

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 236**

51 Int. Cl.:

H01M 8/10 (2006.01)

H01M 4/92 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2015 PCT/EP2015/067295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16016254**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2015 E 15744549 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3146584**

54 Título: **Disposición de pila de combustible y procedimiento para el funcionamiento de una disposición de pila de combustible**

30 Prioridad:

01.08.2014 EP 14179495

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

23.10.2019

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
München, DE**

72 Inventor/es:

**BRANDT, TORSTEN;
DATZ, ARMIN;
HAMMERSCHMIDT, ALBERT;
LATZEL, SILKE;
LERSCH, JOSEF y
MATTEJAT, ARNO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 728 236 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

Disposición de pila de combustible y procedimiento para el funcionamiento de una disposición de pila de combustible

La invención se refiere a una disposición de pila de combustible con al menos una pila de combustible PEM para generar energía eléctrica a partir de los gases reactivos hidrógeno y oxígeno, la cual comprende al menos una unidad de membrana y electrodos que presenta una membrana recubierta con electrodos de platino así como, posicionadas a ambos lados de esta, respectivamente una capa de difusión de gas porosa, o que presenta una membrana así como, posicionadas a ambos lados de esta, respectivamente una capa de difusión de gas porosa, que está recubierta con un electrodo de platino, y la cual comprende además placas bipolares que están en contacto con las capas de difusión de gas y que durante el funcionamiento son atravesadas por un medio refrigerante. Además, la invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una disposición de pila de combustible de este tipo.

En las pilas de combustible PEM, a partir de hidrógeno y oxígeno, en un proceso electroquímico se forman corriente, calor y agua. La estructura básica está realizada de tal forma que a continuación de una unidad de membrana y electrodos (en inglés, "membrane electrode assembly", MEA), en las llamadas placas bipolares, están situadas cámaras de gas y cámaras de refrigeración. La unidad de membrana y electrodos contiene especialmente una membrana conductora de protones que está recubierta bilateralmente con electrodos de platino (capa catalizadora). Estos a su vez están recubiertos por respectivamente una capa de difusión de gas conductora de electrones, permeable al gas. Alternativamente, también la capa de difusión de gas puede estar recubierta, en un lado orientado hacia la membrana, con un electrodo de platino (capa catalizadora). Además, la capa de difusión de gas tiene la función de eliminar en el lado del cátodo el agua producida en la zona de formación en la capa límite hacia el electrodo de platino y la membrana. Para este fin, la capa de difusión de gas que habitualmente está hecha de un material de fibras de carbono (papel de carbón, tejido de fibras de carbono o tela no tejida) se vuelve hidrófoba superficialmente, es decir, en las fibras de carbono o en los espacios huecos.

Dado que generalmente el calor generado durante el funcionamiento de la pila de combustible es eliminado de la placa bipolar por un flujo de medio refrigerante, especialmente un flujo de agua refrigerante, en la placa bipolar se produce un gradiente de calor de la entrada del medio refrigerante a la salida del medio refrigerante, es decir que en la zona de la salida de medio refrigerante existe una temperatura más elevada que en la entrada de medio refrigerante. Frecuentemente, en la zona de la salida de medio refrigerante se encuentra también la salida de reactivos (oxígeno e hidrógeno). En el lado del oxígeno resulta una gran cantidad de agua producida que debe evacuarse completamente de la capa de difusión de gas. En el lado del hidrógeno, en esta zona el hidrógeno puede hacerse reaccionar de manera muy efectiva a causa del flujo muy bueno. De esta manera, en la zona de la reacción del hidrógeno que ya se ha calentado por el flujo de medio refrigerante, se produce calor residual adicional que puede conducir a un aumento adicional de la temperatura.

En el caso ideal, existe un gradiente de temperatura ascendente constantemente entre la entrada y la salida de medio refrigerante con pocos aumentos de temperatura o ningún aumento de temperatura en las esquinas o los cantos de la placa bipolar. En realidad, sin embargo, en puntos críticos en cuanto al flujo (como por ejemplo zonas muertas, esquinas) pueden producirse claros aumentos de temperatura (por ejemplo de 10 a 20 grados K en comparación con la salida de medio refrigerante). Este efecto todavía puede aumentar en estas zonas críticas, si el paso de agua refrigerante por la placa bipolar se reduce notablemente por ejemplo a causa de fallos (obstrucción de canales de refrigeración, reducción no intencionada de la potencia de la bomba de agua refrigerante etc.). En casos extremos, por diversos mecanismos (por ejemplo, reducida humedad – formación de peróxido de hidrógeno y por ello ataque químico de la membrana, sollicitación mecánica por ciclos de humedad / sequedad) esto puede conducir al debilitamiento mecánico de la membrana o a la reducción de espesor hasta la formación de agujeros, lo que conduce al fallo de la pila y por tanto del conjunto completo de pilas de combustible.

