

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 129**

51 Int. Cl.:

**C25B 11/03** (2006.01)

**C25B 9/10** (2006.01)

**C25B 9/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2014 E 14172465 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2957659**

54 Título: **Capa de difusión gaseosa, celda electrolítica tipo PEM con una tal capa de difusión gaseosa, así como electrolizador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.10.2019**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Strasse 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:  
**HAHN, ALEXANDER;  
SPIES, ALEXANDER y  
STRAUB, JOCHEN**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 727 129 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**

Capa de difusión gaseosa, celda electrolítica tipo PEM con una tal capa de difusión gaseosa, así como electrolizador

La invención se refiere a una capa de difusión gaseosa para una celda electrolítica tipo PEM. La invención se refiere además a una celda electrolítica tipo PEM con una tal capa de difusión gaseosa, así como a un electrolizador.

5 Las celdas electroquímicas se conocen en general y se subdividen en celdas galvánicas y celdas electroquímicas. Una celda electrolítica es un dispositivo en el que una corriente eléctrica fuerza una reacción química, convirtiéndose al menos una parte de la energía eléctrica en energía química. Una celda galvánica es un dispositivo complementario (respecto a la celda electrolítica) para la conversión espontánea de energía química en eléctrica. Un dispositivo conocido de una tal celda galvánica es, por ejemplo, una celda de combustible.

10 Se conoce suficientemente la disociación de agua por la corriente eléctrica para la producción de hidrógeno y oxígeno gaseosos mediante una celda electrolítica. A este respecto, se diferencia principalmente entre dos sistemas técnicos, la electrólisis alcalina y la electrólisis tipo PEM (del inglés "Proton Exchange Membrane", membrana de intercambio de protones).

15 La parte esencial de una instalación técnica de electrólisis es la celda electrolítica, que comprende dos electrodos y un electrolito. En una celda electrolítica tipo PEM, el electrolito consta de una membrana conductora de protones, sobre cuyos dos lados se encuentran los electrodos. Una unidad de membrana y electrodos se denomina MEA (del inglés "Membrane Electrode Assembly", unidad de membrana y electrodos). En el estado ensamblado de una pila de electrólisis de varias celdas electrolíticas, los electrodos establecen contacto por denominadas placas bipolares a través de una capa de difusión gaseosa, separando entre sí las placas bipolares las celdas electrolíticas individuales de la pila. A este respecto, el lado O<sub>2</sub> de la celda electrolítica corresponde al polo positivo y el lado H<sub>2</sub> al lado negativo, separados por la unidad de membrana y electrodos que se encuentra en medio.

20 La celda electrolítica tipo PEM se alimenta en el lado O<sub>2</sub> con agua completamente desalinizada, que se descompone en el ánodo en oxígeno gaseoso y protones (H<sup>+</sup>). Los protones migran a través de la membrana de electrolito y se recombinan en el cátodo (lado H<sub>2</sub>) para formar hidrógeno gaseoso. Además del contacto de electrodos, la capa de difusión gaseosa adyacente a los electrodos garantiza la distribución óptima del agua (y, con ello, la humectación de la membrana), así como la evacuación de los gases de producto. Por eso, como capa de difusión gaseosa se necesita un elemento poroso eléctricamente conductor con buen contacto duradero del electrodo. Como requisito adicional, deberían compensarse tolerancias dimensionales que se producen, dado el caso, en el electrolizador con el fin de posibilitar un contacto uniforme de la MEA en cualquier caso de tolerancia.

30 Por regla general, hasta el momento se han utilizado discos de metal sinterizados como capa de difusión gaseosa. Aunque estos cumplen los requisitos de conductividad eléctrica y porosidad, no es posible una compensación de tolerancia adicional de los componentes de la celda electrolítica en ambos lados de la capa de difusión gaseosa. Además, los costes de fabricación de tales discos son comparativamente altos y está presente una restricción de tamaño con respecto al tamaño debido a las fuerzas de compresión necesarias durante la fabricación de tales discos. Aparte de eso, en el caso de componentes grandes, surgen problemas de estiraje que solo pueden controlarse con dificultad.

