

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 995**

51 Int. Cl.:

H01M 8/10 (2006.01)

H01M 8/12 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2013 PCT/EP2013/062718**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13189973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2013 E 13729732 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2865037**

54 Título: **Célula de combustible y dispositivo de análisis que la comprende**

30 Prioridad:

20.06.2012 ES 201230960

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

02.10.2017

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)
C/ Serrano 117
28006 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**SABATÉ VIZCARRA, MARÍA DE LES NEUS y
ESQUIVEL BOJÓRQUEZ, JUAN PABLO**

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 634 995 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

Célula de combustible y dispositivo de análisis que la comprende

La presente invención versa acerca de un dispositivo de análisis para una muestra de líquido utilizando una célula de combustible para suministrar energía en el dispositivo de análisis, preferentemente una tira de pruebas de flujo lateral, más preferentemente autónomo.

Estado de la técnica

Una célula de combustible es un dispositivo que convierte la energía química de un combustible en energía eléctrica, dicha conversión tiene lugar siempre que se suministre el combustible a la célula. Estos dispositivos han sido desarrollados durante más de una década y recientemente han comenzado a encontrar uso, por ejemplo, en aplicaciones médicas.

Las células de combustible difieren de las baterías convencionales porque las células de combustible permiten el reaprovisionamiento continuo de los reactivos consumidos; es decir, producen electricidad a partir de una fuente externa de combustible y de oxígeno a diferencia de la capacidad limitada de almacenamiento de energía que tiene una batería. Además, los electrodos en una batería reaccionan y cambian según la forma en la que se cargue o descargue, mientras que en una célula de combustible los electrodos son catalíticos y relativamente estables. Además, las baterías convencionales consumen reactivos sólidos, y una vez agotadas, deben ser desechadas o recargadas con electricidad. En general, en una célula de combustible el o los reactivos fluyen hacia dentro y los productos de reacción fluyen hacia fuera. Este flujo de uno o más reactivos se consigue normalmente utilizando, por ejemplo, bombas externas, lo que puede tener como resultado una configuración compleja y costosa de la célula de combustible.

Por ejemplo, el documento U.S. 2009092882 A1 (Kjeang E. y otros,) da a conocer una arquitectura microfluídica de célula de combustible con un flujo a través de los electrodos. Los electrodos de ánodo y de cátodo son porosos y comprenden una red de poros intersticiales. Hay ubicado un aislante virtual entre los electrodos, en un canal electrolítico. El aislante virtual consiste en un flujo colamar de un electrolito. Una entrada dirige sustancialmente todo el flujo del reactivo líquido a través del electrodo poroso. Esta configuración tiene la desventaja de requerir un medio, por ejemplo una bomba externa, para proporcionar el reactivo líquido a través de la entrada para que opere la célula de combustible.

Muy recientemente, se ha divulgado que la integración de una microcélula directa de combustible de metanol puede proporcionar con éxito tanto energía eléctrica como de bombeo a una plataforma microfluídica [JP Esquivel, y otros, Fuel cell powered microfuidic platform for lab on a chip applications, Lab on a Chip (2011) 12, 74-79]. Las reacciones electroquímicas que tienen lugar en la célula de combustible producen CO₂, que se considera normalmente un residuo sin ninguna utilidad. Sin embargo, en este caso, el CO₂ se acumula y se utiliza para bombear un fluido a la plataforma microfluídica. Por lo tanto, el bombeo de un fluido, que puede ser un reactivo de una célula de combustible, se consigue sin necesidad de una bomba externa, pero es necesario utilizar una célula de combustible de metanol para este fin. Por lo tanto, en este caso, la configuración obtenida también es compleja y costosa. Además, usar una primera célula de combustible para provocar un flujo de un reactivo de una segunda célula de combustible tendría como resultado un sistema complejo.

Además, las células de combustible conocidas hasta la fecha pueden contener cantidades significativas de materiales no biodegradables, de forma que estas células de combustible acaban teniendo como resultado desechos no biodegradables, no respetuosos con el medioambiente.

Descripción detallada de la invención

En un primer aspecto, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención comprende al menos un canal microfluídico que permite el flujo capilar de al menos un fluido adecuado para generar electricidad, al menos una región absorbente de recepción, al menos una región absorbente de recogida, una zona catódica que comprende al menos un cátodo y una zona anódica que comprende al menos un ánodo. Cada región absorbente de recepción, en la que se puede depositar al menos un fluido, está acoplada con uno de los canales microfluídicos de forma que el canal microfluídico pueda recibir de la región absorbente de recepción el o los referidos fluidos mediante acción capilar. Cada región absorbente de recogida está acoplada con uno de los canales microfluídicos, de forma que pueda recibir de ese canal microfluídico mediante capilaridad el o los fluidos depositados anteriormente en las regiones absorbentes de recepción acopladas con el mismo canal microfluídico. Después de recibir este o estos fluidos en la región absorbente de recogida, estos son absorbidos en dicha región, permitiendo la continuidad del flujo mediante acción capilar una vez que se ha saturado el canal microfluídico. Al menos un cátodo y al menos un ánodo están acoplados con cada canal microfluídico, de forma que se pueda generar energía eléctrica mientras fluye al menos un fluido adecuado para generar electricidad a través del canal microfluídico.

En la presente invención, se entiende la expresión "fluido adecuado para generar electricidad" como cualquier fluido que comprende al menos una sustancia oxidante o reductora, de forma que este fluido pueda interactuar con uno de los cátodos o ánodos para generar electricidad. Preferentemente, el fluido es un líquido, aunque puede contener partículas suspendidas, o ser un gas o un gel.

5 Además del flujo apropiado para generar electricidad, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención también puede incorporar al menos un fluido electrolítico en una de las regiones de recepción acopladas con al menos un canal microfluídico. Preferentemente, se coloca este fluido electrolítico en una región de recepción distinta de la o las utilizadas para depositar cualquiera de los fluidos adecuados para generar electricidad.

10 En las realizaciones preferentes, la presente invención versa acerca de un dispositivo de análisis que utiliza una célula de combustible en el que uno cualquiera de los canales microfluídicos también permite la difusión de al menos un fluido adecuado para generar electricidad. En estas realizaciones preferentes el canal microfluídico puede permitir la capilaridad y/o la difusión de tal fluido desde la región de recepción hasta el canal microfluídico.

15 La célula de combustible utilizada en la presente invención tiene la ventaja de que se consigue el flujo de fluidos adecuados para generar electricidad, es decir, el flujo de reactivos mediante acción capilar y/o difusión, eliminando la necesidad, por ejemplo, de bombas u otros medios para hacer fluir estos reactivos. En este sentido, uno de los puntos clave de la célula de combustible descrita en la presente solicitud de patente es que la absorción por la región absorbente de recogida provoque la continuidad del flujo mediante acción capilar una vez se ha saturado el canal microfluídico. La célula de combustible utilizada en la presente invención es muy sencilla y puede ser muy económica, dado que el canal microfluídico y las regiones absorbentes pueden fabricarse de materiales que son abundantes, económicos y biodegradables tales como, por ejemplo, fibra y materiales a base de celulosa, tales como papel.

20 Cada uno de los canales microfluídicos comprende principalmente un material de mecha con una porosidad adecuada para permitir el flujo de al menos un fluido capaz de generar electricidad, siendo depositado inicialmente este fluido en una de las regiones absorbentes de recepción. Preferentemente, cada uno de los canales microfluídicos en la célula de combustible puede comprender fundamentalmente un material seleccionado independientemente del grupo que consiste en polímero hidrófilo, fibra textil, celulosa y nitrocelulosa; prefiriéndose especialmente que tal material sea biodegradable.

25 En algunas realizaciones aún más preferentes, la célula de combustible utilizada en la presente invención comprende al menos un canal microfluídico que puede estar fabricado de papel, tal como, por ejemplo, papel de filtro, papel tisú, papel de celulosa o papel para escribir. Según se ha mencionado anteriormente, este tipo de material contribuye significativamente a hacer biodegradable la célula de combustible.

30 En otras realizaciones preferentes, el dispositivo de análisis de la presente invención utiliza una célula de combustible que puede comprender al menos una región absorbente de recepción y al menos una región absorbente de recogida según se describe en la presente solicitud de patente, en la que cada una de las regiones absorbentes de recepción y de recogida, independientemente, puede comprender un material seleccionado del grupo que consiste en un polímero hidrófilo, fibra tal como textil o fibra de vidrio, celulosa tal como papel y nitrocelulosa; siendo especialmente preferible que tal material sea biodegradable.