En la actualidad, el problema habitualmente se trata de tal forma que mediante una optimización adecuada de la geometría de flujo de la placa bipolar se intenta evitar este tipo de puntos calientes.

Otra propuesta de solución se describe en el documento US8,617,760B2. Según este documento, la membrana conductora de protones se desactiva en zonas críticas por la incorporación de iones metálicos.

Por el documento US2009/0162734A1 se conoce una disposición de pila de combustible con una pila de combustible PEM, en la que el electrodo de platino presenta una menor superficie que la capa de difusión de gas, y en la que la capa de difusión de gas sobresale del electrodo de platino a través de la zona marginal completa de la unidad de membrana y electrodos, es decir, la zona completa alrededor de la periferia exterior de la unidad de membrana y electrodos. Mediante este saliente, en combinación con una junta que se extiende alrededor de la zona marginal completa de la unidad de membrana y electrodos y una capa de resina que se extiende alrededor de la zona marginal completa de la unidad de membrana y electrodos se consigue mejorar la puesta en contacto entre la capa de difusión de gas y la unidad de membrana y electrodos así como su estanqueización.

Por el documento US2010/000679A1 se conoce una pila de combustible PEM en la que la capa catalizadora presenta la misma superficie que la capa de difusión de gas y, por tanto, a través de la zona completa alrededor de la periferia exterior de la capa catalizadora, la capa de difusión de gas no sobresale de la capa catalizadora. Por otra parte, se conoce una pila de combustible PEM en la que la capa catalizadora presenta una menor superficie que la capa de difusión de gas y, por tanto, la capa de difusión de gas sobresale de la capa catalizadora a través de la zona completa alrededor de la periferia exterior de la capa catalizadora. Por el documento US2006/127738A1 se conoce una estructura de pila de combustible en la que a través de la zona marginal completa de la unidad de membrana y electrodos está dispuesto un adhesivo entre la membrana y las capas de difusión de gas. Como adhesivo pueden usarse por ejemplo acrílico o elastómeros termoplásticos. La presencia del adhesivo reduce la sollicitación de alargamiento en los bordes de la membrana que no son apoyados por electrodos. El adhesivo actúa como junta y evita de esta manera una degradación química de la membrana. Dado que las capas de difusión de gas son porosas, el adhesivo puede penetrar en los poros de las capas de difusión de gas.

La invención tiene el objetivo de definir, con una geometría predefinida de la placa bipolar y sin mayores pérdidas en la generación de la energía eléctrica, medidas en la zona de la unidad de membrana y electrodos que eviten los fallos mencionados anteriormente.

El objetivo se consigue según la invención mediante una disposición de pila de combustible con al menos una pila de combustible PEM para generar energía eléctrica a partir de los gases reactivos hidrógeno y oxígeno, la cual comprende al menos una unidad de membrana y electrodos que presenta una membrana recubierta con electrodos de platino así como, posicionadas a ambos lados de esta, respectivamente una capa de difusión de gas porosa, y la cual comprende además placas bipolares que están en contacto con las capas de difusión de gas y que durante el funcionamiento son atravesadas por un medio refrigerante, y en la cual al menos uno de los electrodos de platino presenta una menor superficie que la capa de difusión de gas, y para una parte de una zona marginal de la unidad de membrana y electrodos, la capa de difusión de gas sobresale del electrodo de platino y para otra parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos, la capa de difusión de gas no sobresale del electrodo de platino.

Además, el objetivo se consigue según la invención mediante un procedimiento para el funcionamiento de una disposición de pila de combustible, en el que para una parte de una zona marginal de la unidad de membrana y electrodos, el electrodo de platino está escotado y la capa de difusión de gas sobresale del electrodo de platino, de tal forma que se reduce el establecimiento de un potencial eléctrico en esta parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos y para otra parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos, el electrodo de platino no está escotado y la capa de difusión de gas no sobresale del electrodo de platino, de tal forma que no se impide el establecimiento de un potencial eléctrico en esta parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos.