La utilización de electrodos de difusión gaseosa con elementos de resorte para producir un contacto eléctrico en el caso de electrolizadores alcalinos está descrita, por ejemplo, en los documentos WO 2007/080193 A2 y EP 2436804 A1.

40 Por el documento EP 1378589 B1 se deduce una chapa para láminas de contacto, en el cual los elementos de resorte individuales están doblados alternativamente hacia arriba y hacia abajo. La chapa para láminas de contacto únicamente se instala en el lado del cátodo en un electrolizador de intercambio de iones, de manera que la chapa para láminas de contacto establece contacto directamente con los cátodos.

45 El documento US 2003/188966 A1 describe otro componente de resorte para una celda electrolítica, que está dispuesta entre una pared de separación y un cátodo. El componente de resorte comprende una pluralidad de elementos de resorte de hoja, que quedan ajustados contra el cátodo para la adaptación uniforme.

Otros electrodos de difusión gaseosa contruidos de manera distinta están descritos en los documentos WO 2002035620 A2, DE 10027339 A1 y DE 102004023161 A1.

50 La invención se basa en el objetivo de compensar tolerancias de componente que se producen eventualmente en una celda electrolítica, en particular en el área de las placas bipolares.

De acuerdo con la invención, el objetivo se resuelve por una capa de difusión gaseosa para colocar entre una placa bipolar y un electrodo de una celda electrolítica tipo PEM, que comprende al menos dos estratos estratificados uno sobre otro, estando configurado un estrato exterior como un componente de resorte que presenta una curva característica del resorte progresiva.

- 5 De acuerdo con la invención, el objetivo se resuelve además por una celda electrolítica tipo PEM con una tal capa de difusión gaseosa.

De acuerdo con la invención, el objetivo se resuelve además por un electrolizador con una tal celda electrolítica tipo PEM.

- 10 Las ventajas y configuraciones preferentes enumeradas a continuación con respecto a la capa de difusión gaseosa se pueden transmitir, conforme al sentido, a la celda electrolítica tipo PEM y al electrolizador.

La invención se basa en el conocimiento de que a través de un comportamiento de resorte progresivo se garantiza que la presión de contacto es suficiente en todas las posiciones de tolerancia del componente adyacente. A este respecto, la implementación de un comportamiento de resorte progresivo en una capa de difusión gaseosa se realiza por la geometría del componente de resorte.

- 15 Por componente de resorte se entiende una capa o estrato de la capa de difusión gaseosa que presenta un comportamiento con reposicionamiento elástico, es decir, cede bajo carga y regresa al aspecto original tras la descarga.

- 20 Una curva característica del resorte muestra el trazado fuerza-recorrido de un resorte, es decir, la curva característica del resorte hace una declaración en forma de un diagrama sobre cómo de eficiente es la relación fuerza-recorrido de un resorte. Una curva característica del resorte progresiva presenta la propiedad de que, con etapas de carga uniformes, muestra etapas cada vez más pequeñas en el recorrido del resorte. En el caso de la curva característica progresiva, el empleo de fuerza utilizado se aumenta en relación con la trayectoria recorrida. Como alternativas a esto, está la curva característica de resorte lineal y la degresiva.

- 25 En este sentido, por "estrato exterior" se entiende que, en el caso de más de dos estratos, un estrato exterior, que limita en particular directamente contra la placa bipolar, está configurado como un componente de resorte con una curva característica de resorte progresiva.

- 30 La utilización de un componente de resorte con una curva característica de resorte progresiva como capa de difusión gaseosa presenta las ventajas esenciales de que, en el área de la fuerza de presión normal (aproximadamente 5-25 bar), se consiguen grandes deformaciones del componente de resorte, de manera que se compensan grandes tolerancias del componente; en caso de sobrecarga, el recorrido del resorte es a su vez menor, de manera que el componente de resorte resiste grandes presiones. Por lo tanto, en el caso de una carga considerablemente por encima de la presión de contacto operativa, se evita una deformación plástica demasiado grande por parte del componente de resorte.