35 Preferentemente, la célula de combustible del dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender al menos un canal microfluídico, y cada canal microfluídico puede comprender al menos una región absorbente de recepción y al menos una región absorbente de recogida según se describe en la presente solicitud de patente, en la que los canales microfluídicos y las zonas de recepción y de recogida acopladas con cada uno de ellos pueden comprender un material seleccionado independientemente del grupo que consiste en polímero hidrófilo, fibra textil, fibra de vidrio, celulosa y nitrocelulosa; prefiriéndose especialmente que todos los canales microfluídicos y las áreas de recepción y de recogida acopladas con ellos comprendan principalmente materiales biodegradables.

40 En otras realizaciones aún más preferentes, la célula de combustible del dispositivo de análisis de la presente invención comprende al menos una región absorbente de recepción, al menos una región absorbente de recogida y todas ellas pueden estar fabricadas de papel, tal como, por ejemplo, papel de filtro, papel tisú, papel de celulosa o papel para escribir. De nuevo, este tipo de material para las regiones absorbentes también contribuye significativamente a hacer que la célula de combustible sea muy biodegradable.

45 En cualquiera de las dos realizaciones del dispositivo de análisis de la presente invención, cualquier cátodo y cualquier ánodo acoplados con cada uno de los canales microfluídicos pueden comprender un material seleccionado principalmente del grupo que consiste en un metal noble, un metal no noble, enzimas y bacterias. En el caso de que uno cualquiera de los electrodos comprenda enzimas o bacterias, el pH del medio puede ser ácido, básico o neutro dependiendo de la estabilidad de estas enzimas o bacterias a distintos pH. Preferentemente, el pH del medio es uno en el que los metales, las enzimas o las bacterias presentes en uno cualquiera de los electrodos tengan una estabilidad y una actividad catalítica mayores. Para obtener este pH óptimo es posible inmovilizar sustancias adecuadas en el interior de la célula de combustible.

En otras realizaciones preferentes, la presente invención versa acerca de un dispositivo de análisis que incluye una célula de combustible según se describe en la presente solicitud de patente, en la que al menos uno de los electrodos acoplados con cada canal microfluídico, bien el cátodo o bien el ánodo, puede comprender al menos un catalizador enzimático o un catalizador a base de metal tal como platino, plata, rutenio, oro, estaño, paladio o cobalto. En una realización más preferente, cada canal microfluídico comprende un ánodo y un cátodo, y solo uno de estos dos comprende un catalizador enzimático. Preferentemente, se puede seleccionar el catalizador enzimático del grupo que consiste en glucosa oxidasa, glucosa deshidrogenasa, aldehído deshidrogenasa, fructosa deshidrogenasa, lacasa, ureasa y microperoxidasa. Esta característica también contribuye significativamente a hacer que la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención sea biodegradable, dado que las enzimas son moléculas biológicas.

En otras realizaciones preferentes, la presente invención también versa acerca de un dispositivo de análisis con una célula de combustible según se ha descrito en la presente solicitud de patente, en la que cada canal microfluídico tiene acoplada una zona catódica que comprende al menos un cátodo y este puede tener una estructura porosa para recibir oxígeno de la atmósfera, e interactuar con el mismo. Esta característica puede ayudar a obtener una oxidación más eficaz de la o las sustancias combustibles y, por lo tanto, una mayor eficacia de la célula de combustible.

Según se ha mencionado anteriormente, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender más de un canal microfluídico, generando, de ese modo, una mayor cantidad de energía. Además, la célula de combustible citada puede comprender un único canal microfluídico, que da lugar a un dispositivo con una mayor sencillez.

La célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender más de una región absorbente de recepción acoplada con cada canal microfluídico, en cuyo caso las distintas regiones absorbentes de recepción pueden ser totalmente independientes o pueden ser regiones separadas y ubicadas en el mismo soporte físico, también denominadas subregiones en la presente solicitud de patente.

En otras realizaciones preferentes, las regiones absorbentes de recepción y de recogida pueden estar ubicadas a distintas alturas, lo que facilita el flujo mediante acción capilar a través del canal microfluídico.

Además, en otras realizaciones preferentes de la presente invención, al menos una de las regiones absorbentes de recepción puede comprender al menos una sustancia sólida o gelatinosa seleccionada del grupo que consiste en oxidantes, reductoras y electrolíticas. Esta o estas sustancias son solubilizadas cuando hacen contacto con un líquido, preferentemente acuoso, lo que da lugar al movimiento de este fluido mediante capilaridad o difusión a través del canal microfluídico.

En otras realizaciones preferentes, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender un único canal microfluídico que permite el flujo capilar de al menos un fluido adecuado para generar electricidad. Preferentemente, el canal microfluídico también permite la difusión de tal fluido desde la región absorbente de recepción hasta el canal microfluídico.

En otras realizaciones preferentes, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender un máximo de tres regiones absorbentes de recepción separadas entre sí, cada una acoplada con el canal microfluídico. Preferentemente, la célula de combustible comprende un único canal microfluídico. Preferentemente, el canal microfluídico también permite la difusión de tal fluido desde la región absorbente de recepción hasta el canal microfluídico.

En realizaciones aún más preferentes, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender dos regiones absorbentes de recepción separadas entre sí, ubicadas preferentemente en el mismo soporte físico, en el que se puede colocar en la región absorbente de recepción más cercana al cátodo uno o más fluidos catolitos, de forma que el o los cátodos puedan interactuar completamente con el fluido cuando fluye a través del canal microfluídico mediante acción capilar. De forma análoga, en la región absorbente de recepción más cercana a la zona anódica se pueden depositar uno o más fluidos anolitos, de forma que el o los ánodos puedan interactuar completamente con el fluido anolito cuando fluyen a través del canal microfluídico mediante acción capilar. A continuación (véase la Figura 1b) se describe una realización especialmente preferente de la presente realización.

El fluido catolito puede comprender una o más sustancias oxidantes, preferentemente se pueden seleccionar las sustancias oxidantes entre el oxígeno y compuestos ricos en oxígeno tales como peróxido de hidrógeno, óxido de manganeso o clorato de potasio. Preferentemente, el fluido catolito es oxígeno disuelto.

Además, el fluido anolito puede incluir una o más sustancias seleccionadas del grupo que consiste en metanol, etanol, ácido fórmico, glucosa, glicerol y urea.

Las realizaciones del anterior párrafo permiten obtener energía de una forma más eficaz, dado que pueden permitir un procedimiento oxidante "limpio" y un procedimiento "limpio" de reducción aislados sustancialmente entre sí.

En otras realizaciones aún más preferentes, la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención comprende una tercera región absorbente de recepción, entre las dos mencionadas anteriormente, y separada de las otras dos regiones absorbentes de recepción, preferentemente todas ubicadas en el mismo soporte, pudiéndose depositar en esta presente tercera región absorbente de recepción al menos un fluido electrolítico, de forma que el fluido electrolítico pueda mantener separados, al menos parcialmente, los fluidos catolitos y anolitos cuando fluyen a través del canal microfluídico mediante acción capilar. A continuación (véase la Figura 1c) se describe una realización especialmente preferible.

El fluido electrolítico puede comprender una o más sustancias seleccionadas del grupo que consiste en ácido sulfúrico, sulfato de sodio, suero salino con tampón de fosfato, hidróxido de potasio e hidróxido de sodio.

Las realizaciones de los anteriores párrafos permiten la producción de energía de manera aún más eficaz, dado que el flujo del fluido electrolítico puede retrasar la mezcla de los fluidos catolitos y anolitos, obteniendo un aislamiento adicional de los procedimientos de oxidación y de reducción que dan lugar a la energía eléctrica en la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la invención.

La presente invención proporciona un dispositivo de análisis que comprende:

- i) al menos una célula de combustible tal como se describe en la presente solicitud de patente,
- ii) al menos un canal microfluídico de análisis que permite el flujo capilar de una muestra líquida,
- iii) al menos una región absorbente de recepción acoplada con cada canal microfluídico de análisis, y
- iv) al menos una región absorbente de recogida acoplada con cada canal microfluídico de análisis.

en el que cada región absorbente de recepción y cada región absorbente de recogida están conectadas con un canal microfluídico de análisis, de forma que cuando se deposita la muestra líquida en la región absorbente de recepción, fluye mediante acción capilar a través del canal microfluídico de análisis para alcanzar la región absorbente de recogida en la que es absorbida.

Preferentemente, el dispositivo de análisis según se describe en la presente invención puede ser una tira de pruebas de análisis, más preferentemente puede ser una tira de pruebas conocida como "tira de pruebas de flujo lateral".

En las realizaciones preferentes, la presente invención proporciona un dispositivo de análisis, preferentemente una tira de pruebas, según se describe en la presente solicitud de patente que puede comprender al menos una pista conductora que conecta una cualquiera de las células de combustible en el interior del dispositivo de pruebas con al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en al menos un sensor electroquímico u óptico, al menos un sistema de visualización para visualizar los resultados del análisis y al menos un circuito electrónico.

