo de respuesta rápido del sensor.

Los pasajes pueden tener una proporción de aspecto de al menos 2, al menos 4, al menos 10, al menos 20 o al menos 50. Por lo tanto, el área de detección puede ser mayor o mucho mayor que un sensor plano correspondiente, por lo que la sensibilidad es dependiente de la proporción de aspecto de los pasajes.

La estructura puede formarse como una cuadrícula y los pasajes, por lo tanto, ordenados como una serie de pasajes en la cuadrícula. Por lo tanto, los pasajes pueden distribuirse y conformarse uniformemente, proporcionando un área de superficie alta de la estructura y una sensibilidad uniforme sobre el área de detección.

Los pasajes pueden tener una dimensión de corte transversal en el intervalo de 1-300 micrómetros o en el intervalo de 10-150 micrómetros. Por lo tanto, los pasos pueden dar como resultado una gran área de superficie de la estructura mientras se facilita la deposición de la capa de ionómero.

El área de superficie de la capa de ionómero puede estar en el intervalo de 2000-2 cm² por cm² de área de huella o en el intervalo de 1000-10 cm² por cm² de área de huella o en el intervalo de 200-20 cm² por cm² área de huella. El área de la huella se define en un plano perpendicular a la extensión de los pasajes. Por lo tanto, la sensibilidad del sensor puede ser alta.

El sensor puede comprender una primera y una segunda superficie, en el que la primera superficie está expuesta al gas y en el que los pasos se extienden desde la primera a la segunda superficie. Por lo tanto, los pasajes pueden estar expuestos a gas en la primera superficie y a otras partes del sensor en la segunda superficie.

La estructura puede ser una estructura porosa, por lo que los pasajes se forman como poros. Los poros pueden extenderse en paralelo a lo largo de la estructura. Los poros pueden proporcionarse en una disposición empaquetada cerrada, y la disposición empaquetada cerrada puede ser al menos una de una disposición hexagonal, una disposición rectangular, una disposición cuadrática y una disposición triangular. Por lo tanto, se puede lograr un área superficial alta de la estructura.

El ionómero puede ser un copolímero de fluoropolímero con base en tetrafluoroetileno sulfonado, por ejemplo Nafion. El ionómero puede ser un conductor de protones. El ionómero puede ser el producto Nafion SE-5112 que se puede obtener de DuPont. Por lo tanto, el sensor puede estar provisto con una alta sensibilidad al componente en el gas.

El espesor de la capa de ionómero que cubre el electrodo de trabajo puede estar en el intervalo de 10-2000 nm o 100-1000 nm o 300-700 nm. Por lo tanto, se puede alcanzar un tiempo de respuesta corto del sensor.

El ionómero puede comprender un material sólido nanoestructurado. Por lo tanto, el área de superficie efectiva de la capa, a nivel microscópico, puede ser muy alta, lo que aumenta aún más la sensibilidad del sensor.

El sensor comprende además un electrolito líquido en contacto con la capa de ionómero y los contraelectrodos y de referencia. Por lo tanto, el sensor puede hacerse menos sensible a las variaciones de humedad en el gas ambiente, y la estabilidad a largo plazo del sensor puede mejorarse. La segunda superficie de la estructura puede estar en contacto con el electrolito líquido para permitir que la capa de ionómero en las paredes de los pasajes esté en contacto, se moje o se humedezca con el electrolito líquido.

El sensor puede comprender un recinto para un volumen del electrolito líquido. Por lo tanto, el electrolito líquido se puede encapsular en el sensor para mejorar el manejo del sensor. La estructura puede estar configurada para retener el electrolito líquido en el recinto mediante tensión superficial.

La estructura puede formarse por micromaquinado. La estructura puede formarse por micromaquinado de un material de silicio. Por lo tanto, la estructura puede estar provista con características en el intervalo del micrómetro, para producir un área de superficie alta. La estructura puede además fabricarse por lotes y producirse a un coste reducido.

El electrodo de trabajo puede comprender un material seleccionado del grupo que consiste en platino, oro, paladio, carbono y rutenio.

El electrodo de trabajo puede estar aislado de la estructura por una capa aislante. La capa aislante puede comprender un material seleccionado del grupo que consiste en Al_2O_3 , SiO_2 , HfO_2 y LaO . Así, el área del electrodo se limita a los pasajes y las superficies de la estructura.