- 35 Por una parte, la suspensión elástica sirve para producir el contacto eléctrico entre la MEA y la placa bipolar, que ya está garantizado en el caso de una baja presión de contacto. Por otra parte, por la presión de contacto se asegura un contacto superficial y uniforme respecto a la MEA. Según la característica constructiva, por el componente de resorte se realiza una distribución previa del agua que afluye. Además, a través del componente de resorte se da el flujo de corriente eléctrica.

- 40 Preferentemente, los al menos dos estratos estratificados uno sobre otro se diferencian uno de otro con respecto a su estructura y/o composición. Esto está causado en particular por la funcionalidad de los estratos. En el caso de una estructura de dos estratos de la capa de difusión gaseosa, el uno estrato se encuentra sobre la placa bipolar y el otro se encuentra sobre un electrodo. Correspondientemente, las propiedades y, por lo tanto, la construcción o composición de los dos estratos son diferentes. Lo mismo se aplica si entre los dos estratos exteriores hay uno o varios estratos intermedios. En este sentido, la finalidad es que cualquiera de estos estratos asuma una de las funciones de la capa de difusión gaseosa.

- 50 Ventajosamente, la capa de difusión gaseosa comprende tres estratos: un componente de contacto, un componente de difusión y el componente de resorte. El componente de contacto interior sirve para el contacto uniforme de la capa de difusión gaseosa contra el electrodo. Por eso, se recomienda la utilización de materiales finos tales como, por ejemplo, material no tejido o chapa muy finamente perforada. El componente de difusión central sirve para la evacuación del gas que se produce, pasando también todo el flujo de corriente eléctrica por este componente. El componente de resorte exterior garantiza, como ya se ha explicado, en primer lugar una presión de contacto lo más estable posible independientemente de la posición de tolerancia de los componentes adyacentes.

En cuanto a una flexibilidad especialmente alta del componente de resorte, que cumple los requisitos en el caso de la utilización respecto a la compensación de tolerancia, el componente de resorte está diseñado de tal manera que curva característica de resorte puede subdividirse en al menos dos, en particular tres, áreas con distinto trazado. A este respecto, el componente de resorte está caracterizado por una deformación elástica máxima en el área de la mayor presión de contacto. En este sentido, por deformación elástica máxima se entiende el límite entre un comportamiento elástico y puramente plástico del componente de resorte. En este sentido, un comportamiento parcialmente elástico y parcialmente plástico del componente de resorte se incluye asimismo en la deformación elástica máxima. En particular, el recorrido de deformación elástica máxima del componente de resorte se consigue con una presión de contacto de aproximadamente 50 bar. Por encima de aproximadamente 50 bar, el resorte se comporta de manera puramente plástica, es decir, la deformación con esta carga y superior es irreversible.

En cuanto a una compensación rápida de las tolerancias de componente, el componente de resorte está diseñado preferentemente de tal manera que, con una presión de contacto de hasta 5 bar, está presente una deformación del componente de resorte que asciende hasta el 60 %, en particular hasta el 80 %, con respecto a la deformación elástica máxima.

Además, el componente de resorte está diseñado preferentemente de tal manera de tal manera que, con una presión de contacto de entre 5 bar y 25 bar, está presente una deformación del componente de resorte (12a, 12b, 12c) que asciende en particular entre el 60 % y el 90 %, con respecto a una deformación elástica máxima.

De manera más oportuna, el componente de resorte está formado a partir de un material eléctricamente conductor, en particular de acero inoxidable, titanio, niobio, tantalio y/o níquel. Una tal composición del componente de resorte posibilita en particular su utilización como distribuidor de corriente.