Preferentemente, cuando el dispositivo de análisis está conectado con más de uno de los anteriores, estos también pueden estar unidos entre sí por medio de pistas conductoras.

Las características adicionales mencionadas en los párrafos precedentes pueden ser externas al dispositivo de pruebas, en cuyo caso, para utilizar el dispositivo de análisis de la presente invención, se conectará con al menos un sensor electroquímico u óptico, con al menos un sistema de visualización y con al menos un circuito electrónico.

En otras realizaciones preferentes, el dispositivo de análisis, que es preferentemente la tira de pruebas según se describe en la presente solicitud de patente, puede comprender al menos un sensor electroquímico u óptico acoplado con cada canal microfluídico de análisis, de forma que cada uno de estos sensores pueda interactuar en combinación con señales eléctricas de entrada apropiadas, con la muestra líquida según fluye mediante acción capilar a través del canal microfluídico de análisis, y tal interacción produce señales eléctricas de salida que representan el resultado de la prueba. El dispositivo de pruebas también puede comprender al menos una pista conductora que conecta al menos uno de los sensores electroquímicos u ópticos acoplado con cada canal microfluídico de análisis con al menos una célula de combustible. Según estas realizaciones preferentes, se puede utilizar el dispositivo de análisis sin conectarlo con los sensores electroquímicos externos o con fuentes externas de alimentación.

En realizaciones preferentes adicionales, el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender al menos un sistema de visualización para visualizar los resultados y al menos una pista conductora que conecta al menos uno de los sistemas de visualización con al menos una célula de combustible comprendida en el dispositivo de análisis. Preferentemente, el dispositivo de análisis también comprende al menos un sensor electroquímico u óptico acoplado con cada canal microfluídico de análisis, y al menos una pista conductora que conecta al menos uno de estos sensores electroquímicos u ópticos con al menos una de las células de combustible en el interior del dispositivo de análisis. Además, el dispositivo de análisis de la presente invención también puede comprender al menos una pista conductora que conecta al menos uno de los sistemas de visualización con al menos uno de los sensores electroquímicos comprendidos en el interior del dispositivo.

En realizaciones preferentes adicionales, el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender al menos un circuito electrónico y al menos una pista conductora que conecta al menos uno de los circuitos electrónicos con al menos una de las células de combustible comprendidas en el interior del dispositivo de análisis. Preferentemente, el dispositivo de análisis también comprende al menos un sensor electroquímico u óptico acoplado con cada canal microfluídico de análisis y al menos una pista conductora que conecta al menos uno de estos sensores electroquímicos u ópticos con al menos una de las células de combustible incluidas en el dispositivo de análisis. Además, el dispositivo de análisis de la presente invención también puede comprender al menos una pista conductora que conecta al menos uno de los circuitos electrónicos con al menos uno de los sensores electroquímicos u ópticos comprendidos en el interior del dispositivo.

En otras realizaciones preferentes, el dispositivo de análisis según se describe en la presente solicitud de patente puede comprender:

- i) al menos una célula de combustible según se describe en la presente solicitud de patente,
- ii) al menos un canal microfluídico de análisis que permite el flujo capilar de una muestra líquida,
- iii) al menos una región absorbente de recepción acoplada con cada canal microfluídico de análisis,
- iv) al menos una región absorbente de recogida acoplada con cada canal microfluídico de análisis,
- v) al menos un sensor electroquímico u óptico conectado con cada canal microfluídico de análisis,
- vi) al menos un sistema de visualización para visualizar los resultados del análisis,
- vii) al menos un circuito electrónico, y

viii) una pluralidad de pistas conductoras, conectando cada una de ellas al menos dos de los elementos incluidos en el dispositivo de análisis y seleccionados del grupo que consiste en al menos uno de los circuitos electrónicos, al menos una de las células de combustible, al menos uno de los sensores electroquímicos u ópticos y al menos uno de los sistemas de visualización para visualizar los resultados. Preferentemente, el canal microfluídico de análisis también permite la difusión de la muestra líquida.

La red de pistas conductoras puede ser tal que el circuito electrónico pueda recibir electricidad de una de las células de combustible, proporcionar a cada uno de los sensores electroquímicos u ópticos señales eléctricas adecuadas de entrada, obtener señales eléctricas de salida procedentes de cada uno de los sensores electroquímicos, y proporcionar uno de los sistemas de visualización con las señales eléctricas de salida que representa los resultados del análisis.

La presente invención proporciona un dispositivo de análisis, preferentemente una tira de pruebas de flujo lateral, en el que se puede conseguir el flujo de fluido apropiado para generar electricidad y la muestra líquida que ha de ser sometida a ensayo mediante capilaridad sin medios externos, tales como, por ejemplo, bombas específicas o medios similares, lo que puede tener como resultado configuraciones complejas y costosas. Además, este dispositivo de análisis puede ser completamente autónomo o independiente mediante la integración de al menos una célula de combustible según se describe en la presente solicitud de patente con otros medios adecuados, tales como sensores electroquímicos, circuitos electrónicos y sistemas de visualización, que pueden ser alimentados con energía procedente de la célula de combustible.

En algunas realizaciones preferentes, el dispositivo de análisis de la presente invención comprende únicamente un canal microfluídico de análisis.

En otras realizaciones preferentes, la tira de pruebas según se describe en la presente solicitud de patente puede comprender:

- i) una célula de combustible, tal como se describe en la presente solicitud de patente,
- ii) un canal microfluídico de análisis que permite el flujo capilar de una muestra líquida,
- iii) un máximo de tres regiones absorbentes de recepción acopladas con el canal microfluídico de análisis,
- iv) una región absorbente de recogida acoplada con el canal microfluídico de análisis,
- v) un sensor electroquímico u óptico conectado con el canal microfluídico de análisis,
- vi) un sistema de visualización para visualizar los resultados del análisis,

vii) un circuito electrónico, y

viii) una pluralidad de pistas conductoras, conectando cada una de ellas al menos dos de los elementos incluidos en la tira de pruebas y seleccionados del grupo que consiste en el circuito electrónico, la célula de combustible, el sensor electroquímico u óptico y el sistema para visualizar los resultados. Preferentemente, el canal microfluídico de análisis también permite la difusión de la muestra líquida.

En otras realizaciones preferentes de la presente invención, las regiones absorbentes de recepción y de recogida acopladas con cada canal microfluídico de análisis están fabricadas de papel, fibra o materiales a base de nitrocelulosa, esta característica contribuye a la biodegradabilidad del dispositivo de análisis de la presente invención.

En otras realizaciones preferentes, se pueden comprender las regiones absorbentes de recepción acopladas con cada canal microfluídico de análisis, independientemente, en una de las regiones absorbentes de recepción comprendidas en una de las células de combustible. Preferentemente, cada una de las regiones absorbentes de recepción acopladas con cada canal microfluídico de análisis puede estar comprendida, independientemente, en una de las regiones absorbentes de recepción comprendidas en la misma célula de combustible.

En realizaciones aún más preferentes, el dispositivo de análisis según se describe en la presente solicitud de patente puede comprender una única célula de combustible, un único canal microfluídico de análisis, al menos una región absorbente de recepción acoplada con el canal microfluídico de análisis y una región absorbente de recogida acoplada con el canal microfluídico de análisis, pudiendo estar comprendidas las distintas regiones absorbentes de recepción, independientemente, en una cualquiera de las regiones absorbentes de recepción comprendidas en la célula de combustible.

Estas realizaciones preferentes permiten depositar simultáneamente la muestra líquida, preferentemente una muestra biológica tal como sangre, orina, sudor, saliva, lágrimas, esperma, leche, zumo, bebidas alcohólicas, agua, en una región absorbente de recepción acoplada con un canal microfluídico comprendido en la célula de combustible y en una región absorbente de recepción acoplada con el canal microfluídico de análisis. De esta forma, la propia muestra que ha de ser analizada también puede actuar como combustible o reactivo para producir energía eléctrica.

Cada uno de los canales microfluídicos de análisis comprende principalmente un material de mecha con una porosidad adecuada para permitir el flujo de una muestra líquida depositada inicialmente en una de las regiones absorbentes de recepción. Preferentemente, la tira de pruebas de la presente invención comprende al menos un canal microfluídico de análisis que, a su vez, comprende un material seleccionado del grupo que consiste en polímero hidrófilo, fibra de vidrio, celulosa y nitrocelulosa.