El componente en el gas puede ser NO. Por lo tanto, el sensor se puede usar para analizar los niveles de NO exhalado en la respiración, como un biomarcador, por ejemplo asma.

La presente divulgación se relaciona además con un dispositivo para medir el contenido de NO en el aliento exhalado que comprende un sensor electroquímico miniaturizado de acuerdo con la divulgación aquí.

La presente divulgación se relaciona además con un método para fabricar un sensor electroquímico miniaturizado como se divulga aquí, como se define en la reivindicación 13.

La estructura puede proporcionarse grabando un material de silicio, preferiblemente grabando con ion reactivo profundo un material de silicio. Por lo tanto, se pueden fabricar estructuras que tienen pasajes con proporciones de aspecto muy altas AR, de hasta 100 y más allá.

El sensor electroquímico miniaturizado puede fabricarse por lotes usando microfabricación de silicio. De este modo, el sensor puede fabricarse de una manera rentable y con una alta uniformidad.

La capa de ionómero se puede depositar mediante recubrimiento por inmersión y se puede secar a baja presión. Por lo tanto, la capa de ionómero se puede depositar dentro de los pasajes de una manera simple y uniforme.

El electrodo de trabajo puede depositarse por deposición de capa atómica, preferiblemente de platino. De este modo, el electrodo puede depositarse dentro de los pasajes, cubriendo las paredes de los pasajes, incluso en proporciones de aspecto muy altas de los pasajes.

El método puede comprender además lo siguiente:

- antes de depositar el electrodo de trabajo, proporcionar una capa aislante sobre la estructura para aislar eléctricamente el electrodo de trabajo de la estructura. La capa aislante puede ser Al_2O_3 depositado por la deposición de capa atómica.

Breve descripción de los dibujos.

La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig.1 muestra una vista de corte transversal de un sensor electroquímico miniaturizado.

La Fig.2 muestra un primer plano de parte de una estructura en un sensor electroquímico miniaturizado.

La Fig. 3 muestra varias disposiciones de pasajes en un sensor electroquímico miniaturizado.

Descripción de realizaciones

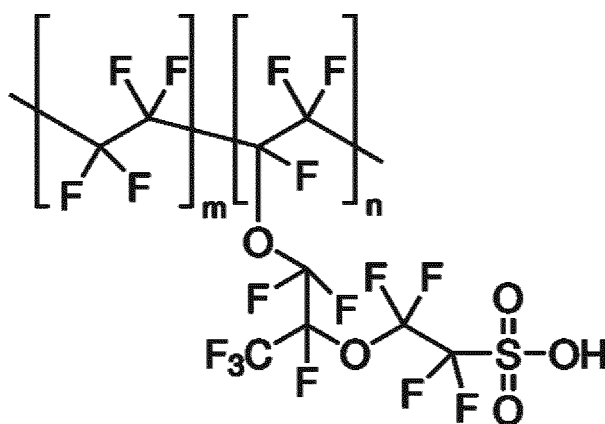
A continuación, se divulga una descripción detallada de un sensor electroquímico miniaturizado para la detección de un componente en un gas.

En la Fig. 1 se muestra un sensor 1 electroquímico miniaturizado para la detección de un componente en un gas. El componente en el gas puede ser un componente gaseoso tal como NO . El sensor es un sensor electroquímico amperométrico y comprende un electrodo 2 de referencia, un contraelectrodo 3 y un electrodo 7 de trabajo. El electrodo de referencia y el contraelectrodo están soportados por un sustrato 14 formado en un material tal como plástico (policarbonato, etc.) vidrio, cerámica, o silicona. El contraelectrodo está hecho de plata (Ag) y el electrodo de referencia de plata que se oxida (AgO_2). Los electrodos pueden estar provistos con vías 15, 16 y 17 eléctricas para proporcionar contacto eléctrico a través del sustrato, como se divulga adicionalmente en el documento WO 2011073393 A2. El sensor comprende además una estructura 4 que tiene una primera 9 y una segunda 10 superficie y que forma una rejilla que comprende una pluralidad de pasos 5 que se extienden por toda la estructura, desde la primera superficie hasta la segunda superficie. Los pasajes 5 se forman como poros delineados por paredes (6a, 6b) que se extienden a lo largo de los pasajes. El sensor forma una cámara 13, contenida por el sustrato 14 y la segunda superficie de la estructura 4, cuya cámara comprende electrolito 11 líquido como una solución de ácido suave (por ejemplo, 10% de H_2SO_4 (aq)). De este modo, la segunda superficie de la estructura se enfrenta a la cámara 13 y está en contacto con el electrolito líquido. Una brecha de aproximadamente 500 micrómetros se mantiene entre la segunda superficie de la estructura con el electrodo de trabajo y el contraelectrodo/de referencia utilizando un espaciador. El sustrato 14 puede estar provisto con un orificio 18 pasante para el suministro de electrolito líquido a la cámara. Esto se puede usar para compensar cualquier evaporación de electrolito líquido a través de los pasajes en la estructura. El orificio pasante puede sellarse con un tapón 19 como se divulga adicionalmente en el documento WO 2011073393 A2.