Según un primer diseño preferente, el componente de resorte está configurado a modo de chapa perfilada. Una tal configuración se caracteriza por una producción comparativamente sencilla.

Según una configuración preferente alternativa, el componente de resorte está configurado a modo de un trenzado. En este sentido, por el tipo y la densidad del trenzado, pueden variarse fácilmente las propiedades del resorte.

Preferentemente, el componente de resorte comprende una o varias espirales. A este respecto, las propiedades del resorte se definen por el diseño y la disposición de las espirales.

Los ejemplos de realización de la invención se pueden explicar mediante un dibujo. En el presente documento, muestran:

- FIG. 1 la estructura básica de una celda electrolítica tipo PEM,
- FIG. 2 curvas características del resorte progresivas,
- FIG. 3 una vista lateral de una primera forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa,
- FIG. 4 una vista en planta de la primera forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa,
- FIG. 5 una vista lateral de una segunda forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa,
- FIG. 6 una vista en planta de la segunda forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa,
- FIG. 7 una espiral, que es parte de la segunda forma de realización de acuerdo con la FIG. 5 y la FIG. 6,
- FIG. 8 una vista lateral de una tercera forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa, y
- FIG. 9 una representación en perspectiva de la terca forma de realización de un componente de resorte de una capa de difusión gaseosa.

Las mismas referencias tienen el mismo significado en las distintas figuras.

En la FIG. 1 está mostrada esquemáticamente la estructura de una celda electrolítica tipo PEM 2. La celda

electrolítica tipo PEM 2 es parte de un electrolizador, no mostrado con más detalle en este caso, para la disociación de agua por corriente eléctrica para la producción de hidrógeno y oxígeno.

5 La celda electrolítica tipo PEM 2 comprende un electrolito de una membrana conductora de protones 4 ("Proton Exchange Membrane", PEM), sobre cuyos dos lados se encuentran los electrodos 6a, 6b. La unidad de membrana y electrodos se denomina unidad de membrana y electrodos (MEA). En este sentido, 6a designa un cátodo, y 6b designa un ánodo. Sobre los electrodos 6a, 6b descansa respectivamente una capa de difusión gaseosa 8. Las capas de difusión gaseosas 8 establecen contacto por denominadas placas bipolares 10, las cuales, en el estado ensamblado de una pila de electrólisis de varias celdas electrolíticas 2 individuales, las separan unas de otras.

10 La celda electrolítica tipo PEM 2 se alimenta con agua, que se descompone en el ánodo 6b en oxígeno gaseoso  $O_2$  y protones  $H^+$ . Los protones  $H^+$  migran a través de la membrana de electrolito 4 en la dirección del cátodo 6a. En el lado del cátodo, se recombinan para formar hidrógeno gaseoso  $H_2$ .

15 A través de la capa de difusión gaseosa 8, se aseguran una óptima distribución del agua así como la evacuación de los gases de producto. La capa de difusión gaseosa 8 sirve además como distribuidor de corriente. Por estas razones, la capa de difusión gaseosa 8 está configurada a partir de un material poroso eléctricamente conductor. Además, en el ejemplo de realización mostrado, a través de la capa de difusión gaseosa 8 se compensan tolerancias del componente, en particular aquellas de las placas bipolares 10 adyacentes. Por eso, la capa de difusión gaseosa 8 contiene estratos estratificados uno sobre otro, estando configurado un estrato exterior como un componente de resorte 12a, 12b, 12c (véanse FIG. 3 a FIG. 9), que presenta una curva característica del resorte progresiva. La capa de difusión gaseosa 8 comprende en particular un componente de contacto mostrado, un componente de difusión y el componente de resorte, que se diferencian uno de otro con respecto a su estructura y/o composición.