En algunas realizaciones aún más preferentes, el dispositivo de análisis de la presente invención comprende al menos un canal microfluídico de análisis que puede estar fabricado de papel. Según se ha mencionado anteriormente, este tipo de material contribuye significativamente a hacer que el dispositivo de análisis sea biodegradable, especialmente cuando los elementos de la célula de combustible también están fabricados de papel.

En otras realizaciones de la invención, cada sensor electroquímico del dispositivo de análisis puede estar basado en electrodos de carbón. Este tipo de material para los sensores electroquímicos también contribuye significativamente a hacer que el dispositivo de análisis de la invención sea más biodegradable.

En otras realizaciones de la invención, el circuito electrónico del dispositivo de análisis puede ser un circuito microelectrónico basado en silicio. Además, el sistema de visualización puede ser una pantalla, más preferentemente una pantalla impresa en el papel.

En otras realizaciones de la invención, al menos una de las pistas conductoras del dispositivo de análisis puede estar fabricada de carbón. Este tipo de material para las pistas conductoras puede hacer que el dispositivo de análisis sea muy biodegradable.

Una ventaja muy importante de algunas de las realizaciones descritas en la presente solicitud de patente es que una célula de combustible y una tira de pruebas que comprende una célula de combustible según se describe en la presente solicitud de patente, pueden tener dimensiones muy pequeñas. Esto es posible gracias a la estructura sencilla que pueden tener la célula de combustible y la tira de pruebas y al tipo de materiales que pueden ser utilizados para producir tal configuración sencilla. Otra ventaja es que tanto la célula de combustible como la tira de pruebas preferente descrita en la presente solicitud de patente pueden tener un nivel muy elevado de biodegradabilidad.

Breve descripción de las figuras

En los siguientes ejemplos no limitantes se describen realizaciones preferentes de la presente invención, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Figura 1a: una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis según una primera realización preferente de la invención.

5 Figura 1b: una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis según una segunda realización preferente de la invención.

Figura 1c: una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible en el dispositivo de análisis según una tercera realización preferente de la invención.

10 Figura 1d: una representación esquemática de una hoja tridimensional de papel que tiene un canal microfluídico según realizaciones preferentes de la invención.

Figura 2a: una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según realizaciones preferentes de la invención.

15 Figura 2b: una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según otras realizaciones preferentes de la invención.

20 Figura 2c: una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según otras realizaciones preferentes de la invención.

Figura 3a: una representación esquemática de fluidos catolitos y anolitos que fluyen a través de un canal microfluídico, según se muestra en la Figura 1b.

25 Figura 3b: una representación esquemática de una configuración tridimensional de un canal microfluídico y zonas catódicas y anódicas acopladas, a través de los cuales fluyen fluidos catolitos y anolitos según realizaciones preferentes de la invención.

30 Figura 3c: una representación esquemática de fluidos catolitos, anolitos y electrolíticos que fluyen a través de un canal microfluídico, según se muestra en la Figura 1c.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

35 La Figura 1a muestra una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis según una primera realización particularmente preferente de la invención. Esta célula de combustible comprende un canal microfluídico (10), una región absorbente (11) de recepción acoplada con el canal microfluídico (10) en un extremo de dicho canal microfluídico (10), y una región absorbente (12) de recogida acoplada con el canal microfluídico (10) en el extremo opuesto de dicho canal. Para facilitar la acción capilar a través del canal microfluídico, se prefiere que el extremo que está acoplado con la región absorbente (12) de recogida y el extremo con el que está acoplado la región absorbente (11) de recepción estén ubicados a distintas alturas, siendo indiferente qué extremo esté más alto.

40 Esta configuración particularmente preferente de la célula de combustible citada permite depositar en la región absorbente (11) de recepción al menos un fluido adecuado para la generación de electricidad, es decir, un fluido que comprende reactivos de combustible, además de permitir el flujo de estos fluidos mediante una acción capilar a través del canal microfluídico (10), hasta alcanzar la región absorbente (12) de recogida en la que se absorben fluidos, permitiendo, de ese modo, el flujo continuado a través del canal microfluídico (10).

45 La célula de combustible de la Figura 1a también comprende una zona catódica que comprende al menos un cátodo (13) y una zona anódica que comprende al menos un ánodo (14) acoplado con el canal microfluídico (10), de forma que la zona catódica (13) y la zona anódica (14) pueda generar energía electroquímica debido a su interacción con al menos un fluido que comprende reactivos de combustible cuando estos fluyen continuamente a través del canal microfluídico (10) mediante acción capilar. En la presente realización, el fluido depositado en la única región absorbente de recepción puede comprender especies reductoras y oxidantes, de forma que la interacción de la zona catódica (13) con la especie reductora y la interacción de la zona anódica (14) con las especies oxidantes pueda dar lugar a una tensión electroquímica entre la zona catódica (13) y la zona anódica (14). En la presente realización particular, la zona catódica (13) está colocada en un lateral del canal microfluídico (10), y la zona anódica (14) está colocada en el lado opuesto del canal microfluídico (10).

55 Con referencia aún a la Figura 1a, la región absorbente (11) de recepción puede comprender al menos una sustancia química que ha sido inmovilizada anteriormente en un área definida de la región absorbente (11) de recepción, de forma que se pueda disolver la sustancia añadiendo un líquido externo, preferentemente un líquido acuoso.

60 La Figura 1b es una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible en el dispositivo de análisis según una segunda realización particularmente preferente de la invención. Esta configuración

es muy similar a la configuración de la Figura 1a con la diferencia de que la región absorbente (11) de recepción comprende dos subregiones absorbentes de recepción, identificadas como (11a) y (11b) que están separadas entre sí y ubicadas en el mismo soporte físico. En la primera subregión absorbente (11a) de recepción se puede depositar un fluido catolito, dando lugar a especies reducidas para interactuar con la zona catódica (13), y en la segunda subregión absorbente (11b) de recepción se puede depositar fluido anolito que comprende especies oxidantes que pueden interactuar con la zona anódica (14). De forma alternativa, la primera subregión absorbente (11a) de recepción puede comprender una sustancia oxidante inmovilizada anteriormente en un área de la primera subregión absorbente (11a) de recepción y la segunda subregión absorbente (11b) de recepción puede comprender una sustancia reductora inmovilizada anteriormente en un área de la segunda subregión absorbente (11b) de recepción. Entonces, se pueden solubilizar sustancias oxidantes y reductoras inmovilizadas, por ejemplo, mediante la adición de un líquido externo, preferentemente un líquido acuoso.

En la realización de la Figura 1b, el canal microfluídico (10) comprende dos ramales (18), de forma que la subregión absorbente (11a) de recepción esté acoplada con el canal microfluídico (10) a través de uno de estos ramales (18) y la segunda subregión absorbente (11b) de recepción esté acoplada con el canal microfluídico (10) a través de un segundo de dichos ramales (18). Dicho primer ramal y dicha zona catódica (13) están dispuestos sustancialmente en el mismo lado del canal microfluídico (10), de forma que la zona catódica (13) pueda interactuar de forma sustancialmente completa con el fluido catolito cuando fluye a través del canal microfluídico (10). De forma equivalente, el segundo ramal y la zona anódica (14) están dispuestos sustancialmente en el mismo lado del canal microfluídico (10), de forma que la zona anódica (14) pueda interactuar de forma sustancialmente completa con el fluido anolito cuando fluye a través del canal microfluídico (10). De forma equivalente, el segundo ramal y la zona anódica (14) están dispuestos sustancialmente en el mismo lado del canal microfluídico (10), de forma que la zona anódica (14) pueda interactuar de forma sustancialmente completa con el fluido anolito cuando fluye a través del canal microfluídico (10). Más adelante se describen más detalles acerca de los flujos de los fluidos catolitos y anolitos.

La configuración descrita en el anterior párrafo implica un posicionamiento relativo entre la primera subregión absorbente (11a) de recepción y la zona catódica (13), y entre la segunda subregión absorbente (11b) de recepción y la zona anódica (14), que permite la producción de energía electroquímica de forma más eficaz que en la realización de la Figura 1a. De hecho, con esta configuración preferente de la célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis de la presente invención se puede obtener una interacción "limpia" entre el fluido catolito que comprende al menos una especie reductora y la zona catódica (13), y una interacción "limpia" entre el fluido anolito que comprende al menos una especie oxidante y la zona anódica (14) y, por consiguiente, la célula de combustible es más eficaz.

En este sentido, la Figura 3a muestra la configuración de un canal microfluídico (10), una zona catódica (13) y una zona anódica (14) similar a la comprendida en la célula de combustible mostrada en la Figura 1b. La Figura 3a también muestra cómo pueden fluir un fluido catolito (31) y un fluido anolito (30) a través del canal microfluídico (10). En particular, el fluido catolito (31), que comprende una especie reductora, puede fluir de forma que pueda conseguirse una interacción sustancialmente completa entre esta y el o los cátodos contenidos en la zona catódica (13). De forma equivalente, el fluido anolito (30), que comprende una especie oxidante puede fluir de forma que pueda conseguir una interacción sustancialmente completa entre este y el o los ánodos contenidos en la zona anódica (14).