En la Fig. 2, la estructura 4 que define los pasos 5 delimitados por las paredes 6a, 6b, se muestra con más detalle. Los pasajes pueden ser poros rectos dispuestos en paralelo y distribuidos sobre la estructura 4. La estructura 4 soporta el electrodo 7 de trabajo que cubre las paredes 6a, 6b de la estructura y, por lo tanto, se extiende a lo largo de los pasajes 5 desde la primera superficie 9 hasta la segunda superficie. 10. El electrodo de trabajo cubre además al menos una porción de la primera 9 y segunda superficie 10 para conectar eléctricamente los electrodos en los pasos y formar un electrodo de trabajo que tiene una gran área de superficie. La estructura 4 se puede formar en silicio cristalino individual y el electrodo de trabajo en platino (Pt). El electrodo de trabajo está aislado eléctricamente de la estructura por medio de una capa 12 aislante que cubre la estructura que forma los pasos.

La porción de la estructura provista con pasajes puede cubrir un área de algunos mm^2 , tal como $6 \times 6 \text{ mm}^2$. Los pasajes pueden tener dimensiones de corte transversal en el intervalo de 1-300 micrómetros, o en el intervalo de 10-150 micrómetros, típicamente aproximadamente 120 micrómetros. El ancho de las paredes de la rejilla que define los pasajes puede estar en el intervalo de 1-100 micrómetros, típicamente aproximadamente 20 micrómetros. La longitud de los pasajes puede estar en el intervalo de 10-2000 micrómetros, o en el intervalo de 50-850 micrómetros, típicamente aproximadamente 300 micrómetros. El término proporción de aspecto (AR) se define como una proporción de la altura (h) al ancho (w) de una estructura o pasaje, es decir, $\text{AR} = h/w$. Por lo tanto, la proporción de aspecto AR de los pasajes puede ser al menos 2, al menos 4, al menos 10, al menos 20 o al menos 50. Un AR alto puede proporcionar una gran área de superficie de las paredes que definen los pasajes en la estructura.

Una capa 8 de un Nafion (SE-5112, Dupont, número CAS 31175-20-9) se deposita sobre el electrodo de trabajo, en los pasajes 5 y sobre las superficies 9 y 10. Nafion, un copolímero de fluoropolímero con base en tetrafluoroetileno sulfonado, es un ionómero que se selecciona para ser un conductor de protones (ion de hidrógeno, H^+). El material tiene la siguiente estructura;



La capa de Nafion tiene un grosor de aproximadamente 100-1000 nm, o un grosor de aproximadamente 500 nm, y se distribuye sobre las paredes de los pasajes. La capa de Nafion comprende partículas que tienen dimensiones en el intervalo nanométrico, es decir, nanopartículas, que producen un área de superficie muy grande del material. La capa de Nafion está en contacto eléctrico con el contraelectrodo y el electrodo de referencia a través del electrolito líquido.