20 En la FIG. 2 están representadas dos curvas características del resorte progresivas K1 y K2 ejemplares. En el eje X, el recorrido del resorte está caracterizado con S, y el eje Y, la fuerza de resorte está caracterizada con F. Como es evidente por la FIG. 2, las curvas características del resorte están subdivididas en tres áreas. Una deformación elástica máxima  $V_{m\acute{a}x}$ , la cual, en el ejemplo de realización mostrado, se encuentra en aproximadamente 50 bar, representa el punto de transición entre el trazado elástico y el plástico de la curva característica del resorte o entre el comportamiento elástico y el plástico del resorte. A este respecto, a la derecha de la deformación elástica máxima  $V_{m\acute{a}x}$  ( $\hat{=}$  100 %), se realiza una deformación puramente plástica del resorte.

30 En una primera área I, el componente de resorte se deforma relativamente mucho con una presión de contacto relativamente pequeña de hasta 5 bar; en particular, una deformación de la curva característica del resorte K1 se encuentra entre el 20 % y el 30 % y la curva característica del resorte K2 se encuentra incluso hasta por encima del 60 %.

En una segunda área II, con una presión de contacto de entre 5 bar y 25 bar, la deformación del componente de resorte se encuentra entre aproximadamente el 60 % y aproximadamente el 90 %, con respecto a la deformación elástica máxima  $V_{m\acute{a}x}$ .

35 Además, el componente de resorte está diseñado de tal manera que, con una presión de contacto de por encima de 25 bar, solo tenga lugar una deformación aún escasa, de manera que la parte del recorrido del resorte normalizado S esté cubierto entre el 60 % y el 100 % para K1 y entre aproximadamente el 85 % y el 100 % para K2.

40 En la FIG. 3 y la FIG. 4 está mostrado un primer ejemplo de realización de una capa de difusión gaseosa 8 con un componente de resorte 12a. Comprende una chapa 14 con triángulos 16 doblados recortados en la superficie, que otorgan a la chapa 14 su comportamiento elástico. El comportamiento del resorte de un componente de resorte 12a de este tipo es progresivo, pero tiene que limitarse mecánicamente para evitar una deformación plástica demasiado alta de la chapa 14. En este caso, esto ocurre por distanciadores 18, que están estampados entre los triángulos 16. Como es evidente por la FIG. 3, la capa de difusión gaseosa 8 comprende además un componente de contacto 19 formado a partir de un material no tejido, el cual, en el estado ensamblado, descansa sobre un electrodo 6a, 6b.

45 Por la FIG. 5 y la FIG. 6 se deduce una segunda forma de realización de una capa de difusión gaseosa 8 con otro componente de resorte 12b. En este sentido, el componente de resorte 12b comprende un trenzado de espiral. El trenzado de espiral comprende barras transversales 20 dispuestas una detrás de otra, alrededor de las cuales están enrolladas varias espirales 22. En la FIG. 7 está representada además una espiral 22 individual, que forma la base para el efecto de resorte del trenzado. El trenzado de espiral 12b se produce cuando espirales 22 con la misma geometría, pero distinta dirección de enrollamiento, se empujan alternativamente entre sí y se unen a través de las barras transversales 20. Las barras transversales 20 están elaboradas, por ejemplo, de plástico. Las espirales 22 son de un material eléctricamente conductor tales como, por ejemplo, acero inoxidable, titanio, niobio, tantalio o níquel.

Por la FIG. 5 es evidente además un estrato de cubierta 24, que asume la función de un componente de contacto 19 de la capa de difusión gaseosa 8. En este sentido, el estrato de cubierta 24 está formado a partir de una estratificación de metal desplegado o de otros materiales porosos y mecánicamente estables. También son concebibles, por ejemplo, un material no tejido de una tela de alambre, espuma metálica o un disco de metal sinterizado.