La Figura 3a también muestra, en la presente realización particularmente preferente, cómo pueden comenzar a mezclarse el fluido catolito (31) y el fluido anolito (30) después de avanzar una cierta distancia, formando un área denominada zona (32) de difusión. En la presente realización especialmente preferente de la invención, la zona catódica (13) y la zona anódica (14) están colocadas en el canal microfluídico (10) a una distancia suficientemente corta con respecto al extremo en el que se acoplan las subregiones absorbentes (11a) y (11b) de recepción para evitar que la zona (32) de difusión haga contacto con uno cualquiera de los cátodos comprendidos en la zona catódica (13), comprendiéndose uno cualquiera de los ánodos en la zona anódica (14), o ambos. Por lo tanto, aunque se pueden mezclar finalmente el fluido catolito (31) y el fluido anolito (30), en esta realización particularmente preferente se garantiza una interacción entre el fluido completamente catolito (31) y la zona catódica (13), y entre el fluido completamente anolito (30) y la zona anódica (14).

La Figura 3b es una representación esquemática de un canal microfluídico tridimensional (10) y de la configuración de la zona catódica (13) y de la zona anódica (14) según otra realización particularmente preferente de la invención. Esta configuración es una alternativa a la configuración mostrada en las Figuras 1b y 3a. En este caso, las subregiones absorbentes primera y segunda (11a), (11b) de recepción, no mostradas en la Figura 3b, están dispuestas de forma que se consiga el flujo de fluido catolito (31) sustancialmente por encima del flujo de fluido anolito (30). En consecuencia, la zona catódica (13) está dispuesta en una región superior del canal microfluídico (10) y la zona anódica (14) está dispuesta en una región inferior del canal microfluídico (10). Esta configuración de la Figura 3b permite la generación de energía electroquímica sustancialmente idéntica a la configuración de las Figuras 1b y 3a.

La Figura 1c es una representación esquemática de una vista en planta de una célula de combustible utilizada en el dispositivo de análisis según otra realización especialmente preferente de la invención. En este caso, la diferencia con respecto a la célula de combustible mostrada en la Figura 1b es que esta realización especialmente preferente comprende, además, una tercera subregión absorbente (11c) de recepción separada de las subregiones absorbentes primera y segunda (11a) y (11b) de recepción. En esta tercera subregión absorbente (11c) se puede depositar un fluido electrolítico, y puede estar dispuesta con respecto a las subregiones absorbentes primera y segunda (11a) y (11b) de forma que el fluido electrolítico mantenga, al menos parcialmente, el fluido catolito (31) y el fluido anolito (30) separados según fluyen a través del canal microfluídico (10) mediante capilaridad.

En la realización especialmente preferente de la Figura 1c, se puede retrasar la mezcla del fluido catolito (31) y del fluido anolito (30) con respecto a la mezcla que se produce en las configuraciones de las Figuras 1b, 3a y 3b. En este sentido, la Figura 3c muestra cómo en la presente realización especialmente preferente, un fluido electrolítico (33) que fluye entre el fluido catolito (31) y el fluido anolito (30) retrasa la mezcla del fluido catolito (31) y del fluido anolito (30). El área (34) hace referencia a la mezcla del fluido catolito (31) con el fluido electrolítico (33). El área (35) hace referencia a la mezcla del fluido anolito (30) con el fluido electrolítico (33). Puede verse claramente que con el flujo "intermedio" del fluido electrolítico (33), la zona (32) de difusión que representa la mezcla de fluidos catolitos (31) y anolitos (30) que aparece más adelante que en las realizaciones sin tal flujo "intermedio" de electrolito fluido (33).

En cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, el canal microfluídico (10) al igual que cualquiera de las regiones absorbentes (11) y (12) pueden estar fabricados de un material a base de papel, tal como, por ejemplo, papel de filtro, papel de seda, papel de celulosa, papel para escribir, etc. De forma alternativa, pueden estar fabricados de otros materiales adecuados tales como, por ejemplo, acetato de nitrocelulosa, textiles, capas poliméricas, etc. Los materiales a base de papel suponen un coste reducido, por lo que el canal microfluídico (10) y las regiones absorbentes (11) y (12) de recepción y de recogida, respectivamente, están fabricados, preferentemente, de tal tipo de material. Además, el papel es un material completamente biodegradable. Por lo tanto, el papel contribuye a obtener una célula de combustible económica y biodegradable.

Además, se pueden obtener el canal microfluídico (10), al igual que cualquiera de las regiones de recepción o de recogida que comprenden papel como material principal, mediante dos procedimientos distintos, o una combinación de los mismos. El primer procedimiento implica cortar el papel en la forma deseada, de manera que la estructura resultante se corresponda con el canal microfluídico. El corte puede llevarse a cabo mediante acción mecánica, por ejemplo, utilizando tijeras, cuchillas o un equipo automático tal como una trazadora cortadora, o utilizando un láser, etc. El segundo procedimiento implica la definición de áreas hidrófobas en la superficie total del material poroso, preferentemente papel. La definición de áreas hidrófobas puede llevarse a cabo impregnando la matriz porosa con una sustancia fotoendurecible, cera, teflón, productos químicos hidrófobos, etc. o aplicando un tratamiento químico para modificar las propiedades de humectación.

La Figura 1d es una representación esquemática de una hoja de papel tridimensional que tiene un canal microfluídico adecuado para las realizaciones de la invención. Se ha conseguido el canal microfluídico definiendo áreas hidrófobas (16) que definen, a su vez, una zona hidrófila (papel) (17) que constituye el canal microfluídico deseado. Se pueden obtener las áreas hidrófobas (16), por ejemplo, aplicando cualquiera de las técnicas expuestas anteriormente.

Preferentemente, se aplica un corte para obtener el canal microfluídico (10) y las regiones absorbentes (11) y (12) de recepción y de recogida, respectivamente, debido a que el corte es, *a priori*, más económico que otros tipos de procedimientos, tales como, por ejemplo, las técnicas expuestas anteriormente en función de la definición de las áreas hidrófobas.

La Figura 2a es una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según realizaciones especialmente preferentes del dispositivo de análisis de la presente invención. Esta tira de pruebas que comprende la célula de combustible descrita anteriormente y esquematizada en la Figura 1a. Esta tira de pruebas también comprende un canal microfluídico (20) de análisis conectado con la región absorbente (11) de recepción en un extremo del canal (20), y la región absorbente (12) de recogida en el extremo opuesto del canal (20). Por lo tanto, en esta realización especialmente preferente de la presente invención, la región absorbente de recepción del canal microfluídico (20) de análisis es la misma que la región absorbente de recepción de la célula de combustible, y la región absorbente de recogida del canal microfluídico de análisis es la misma que la región absorbente de recogida de la célula de combustible. Las características descritas con respecto a la Figura 1a con respecto a la región absorbente (11) de recepción y con respecto al canal microfluídico (10) también son aplicables a la presente realización preferente de la tira de pruebas de la invención. Por lo tanto, esta configuración especialmente preferente también puede permitir un flujo continuo de fluido de la región absorbente (11) de recepción a la región absorbente (12) de recogida, en la que se absorbe el fluido que permite la continuidad del flujo mediante capilaridad cuando se satura el canal microfluídico (20) de análisis.

De forma alternativa a la realización especialmente preferente descrita anteriormente, la tira de pruebas de la presente invención puede comprender una región absorbente de recepción y una región absorbente de recogida,

conectadas a extremos opuestos del canal microfluídico (20) de análisis, estando separadas estas regiones absorbentes de las regiones absorbentes (11) de recepción y (12) de recogida acopladas con el canal microfluídico (10) que forma parte de la célula de combustible comprendida en la tira de pruebas de la invención.

5 En una realización especialmente preferente de la presente invención según se muestra en la Figura 2a, la tira de pruebas de la presente invención comprende una zona (21) de detección que tiene al menos un sensor electroquímico acoplado con el canal microfluídico (20) de análisis, de forma que el sensor electroquímico pueda interactuar con la muestra que ha de ser sometida a ensayo, preferentemente una muestra biológica, cuando fluye mediante capilaridad a través del canal microfluídico (20) de análisis. Tal interacción, en combinación con señales eléctricas apropiadas de entrada, puede producir señales eléctricas correspondientes de salida que representan los resultados de la prueba. Los sensores electroquímicos pueden estar basados en electrodos de carbón, contribuyendo dicho material a la biodegradabilidad de la tira de pruebas.