En la Fig. 3, se divulgan cuatro disposiciones diferentes de pasajes y paredes. La Fig. 3a muestra una disposición de pasajes 5 que tienen un corte transversal triangular en la estructura 4. Los pasajes están definidos por paredes dispuestas en ángulos de 60 grados con respecto a otros. Así, cada paso 5 está definido por tres paredes que se extienden a lo largo del pasaje. La Fig. 3b muestra una disposición de pasajes 5 que tienen un corte transversal hexagonal en la estructura 4. Los pasajes 5 están así definidos por seis paredes dispuestas en ángulos de 120 grados con respecto a otras. La figura 3c muestra una disposición cuadrática de los pasajes 5 en la estructura 4. Los pasajes están definidos por paredes dispuestas en ángulos rectos con respecto a otros. Así, cada pasaje 5 está definido por cuatro paredes que se extienden a lo largo del pasaje. La Fig. 3d muestra una disposición de pasajes 5 cilíndricos formados en la estructura 4. En este caso, cada pasaje 5 está definido por paredes que forman segmentos del pasaje cilíndrico que se extienden a través de la estructura. En cada uno de estos ejemplos, los pasajes están dispuestos de manera cercana, formando una disposición empacada cerrada de los pasajes en la estructura.

En lo que sigue se divulga un ejemplo de fabricación de un sensor electroquímico miniaturizado. La estructura que soporta el electrodo de trabajo se fabrica proporcionando una oblea de silicio de doble lado pulida de 100 mm de diámetro y 300 micrómetros de espesor. La oblea de silicio está recubierta por rotación con una capa gruesa de 6 micrómetros de fotoprotector (AZ 9260). La oblea con la capa fotoprotectora luego se hornea suavemente en una placa caliente durante 2 minutos y luego se expone con luz UV a una intensidad de 300 mW/cm² durante 15 segundos, a través de una máscara de litografía. La fotoprotección se desarrolla luego utilizando el revelador 2401 durante 3 minutos para definir un patrón. El patrón define las paredes y los pasajes de la estructura 4. Luego, la estructura se graba utilizando un grabado iónico reactivo profundo durante 1.5 horas para formar una estructura de rejilla que tiene paredes y pasajes.

La oblea de silicio grabada se transfiere a una cámara de deposición de capa atómica (Beneq TFS 200). Aquí se deposita una capa de 10 nm de Al₂O₃ sobre la estructura seguida de una capa de platino de 10 nm de espesor. La oblea se corta en chips de dimensiones de aproximadamente 10 x 10 mm².

Los chips con las estructuras se sumergen luego en una solución de Nafion al 5% (SE-5112, Dupont) y se secan en una cámara de baja presión. Este tratamiento de baja presión ayuda a eliminar el aire en los microporos y, por lo tanto, facilita la deposición de Nafion en los pasajes. El chip recubierto de Nafion se retira luego de la cámara de baja presión y se seca al aire durante 2 horas. La estructura de rejilla recubierta de Nafion se utiliza como electrodo de trabajo en el sensor.

La fabricación del contraelectrodo y de referencia se lleva a cabo sobre un sustrato de policarbonato (PC) de 2 mm de espesor. La plata de 500 nm de espesor se deposita en un lado del sustrato de PC utilizando la evaporación de haz de electrones. La plata se modela luego para definir el contraelectrodo y de referencia. El electrodo de referencia se oxida a AgO₂ aplicando un voltaje de 1.0 V en el electrodo de plata, que es el ánodo usando un electrodo de platino como el cátodo.

El chip con el electrodo de trabajo está sujeto, por ejemplo pegado, encima del contraelectrodo y de referencia. El conjunto puede posteriormente sumergirse en una solución de electrolito líquido y colocarse en un desecador de vacío para llenar la cámara entre el electrodo de trabajo y el contraelectrodo/electrodo de referencia. El electrolito líquido ahora iónicamente, por lo tanto eléctricamente, conecta los electrodos de trabajo, contraelectrodo y electrodo de referencia.

Durante el funcionamiento del sensor electroquímico, se proporciona un gas que se va a analizar en la primera superficie del sensor. El potencial en el electrodo de trabajo se mantiene a +0.7 V con respecto al electrodo de referencia Ag/AgO₂. En este potencial, el NO se oxida dando la siguiente reacción:

5



10

El contraelectrodo permite que una corriente fluya a través de la celda del sensor. El potencial de trabajo, los electrolitos y los materiales de electrodos se eligen de manera que el gas que se mide se oxida en el electrodo de trabajo. La capa de Nafion actúa como una capa de difusión que permite una interacción entre el gas, el electrodo y el líquido. A medida que la oxidación tiene lugar en el electrodo de trabajo, el oxígeno normalmente se reduce a agua en el contraelectrodo. La corriente resultante que fluye a través del sensor es directamente proporcional a la concentración de gas. Por lo tanto, la oxidación del analito, en este caso NO, en el electrodo de trabajo resulta en una corriente que se detecta mediante el uso de un potenciostato que comprende un amplificador de transimpedancia. También se utiliza para mantener un potencial constante entre el electrodo de trabajo y el de referencia.