5

En la FIG. 8 y la FIG. 9 está representada una tercera forma de realización de la capa de difusión gaseosa 8 con un tercer componente de resorte 12c. En este sentido, el componente de resorte 12c está estampado a modo de una chapa ondulada con ondulación alternativamente en sentido contrario. Esta forma presenta la ventaja esencial de que simultáneamente tiene lugar una guía de la corriente en la dirección S indicada. En este sentido, la suspensión elástica se realiza en tres pasos progresivamente crecientes desde un resorte muy suave hasta un comportamiento similar a un tope (véase la FIG. 2). Con las referencias 26 en la FIG. 8 y la FIG. 9 están caracterizados lugares que están soldados por puntos fijos a un metal desplegado. A este respecto, la superficie rayada 28 en la FIG. 9 representa un estrato de cubierta 24 o componente de contacto 19, que está orientado hacia uno de los electrodos 6a, 6b.

10

15

Todos los componentes de resorte 12a, 12b, 12c descritos anteriormente o las capas de difusión gaseosas 8 presentan las propiedades que compensan tolerancias de componente en el electrolizador, con el fin de posibilitar un contacto uniforme de la unidad de membrana y electrodos en cualquier caso de tolerancia. A causa de la curva característica de resorte progresiva de los componentes de resorte 12a, 12b, 12c, en caso de sobrecarga se evita una deformación demasiado alta de un lado de la capa de difusión gaseosa 8. En todas las realizaciones, es concebible además colocar entre el componente de resorte 12a, 12b, 12c y el componente de contacto 19, 24, 28 un componente de difusión poroso, no mostrado con más detalle en este caso.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Capa de difusión gaseosa (8) para colocar entre una placa bipolar (10) y un electrodo (6a, 6b) de una celda electrolítica tipo PEM (2), que comprende al menos dos estratos estratificados uno sobre otro, estando configurado un estrato exterior como un componente de resorte (12a, 12b, 12c) que presenta una curva característica del resorte progresiva.
2. Capa de difusión gaseosa (8) según la reivindicación 1, diferenciándose los al menos dos estratos estratificados uno sobre otro uno de otro con respecto a su estructura y/o composición.
- 10 3. Capa de difusión gaseosa (8) según la reivindicación 1 o 2, que comprende tres estratos: un componente de contacto (19, 24, 28), un componente de difusión y el componente de resorte (12a, 12b, 12c).
4. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando diseñado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) de tal manera que la curva característica del resorte puede subdividirse en al menos dos, en particular tres, áreas (I, II, III) con distinto trazado.
- 15 5. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando diseñado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) de tal manera que, con una presión de contacto de hasta 5 bar, está presente una deformación del componente de resorte (12a, 12b, 12c) que asciende hasta el 60 %, en particular hasta el 80 %, con respecto a una deformación elástica máxima.
- 20 6. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando diseñado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) de tal manera que, con una presión de contacto de entre 5 bar y 25 bar, está presente una deformación del componente de resorte (12a, 12b, 12c) que asciende en particular entre el 60 % y el 90 %, con respecto a una deformación elástica máxima.
- 25 7. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando formado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) de un material eléctricamente conductor, en particular de acero inoxidable, titanio, niobio, tantalio y/o níquel.
8. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando configurado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) a modo de una chapa perfilada (12a, 12c).
9. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, estando configurado el componente de resorte (12a, 12b, 12c) a modo de un trenzado (21b).
- 30 10. Capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el componente de resorte (12a, 12b, 12c) una o varias espirales (22).
11. Celda electrolítica tipo PEM (2) con una capa de difusión gaseosa (8) según una de las reivindicaciones anteriores.
12. Electrolizador con una celda electrolítica tipo PEM (2) según la reivindicación 11.
- 35