10 Esta tira de pruebas también puede comprender un circuito electrónico (23), un sistema (24) de visualización, preferentemente una pantalla, y una pluralidad de pistas conductoras (22), (25) y (26) que conectan el circuito electrónico (23) con la zona anódica (14) y la zona catódica (13) de la célula de combustible, con la zona (21) de detección y con el sistema (24) de visualización. El circuito electrónico (23) puede ser un circuito microelectrónico a base de silicio. Además, el sistema (24) de visualización puede ser una pantalla impresa en papel, por ejemplo, a base de polímeros adecuados. Además, las pistas conductoras (22), (25) y (26) pueden estar fabricadas de carbón. Estas características pueden hacer que la tira de pruebas sea muy biodegradable. Como alternativa al carbón, las pistas conductoras (22), (25) y (26) pueden estar fabricadas de polímeros conductores, metales tales como cobre u oro o cualquier combinación de los mismos.

15 Las pistas conductoras (22) que conectan el circuito electrónico (23) con la zona anódica (14) y la zona catódica (13) de la célula de combustible permiten que el circuito electrónico (23) reciba electricidad de la célula de combustible. Las pistas conductoras (25) que conectan el circuito electrónico (23) con los sensores electroquímicos incluidos en la zona (21) de detección permiten que el circuito electrónico (23) proporcione señales eléctricas adecuadas de entrada a los sensores electroquímicos (21). El circuito electrónico (23) puede recibir estas señales eléctricas de entrada, necesarias para los sensores electroquímicos (21) para interactuar de forma apropiada con la muestra que ha de ser analizada, partiendo de la electricidad producida por la célula de combustible según una lógica implementada. Esta interacción de los sensores electroquímicos (21) con la muestra, preferentemente biológica, y las señales eléctricas apropiadas de entrada pueden producir señales eléctricas de salida que representan los resultados del análisis. Los sensores en la zona (21) de detección pueden enviar estas señales eléctricas de salida al circuito electrónico (23) a través de las pistas conductoras correspondientes (25). El circuito electrónico (23) puede convertir, según una lógica implementada, estas señales eléctricas de salida en señales eléctricas que pueden ser visualizadas y las envía al sistema (24) de visualización a través de la pista conductora correspondiente (26).

20 La tira de pruebas o el dispositivo de análisis de la presente invención puede comprender, además, una región de tratamiento previo, no mostrada en la Figura 2a, que puede estar acoplada con el canal microfluídico de la célula (10) de combustible en un punto entre la región absorbente (11) de recepción y las zonas catódica (13) o anódica (14). Además, también se puede incorporar esta región de tratamiento previo en el canal microfluídico (20) de análisis, en un punto entre la región absorbente de recepción de la muestra (11) y la zona (21) de detección. Esta región de tratamiento previo puede tener una configuración adecuada para llevar a cabo distintos tipos de tratamientos previos tales como filtrado, separación, selección del o de los líquidos que pueden fluir a través del canal microfluídico de la célula (10) de combustible y/o del canal microfluídico (20) de análisis. Para diseñar y/o construir esta región se pueden utilizar principios conocidos de tratamiento previo, tales como los descritos en las solicitudes de patente WO 2009121041 A2 (A. Siegel y otros,) y WO 2011087813 A2 (P. Yager y otros,).

25 La Figura 2b es una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según otras realizaciones particularmente preferentes de la invención. Esta tira de pruebas es muy similar a la tira mostrada en la Figura 2a, con la diferencia de que la tira de la Figura 2b incluye una célula de combustible del tipo descrito con referencia a la Figura 1b, mientras que la tira de la Figura 2a comprende una célula de combustible del tipo mostrado en la Figura 1a.

30 La Figura 2c es una representación esquemática de una vista en planta de una tira de pruebas de flujo lateral según otras realizaciones particularmente preferentes de la invención. Esta tira de pruebas es muy similar a la tira mostrada en la Figura 2b, con la única diferencia de que la tira de la Figura 2c comprende una célula de combustible del tipo descrito con referencia a la Figura 1c, mientras que la tira de la Figura 2b comprende una célula de combustible del tipo mostrado en la Figura 1b.

35 Un aspecto importante de las tiras ilustradas en las Figuras 2a, 2b y 2c es que se puede utilizar el mismo fluido como un fluido adecuado para generar electricidad mediante la célula de combustible, y como la muestra que ha de ser analizada en la zona (21) de detección. Este fluido puede ser una muestra biológica, tal como, por ejemplo, orina, sangre, plasma sanguíneo, saliva, semen, sudor, etc. De esta forma, esta tira puede ser una tira de pruebas completamente autónoma y, por lo tanto, operar sin conexión a un sensor electroquímico externo, a un sistema de visualización o a un circuito electrónico.