Las ventajas y formas de realización preferibles que se indican en lo sucesivo con respecto a la pila de combustible son válidos de forma análoga para el procedimiento.

Como es obvio para el experto, las ventajas y formas de realización preferibles indicadas en lo sucesivo con respecto a la pila de combustible y el procedimiento son válidos también para una pila de combustible en la que la capa de difusión de gas está recubierta con el electrodo de platino (capa catalizadora).

La invención está basada en la idea de omitir el electrodo de platino en el punto térmicamente crítico, de tal forma que la capa de difusión de gas sobresale del electrodo de platino y, por tanto, en este punto no existe ningún potencial electroquímico o ninguna reacción electroquímica con respecto a la formación de peróxido de hidrógeno. De esta manera, se puede evitar una reacción electroquímica en el electrodo de platino, que por la formación de calor o de potencial conduce a un debilitamiento o daño de la membrana en la zona "en peligro" en cuestión. Mediante la modificación del electrodo de platino en las zonas "en peligro" (es decir, zonas que puedan volverse demasiado calientes o dañarse de otra manera) se puede realizar un funcionamiento sin fallos incluso con el diseño predefinido de las placas bipolares. En otras zonas marginales sin saliente, en cambio, se puede seguir produciendo una reacción electroquímica en el electrodo de platino, de manera que las medidas mencionadas anteriormente son posibles sin mayores pérdidas en la generación de energía eléctrica en la pila de combustible.

Según la invención, el saliente de la capa de difusión de gas del electrodo de platino está previsto en puntos sollicitados térmicamente de la placa bipolar o en la zona de una salida de medio refrigerante de la placa bipolar, ya que a causa del gradiente de temperatura entre la entrada de medio refrigerante y la salida de medio refrigerante de la placa bipolar, en la zona de la salida de medio refrigerante existe un mayor peligro de sobrecalentamiento.

Con vistas a una acción eficiente de la barrera mecánica, según una forma de realización preferible, en la zona del saliente, mediante una barrera mecánica entre la capa de difusión de gas y la membrana se bloquea el acceso de un gas reactivo a la membrana. De esta manera, el gas reactivo puede distribuirse en la capa de difusión de gas, pero en los puntos críticos no alcanza el electrodo de platino de la unidad de membrana y electrodos.

De manera ventajosa, la barrera mecánica es en este caso una lámina impermeable al gas con un reducido espesor, de manera que la lámina puede aplicarse sin perturbaciones entre la capa de difusión de gas y la unidad de membrana y electrodos. La lámina está hecha por ejemplo de teflón. Lo esencial para la selección de material en el lado del cátodo es una buena estabilidad al oxígeno.

- 5 Según otra forma de realización preferible, la barrera mecánica está contenida en los poros de la capa de difusión de gas. Esta forma de realización se caracteriza por modificaciones constructivas tan sólo en la capa de difusión de gas, todos los demás componentes de la pila de combustible permanecen sin cambios. La barrera mecánica es preferentemente un adhesivo acrílico o un fluorotermoplástico. La barrera mecánica está hecha de un relleno polimérico, por ejemplo de un fluorotermoplástico, incorporado mediante un tratamiento térmico correspondiente. En el lado del cátodo es precisa una estabilidad al oxígeno correspondiente.

Un ejemplo de realización de la invención se describe en detalle con la ayuda de un dibujo. Muestran:

- la figura 1 una primera vista en planta desde arriba de una unidad de membrana y electrodos y de una capa de difusión de gas situada sobre esta, estando designada una primera zona crítica a modo de ejemplo,
- 15 la figura 2 una primera vista en planta desde arriba de una unidad de membrana y electrodos y de una capa de difusión de gas situada sobre esta, estando designada una segunda zona crítica a modo de ejemplo,
- la figura 3 en sección transversal, una primera forma de realización de una pila de combustible, y
- la figura 4 en sección transversal, una segunda forma de realización de una pila de combustible, y
- la figura 5 en sección transversal, una tercera forma de realización de una pila de combustible.

Los mismos signos de referencia tienen el mismo significado en las diferentes figuras.

- 20 En las figuras 1 y 2 se puede ver respectivamente una unidad de membrana y electrodos 2 que es parte de una disposición de pila de combustible 3 no representada en detalle, que en el ejemplo de realización representado se compone de una sola pila de combustible PEM. La pila de combustible PEM 3 está representada en sección transversal en las figuras 3 a 5.