15

20

El sensor fabricado ha sido probado para caracterizar niveles de 0 a 100 ppb de NO en gas N₂. El límite de detección (S/N = 2) se estimó en 0.3 ppb y la sensibilidad se midió en 4 microA/ppm/cm². La respuesta y el tiempo de recuperación del sensor (tiempo para volver al 90% de la señal de inicio) se midieron en 6 s.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor (1) electroquímico miniaturizado para la detección de un componente en un gas,

que comprende un electrodo (2) de referencia, un contraelectrodo (3), una estructura (4) que comprende una pluralidad de pasajes (5) delineados por paredes (6, 6a, 6b) que se extienden a lo largo de los pasajes, pasajes que tienen una proporción de aspecto de al menos 2, un electrodo (7) de trabajo que cubre las paredes de la estructura y una capa (8) de un ionómero que cubre al menos parte del electrodo de trabajo a lo largo de las paredes de la estructura con la que la capa de ionómero está en contacto conductor de iones con los electrodos en los que el sensor comprende un electrolito (11) líquido en contacto con la capa de ionómero y los contraelectrodos y de referencia.

2. El sensor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor comprende una primera (9) y una segunda (10) superficie, en el que la primera superficie está expuesta al gas y en el que los pasos se extienden desde la primera a la segunda superficie.

3. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura es una estructura porosa, por lo que los pasos se forman como poros, preferiblemente se extienden en paralelo a lo largo de toda la estructura.

4. El sensor de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los poros se proporcionan en una disposición empacada cerrada, preferiblemente al menos una de una disposición hexagonal, una disposición rectangular, una disposición cuadrática y una disposición triangular.

5. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ionómero es un copolímero de fluoropolímero con base en tetrafluoroetileno sulfonado.

6. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor de la capa de ionómero que cubre el electrodo de trabajo está en el intervalo de 10-2000 nm o 100-1000 nm o 300-700 nm.

7. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ionómero comprende un material sólido nanoestructurado.

8. El sensor de acuerdo con la reivindicación 1 y 2, en el que la segunda superficie está en contacto con el electrolito líquido.

9. El sensor de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el sensor comprende un recinto para un volumen del electrolito líquido.

10. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el electrodo de trabajo comprende un material seleccionado del grupo que consiste en platino, oro, paladio, carbono y rutenio.

11. El sensor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el electrodo de trabajo está aislado de la estructura por una capa (12) aislante, en el que la capa aislante comprende preferiblemente un material seleccionado del grupo que consiste en Al_2O_3 , SiO_2 , HfO_2 y LaO .

12. Un dispositivo para medir el contenido de NO en la respiración exhalada que comprende un sensor electroquímico miniaturizado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. Un método para fabricar un sensor electroquímico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, que comprende

- proporcionar una estructura que comprende una pluralidad de pasajes delineados por paredes que se extienden a lo largo de los pasajes,

- cubrir las paredes de la estructura con un electrodo de trabajo,

- depositar una capa de ionómero que cubre al menos parte del electrodo de trabajo a lo largo de las paredes de la estructura,

- proporcionar un electrolito líquido en contacto eléctrico o conductor iónico con el electrodo de trabajo,

- proporcionar un electrodo de referencia y un contraelectrodo en contacto eléctrico o conductor iónico con el electrolito líquido.

14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la estructura se proporciona grabando un material de silicio, preferiblemente grabando con ion reactivo profundo un material de silicio.

5 15. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la capa de ionómero se deposita mediante recubrimiento por inmersión y se deseca a baja presión.