- 5 En algunas realizaciones de la tira de pruebas descrita en la presente solicitud de patente, la zona (21) de detección tiene la función de medir o detectar compuestos específicos en la muestra, preferentemente biológica, que ha de ser analizada. La detección puede estar basada en distintas técnicas tales como electroquímicas, ópticas, etc. Se pueden incluir etapas adicionales de tratamiento previo de la muestra, y las regiones necesarias para estas etapas que han de tener lugar en la tira, antes de que la muestra alcance la zona (21) de detección.
- 10 Se puede fabricar un sensor electroquímico, por ejemplo, mediante deposición de uno o más electrodos, que pueden estar fabricados de carbón en una matriz porosa que puede estar fabricada de materiales a base de papel. Uno de estos electrodos puede estar definido como un electrodo de referencia, al menos uno de estos electrodos como un contraelectrodo, y al menos uno más de estos electrodos como un electrodo de trabajo. La deposición del electrodo puede llevarse a cabo mediante diversas técnicas tales como deposición electrónica, evaporación, revestimiento por pulverización o técnicas de impresión tales como de chorro de tinta, fotograbado, offset, flexografía o serigrafía. Los electrodos pueden ser funcionalizados para mejorar las capacidades de detección. La funcionalización de los electrodos puede formarse mediante la deposición de un material activo, un tratamiento químico, etc.
- 15 Para diseñar y construir la zona (21) de detección se pueden utilizar principios conocidos adecuados conocidos por un experto en la técnica, por ejemplo, los divulgados en *Patterned paper substrates and as alternative materials for low-cost microfluidic diagnostics*, David R. Ballerini, Xu Li y Shen Wei. *Microfluidics and Nanofluidics*. 2012, DOI: 10.1007/s10404-012-0999-2.
- 20 El circuito electrónico (23) puede corresponderse con un circuito electrónico que puede llevar a cabo diversas tareas que han de producirse relacionadas con los resultados de los ensayos. El circuito puede comprender una combinación de componentes electrónicos individuales y/o circuitos integrados. Algunas realizaciones pueden utilizar, por ejemplo, un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC) completamente personalizado para una mejora del rendimiento y una reducción del área.
- 25 El circuito puede comprender varios bloques tales como de gestión de energía, de instrumentación, de comunicaciones, de registro de datos, etc. El bloque de gestión de energía puede tomar la energía producida por la célula de combustible y aumentar la tensión para alimentar el bloque de instrumentación. El bloque de instrumentación puede suministrar energía a los sensores incluidos en la zona (21) de detección para llevar a cabo la medición, monitorizar la o las señales de los sensores y compararlas con valores de referencia. El o los resultados de la o las mediciones pueden ser enviados al sistema (24) de visualización.
- 30 El circuito electrónico (23) puede comprender, además, un registrador de datos para almacenar la información recogida procedente de los sensores en la zona (21) de detección. Además, el circuito electrónico (23) puede comprender, además, un módulo de comunicaciones para enviar el o los resultados de la o las mediciones mediante radiofrecuencia, por ejemplo, a un receptor externo.
- 35 Para diseñar y construir el circuito electrónico (23), preferentemente cuando es un circuito microelectrónico, se pueden utilizar principios conocidos adecuados conocidos por un experto en la técnica, por ejemplo, los divulgados en J. Alley Bran, Larry R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons, 2001, ISBN 0-471-04372-9, Jordi Colomer-Farrarons, Pere Lluís Miribel-Català, *A Self-Powered CMOS Front-End Architecture for Subcutaneous Event-Detection Devices: Three-Electrodes amperometric biosensor Approach*, Springer Science + Business Media BV, 2011, ISBN 978-94-007-0685-9.
- 40 El sistema (24) de visualización puede permitir que la tira de pruebas de la presente invención muestre una indicación visual del resultado de la medición. Se puede demostrar esta señal utilizando una pantalla, por ejemplo electrocrómica, un diodo emisor de luz, LCD, etc. En CG Granqvist, *Electrochromic devices*, *Journal of the European Ceramic Society*, volumen 25, número 12, 2005, páginas 2907-2912; *Fundamentals of Liquid Crystal Devices*, autor/es: Deng-Ke Yang, Shin-Tson Wu publicado en Internet: 19 de octubre de 2006, DOI: 10.1002/0470032030 se describen algunos de estos sistemas de visualización.
- 45 En una realización particular, la representación visual de los resultados puede ser debida a un cambio de color producido por un material compuesto electroquímico absorbido en una matriz porosa (por ejemplo, azul de Prusia, etc.) comprendida en la tira de pruebas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de análisis para una muestra líquida que comprende:
- i) al menos una célula de combustible que incluye:
- un canal microfluídico (10) fabricado de un material de mecha con porosidad adecuada para permitir el flujo capilar de al menos un fluido adecuado para generar electricidad;
 - al menos una región absorbente (11) de recepción acoplada con dicho canal microfluídico (10);
 - al menos una región absorbente (12) de recogida acoplada con dicho canal microfluídico (10);
 - una zona catódica (13) formada por al menos un cátodo acoplado con dicho canal microfluídico (10); y
 - una zona anódica (14) formada por al menos un ánodo acoplado con dicho canal microfluídico (10),
- ii) al menos un canal microfluídico (20) de análisis que permite el flujo capilar de la muestra líquida que ha de ser analizada;
- iii) al menos una región absorbente (11, 11a) de recepción acoplada con dicho al menos un canal microfluídico de análisis;
- iv) al menos una región absorbente (12) de recogida acoplada con dicho al menos un canal microfluídico de análisis, y
- v) al menos una zona (21) de detección que tiene al menos un sensor electroquímico u óptico acoplado con dicho al menos un canal microfluídico (20) de análisis,
- de forma que el sensor electroquímico u óptico interactúa con la muestra que ha de ser sometida a ensayo, cuando dicha muestra fluye mediante capilaridad a través del al menos un canal microfluídico (20) de análisis.
2. El dispositivo de análisis de la reivindicación 1, que comprende, además, al menos una pista conductora (22) que conecta la zona anódica (14) y la zona catódica (13) de una cualquiera de las células de combustible en el dispositivo de análisis con al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en un sensor electroquímico u óptico incluido en dicha zona (20) de detección, al menos un sistema (24) de visualización para visualizar los resultados del análisis y al menos un circuito electrónico (23).
3. El dispositivo de análisis según la reivindicación 1, que comprende, además, al menos un sensor electroquímico u óptico acoplado con cada canal microfluídico (20) de análisis y al menos una pista conductora (22) que conecta al menos uno de los sensores electroquímicos con al menos una de las células de combustible comprendidas en el dispositivo de análisis.
4. El dispositivo de análisis según la reivindicación 1, que comprende, además, al menos un sistema (24) de visualización y al menos una pista conductora (22) que conecta al menos uno de los sistemas (24) de visualización con al menos una de las células de combustible comprendidas en el dispositivo de análisis.
5. El dispositivo de análisis según la reivindicación 1, que comprende al menos un circuito (23) y al menos una pista conductora (22) que conecta al menos uno de los circuitos electrónicos (23) con al menos una de las células de combustible comprendidas en el dispositivo de análisis.
6. El dispositivo de análisis según la reivindicación 1, que comprende, además:
- vi) al menos un sistema (24) de visualización para visualizar los resultados del análisis,
- vii) al menos un circuito electrónico (23), y
- viii) una pluralidad de pistas conductoras (22), conectando cada una de ellas al menos dos de los elementos incluidos en el dispositivo de análisis y seleccionados del grupo que consiste en al menos uno del circuito electrónico (23), al menos una de las células de combustible, al menos uno de los sensores electroquímicos u ópticos y al menos uno de los sistemas (24) de visualización para visualizar los resultados.
7. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las regiones absorbentes (11a) de recepción acopladas con cada canal microfluídico de análisis están comprendidas, independientemente, en una de las regiones absorbentes (11) de recepción comprendidas en una de las células de combustible.

8. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las regiones absorbentes de recogida acopladas con cada canal microfluídico de análisis están comprendidas, independientemente, en una de las regiones absorbentes (12) de recogida comprendidas por una de las células de combustible.
- 5 9. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el canal microfluídico de análisis está fabricado de un material seleccionado del grupo de papel, polímero hidrófilo, fibra textil, fibra de vidrio, celulosa y nitrocelulosa.
10. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el sensor electroquímico comprende electrodos de carbón.
- 10 11. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que cada circuito electrónico es un circuito microelectrónico a base de silicio.
12. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que cada sistema para visualizar los resultados del análisis es una pantalla impresa en papel.
13. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que al menos una pista conductora está fabricada de carbón.
- 15 14. El dispositivo de análisis según la reivindicación 2, en el que al menos uno de los siguientes:
sensores electroquímicos u ópticos, circuitos electrónicos (23), un sistema (24) de visualización
está alimentado por la célula de combustible.
- 20 15. El dispositivo de análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que se utiliza la muestra líquida que fluye a través del al menos un canal microfluídico de análisis que ha de ser analizada en la zona de detección como un fluido para que la célula de combustible genere electricidad, de forma que el dispositivo de análisis sea autónomo.