FIG 1

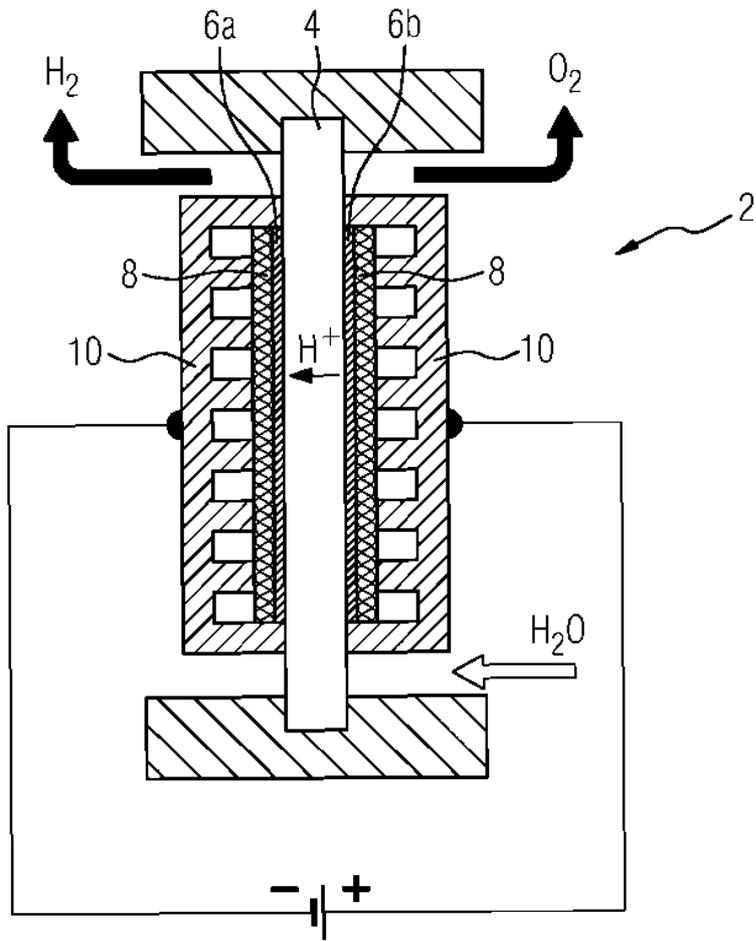


FIG 2

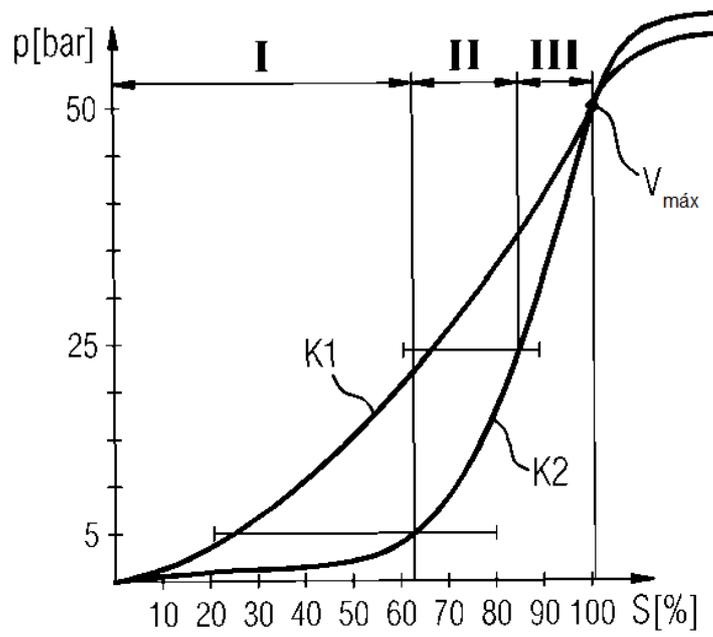


FIG 3

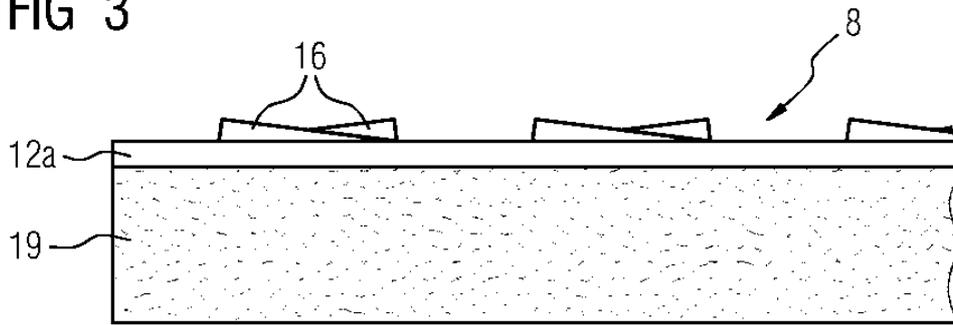