- 25 La unidad de membrana y electrodos 2 comprende una membrana 4 conductora de protones que está recubierta bilateralmente con una capa catalizadora de platino, que no se puede ver, que forma un electrodo de platino 5 (véanse las figuras 3 a 5). Sobre la membrana 4 está colocada bilateralmente respectivamente una capa de difusión de gas 6 que contacta el electrodo de platino 5. Alternativamente, la capa catalizadora de platino que forma un electrodo de platino 5 también puede estar aplicada sobre la capa de difusión de gas 6 en el lado orientado hacia la membrana 4.

- 30 La pila de combustible 3 comprende además de forma adyacente a la capa de difusión de gas 6 una placa bipolar 7 que se puede ver en las figuras 3 a 5 (en realidad, generalmente existe al menos en parte un espacio entre la placa bipolar 7 y la capa de difusión de gas 6) que durante el funcionamiento es atravesada por un medio refrigerante, especialmente agua refrigerante. De esta manera, se evacúa el calor originado en la unidad de membrana y electrodos 2.

- 35 En las figuras 1 y 2, por el signo de referencia 8 están designados dos puntos críticos a modo de ejemplo, dispuestos de distintas maneras, en los que pueden producirse con una mayor probabilidad una perturbación de la función de la membrana 6 o una destrucción local de la membrana 6. Por ejemplo, un punto crítico 8 de este tipo se encuentra en la salida de medio refrigerante de la placa bipolar 7, como se muestra en la figura 1. Los puntos críticos 8 se encuentran siempre en la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos 2 o de la capa de difusión de gas 6.

Por zona marginal se entiende la zona alrededor de la periferia exterior de la unidad de membrana y electrodos 2.

- 45 En la figura 3 está representada una primera disposición de la pila de combustible 3, en la que en un punto crítico 8 en la zona marginal están escotados los electrodos de platino 5, de manera que para esta parte de la zona marginal, la capa de difusión de gas 6 sobresale del electrodo de platino 5. Por ello, los electrodos de platino 5 presentan una menor superficie que la capa de difusión de gas 6. De esta manera se impide que en el punto crítico 8 se forme un potencial electroquímico.

En la figura 4 igualmente está escotado el electrodo de platino 5, con la diferencia con respecto a la figura 3, de que está prevista una barrera mecánica 10 en forma de lámina, a modo de una lámina entre la membrana 4 y la capa de

difusión de gas 6. Por lo tanto, en el punto crítico 8, el electrodo de platino 5 se sustituye por la lámina 10.