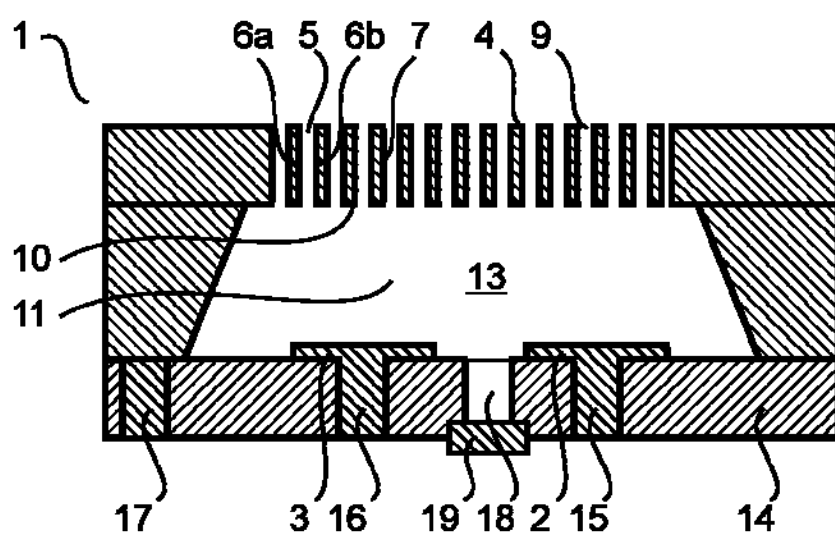


Fig. 1

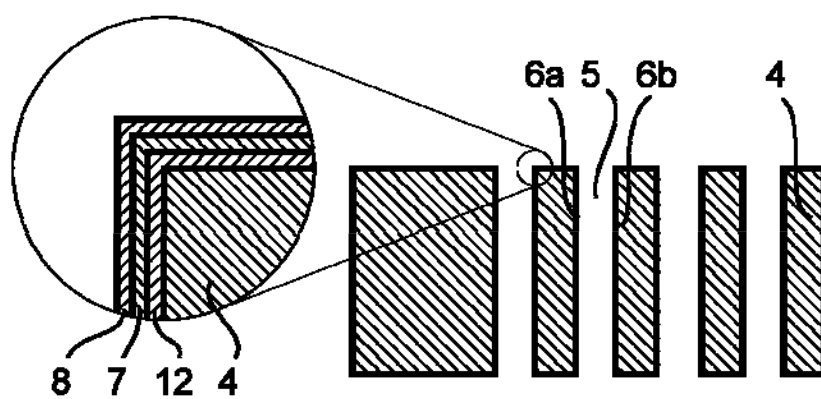


Fig. 2

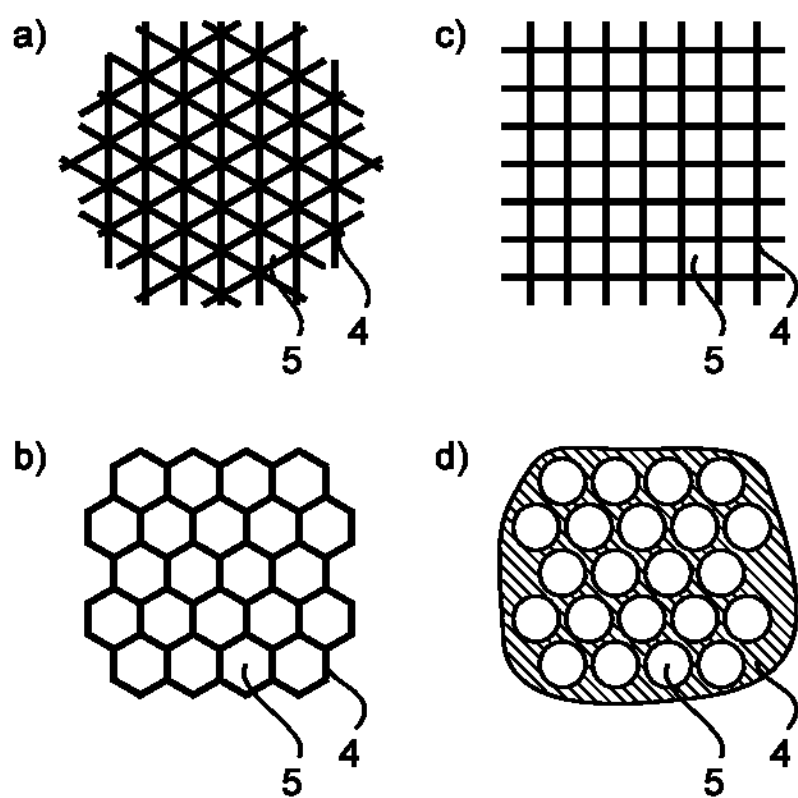


Fig. 3