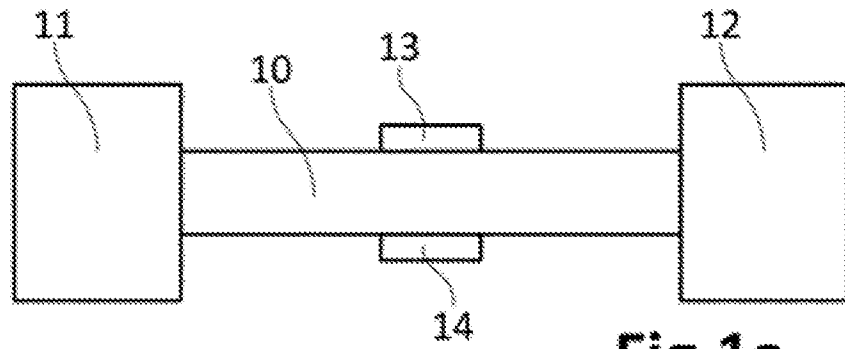


Fig. 1a

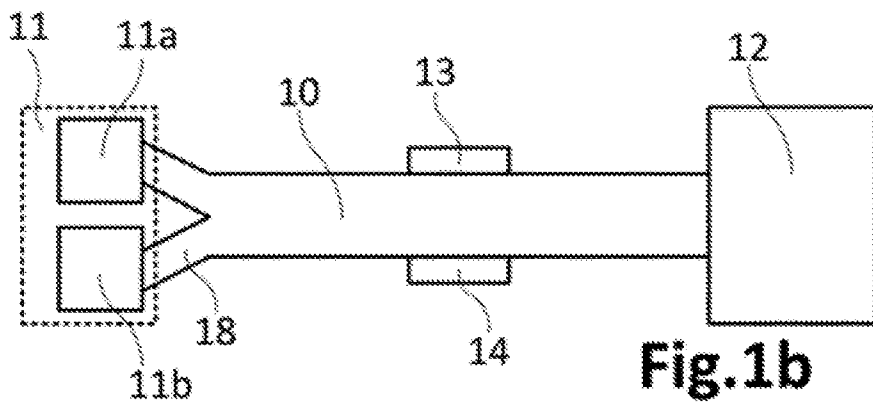


Fig. 1b

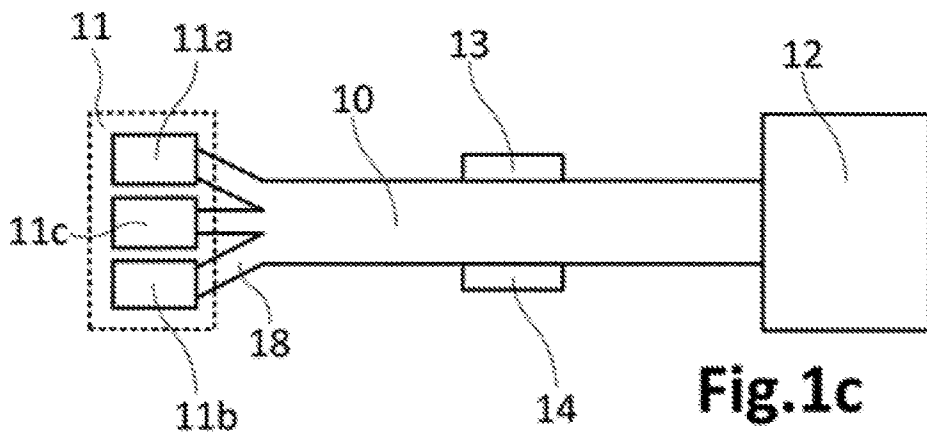


Fig. 1c

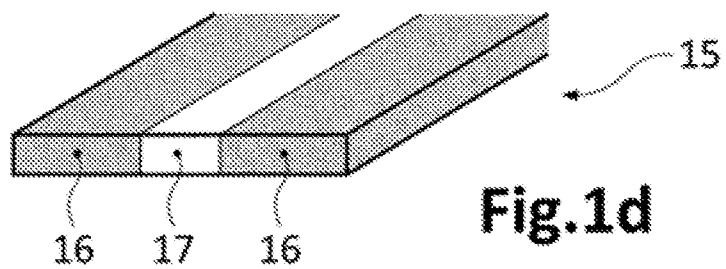


Fig. 1d

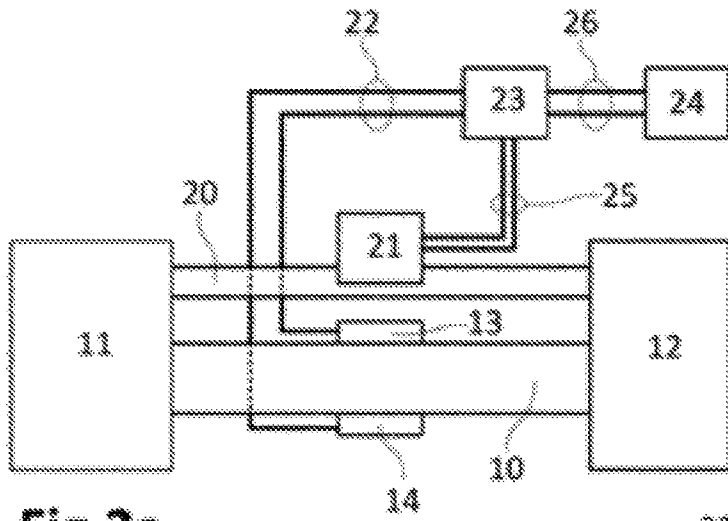


Fig.2a

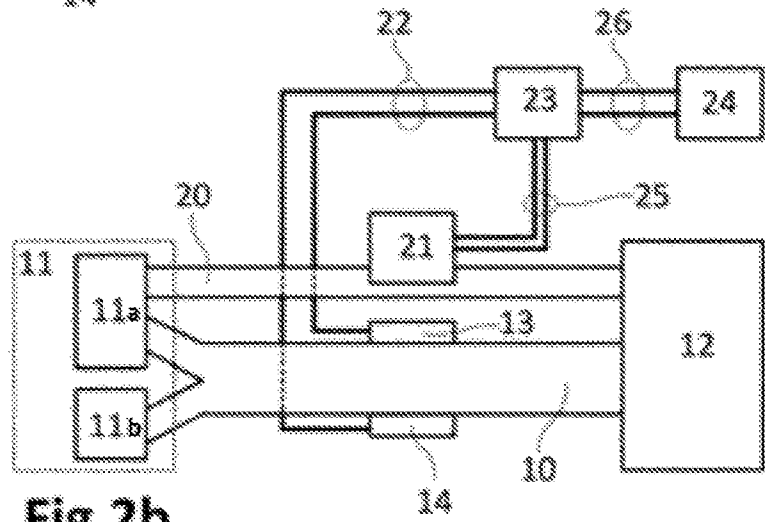


Fig.2b

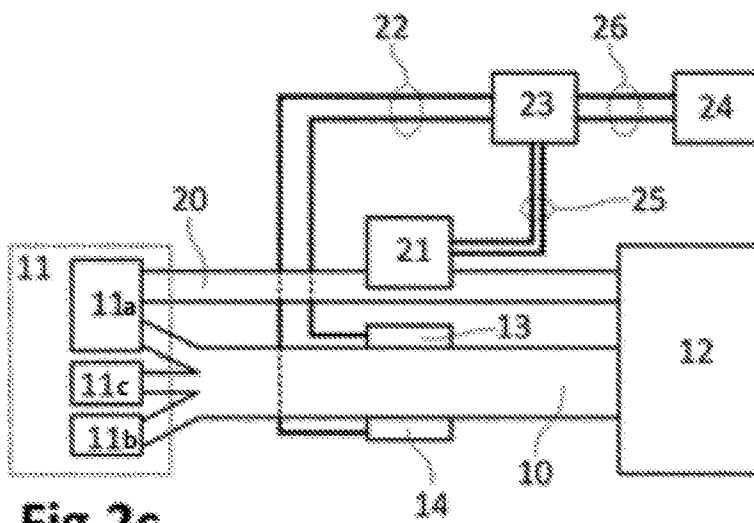


Fig.2c

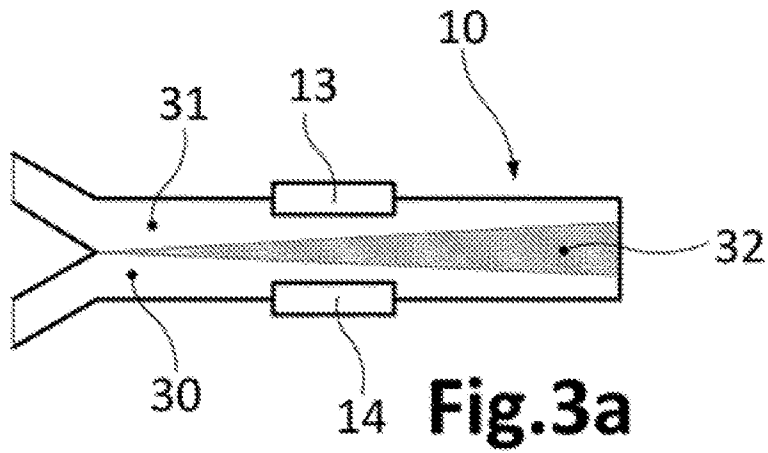


Fig.3a

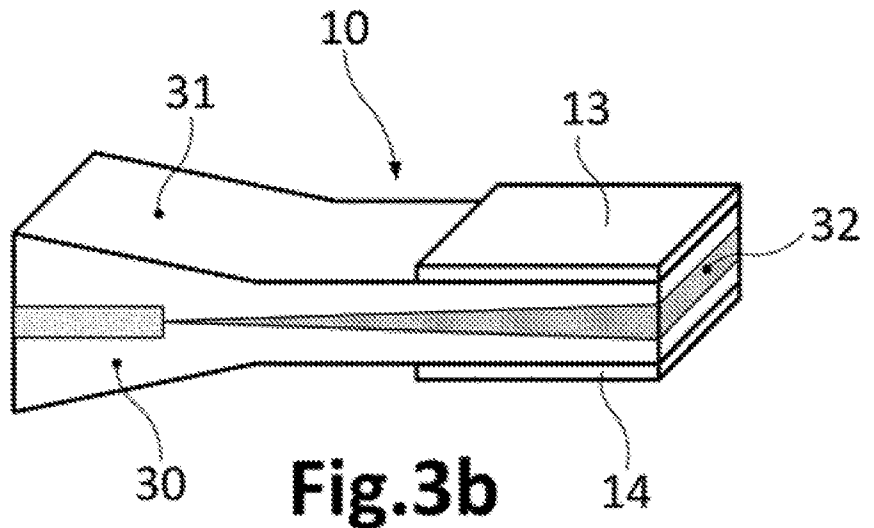


Fig.3b

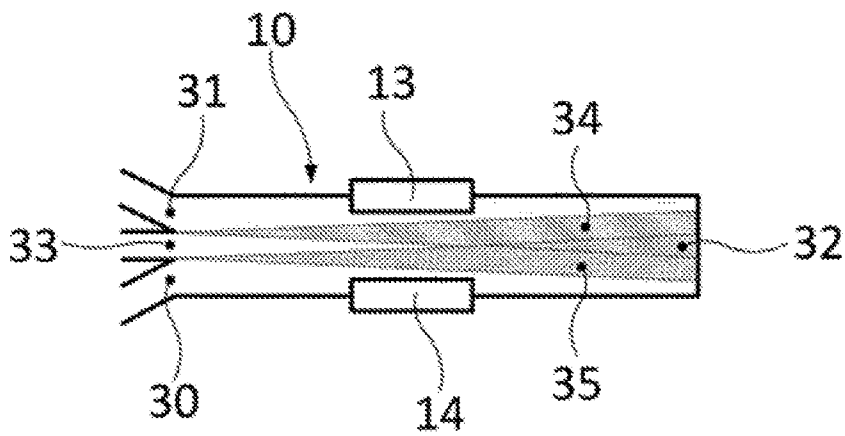


Fig.3c