En la figura 5 está representada una tercera forma de realización alternativa de la pila de combustible 3, en la que la capa de difusión de gas 6 porosa está rellena con la barrera mecánica 10, en concreto, sólo en la zona del punto crítico 8 en la que está omitido el electrodo de platino 5. La barrera mecánica 10 es aquí una masa, por ejemplo, de una sustancia de relleno polimérica termoplástica fluorada, un adhesivo acrílico.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Disposición de pila de combustible (3) con al menos una pila de combustible PEM para generar energía eléctrica a partir de los gases reactivos hidrógeno y oxígeno, la cual comprende al menos una unidad de membrana y electrodos (2) que presenta una membrana (4) recubierta con electrodos de platino (5) así como, posicionadas a ambos lados de esta, respectivamente una capa de difusión de gas (6) porosa, y la cual comprende además placas bipolares (7) que están en contacto con las capas de difusión de gas (6) y que durante el funcionamiento son atravesadas por un medio refrigerante, presentando al menos uno de los electrodos de platino (5) una menor superficie que la capa de difusión de gas (6), **caracterizada por que** para una parte de una zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), la capa de difusión de gas (6) sobresale del electrodo de platino (5) y, para otra parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), la capa de difusión de gas (6) no sobresale del electrodo de platino (5), siendo la zona marginal la zona alrededor de la periferia exterior de la unidad de membrana y electrodos (2) y estando previsto el saliente de la capa de difusión de gas (6) con respecto al electrodo de platino (5) en la zona de una salida de medio refrigerante de la placa bipolar (7) o en puntos solicitados térmicamente de la placa bipolar (7).
- 15 **2.** Disposición de pila de combustible (3) con al menos una pila de combustible PEM para generar energía eléctrica a partir de los gases reactivos hidrógeno y oxígeno, la cual comprende al menos una unidad de membrana y electrodos (2) que presenta una membrana así como, posicionadas a ambos lados de esta, respectivamente una capa de difusión de gas (6) porosa, que está recubierta de un electrodo de platino (5), y la cual comprende además placas bipolares (7) que están en contacto con las capas de difusión de gas (6) y que durante el funcionamiento son atravesadas por un medio refrigerante, presentando al menos uno de los electrodos de platino (5) una menor superficie que la capa de difusión de gas (6), **caracterizada por que** para una parte de una zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), la capa de difusión de gas (6) sobresale del electrodo de platino (5) y, para otra parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), la capa de difusión de gas (6) no sobresale del electrodo de platino (5), siendo la zona marginal la zona alrededor de la periferia exterior de la unidad de membrana y electrodos (2) y estando previsto el saliente de la capa de difusión de gas (6) con respecto al electrodo de platino (5) en la zona de una salida de medio refrigerante de la placa bipolar (7) o en puntos solicitados térmicamente de la placa bipolar (7).
- 20 **3.** Pila de combustible (3) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que**, en la zona del saliente, por una barrera mecánica (10) entre la capa de difusión de gas (6) y la membrana (4) está bloqueado el acceso de al menos uno de los gases reactivos a la membrana (4).
- 25 **4.** Pila de combustible (3) según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la barrera mecánica (10) es una lámina impermeable al gas.
- 30 **5.** Pila de combustible (3) según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la barrera mecánica (10) está contenida en los poros de la capa de difusión de gas (6).
- 35 **6.** Pila de combustible (3) según la reivindicación 5, **caracterizada por que** la barrera mecánica (10) es un adhesivo acrílico o un fluorotermoplástico.
- 40 **7.** Procedimiento para el funcionamiento de una disposición de pila de combustible (3) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** para una parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), el electrodo de platino (5) está escotado y la capa de difusión de gas (6) sobresale del electrodo de platino (5), de tal forma que se reduce el establecimiento de un potencial eléctrico en esta parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2) y, para otra parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), el electrodo de platino (5) no está escotado y la capa de difusión de gas (6) no sobresale del electrodo de platino (5), de tal forma que no se impide el establecimiento de un potencial electroquímico en esta parte de la zona marginal de la unidad de membrana y electrodos (2), estando previsto el saliente de la capa de difusión de gas (6) con respecto al electrodo de platino (5) en la zona de una salida de medio refrigerante de la placa bipolar (7) o en puntos solicitados térmicamente de la placa bipolar (7).
- 45