FIG 4

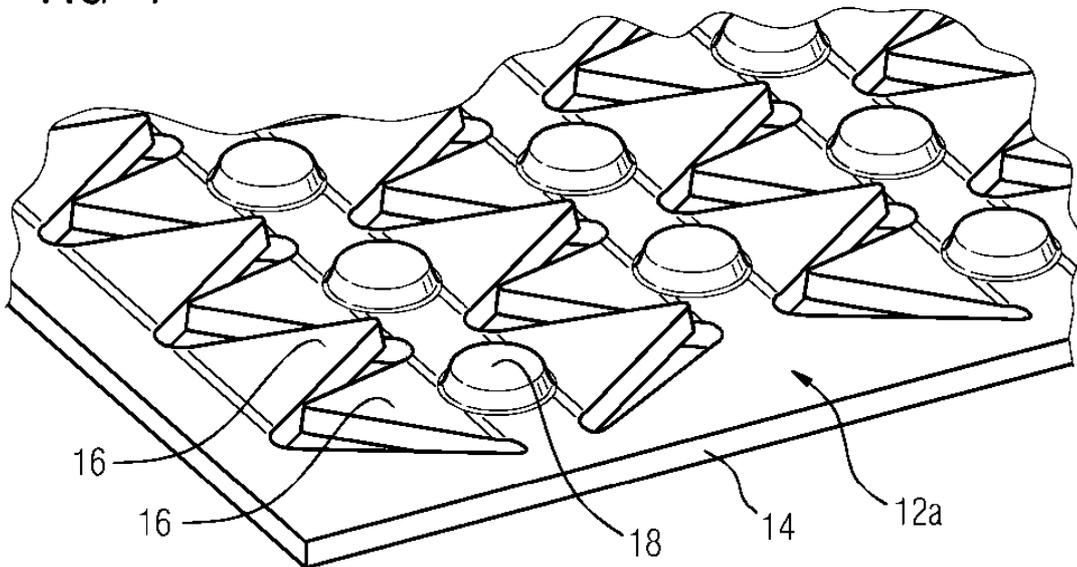


FIG 5

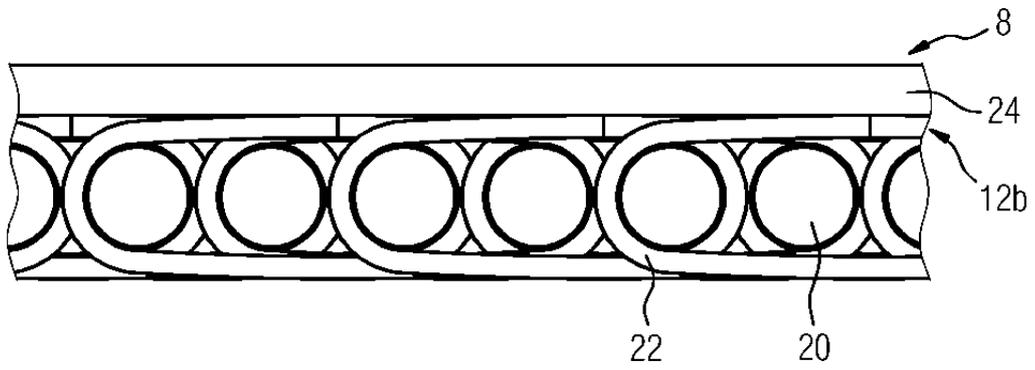


FIG 6