FIG 1

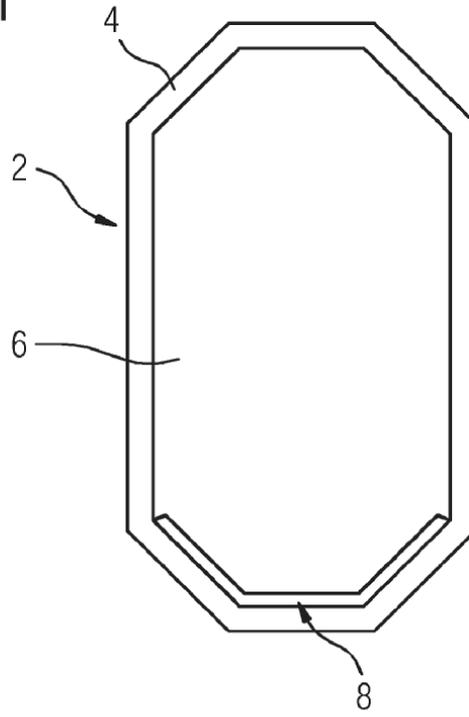


FIG 2

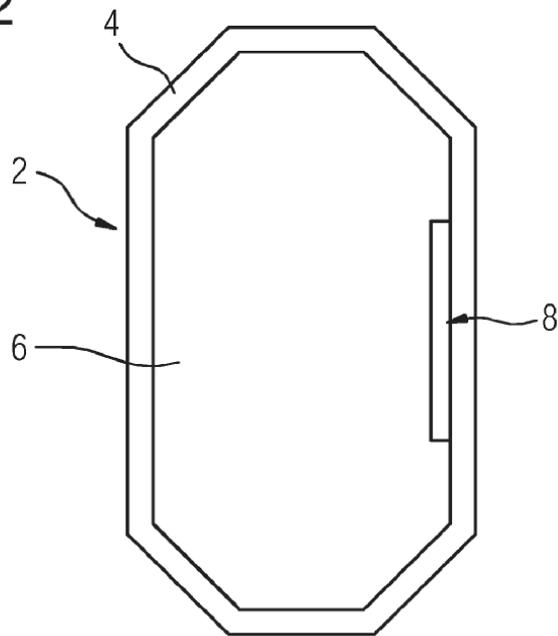


FIG 3

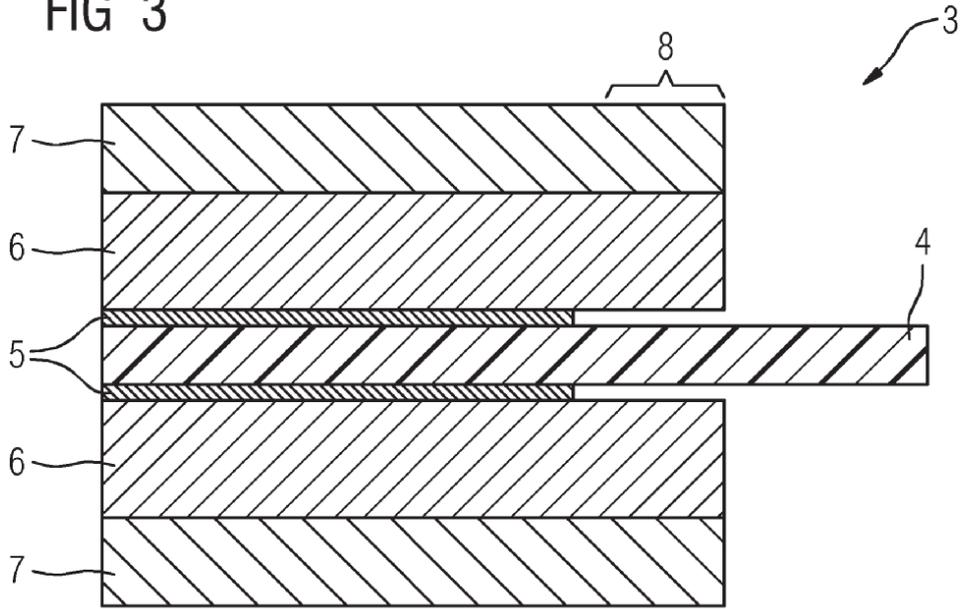


FIG 4

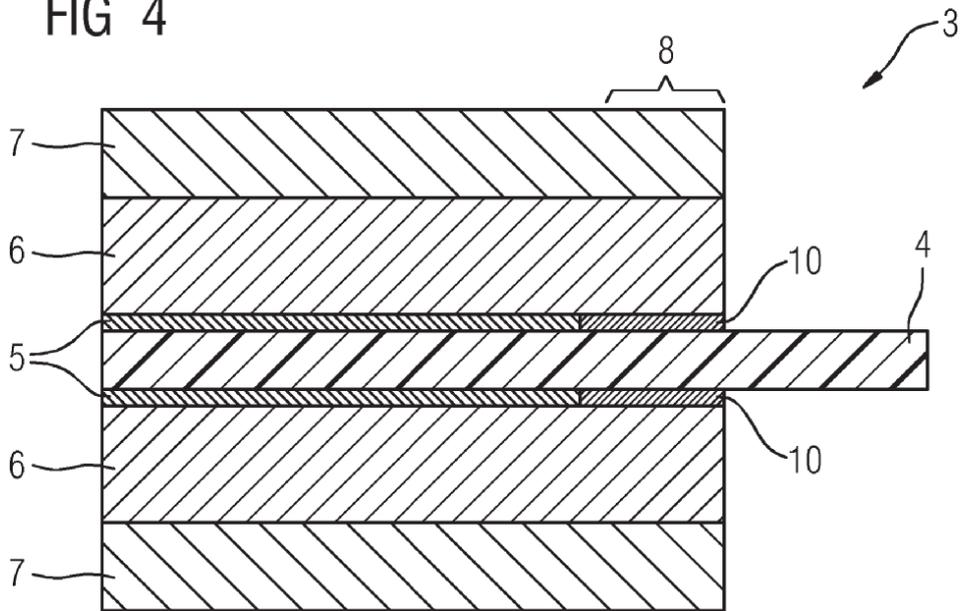


FIG 5

