

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 652**

51 Int. Cl.:

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2008** **E 08717205 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015** **EP 2130257**

54 Título: **Unidad de celdas de combustible**

30 Prioridad:

02.03.2007 EP 07004360

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

02.07.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

MATTEJAT, ARNO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 539 652 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

Unidad de celdas de combustible

- 5 La invención se refiere a una unidad de celdas de combustible con varias celdas de combustible, un canal longitudinal que pasa por las celdas de combustible para suministrar gas de funcionamiento a la celda de combustible y unos pasos de unión, que unen el canal longitudinal a las celdas de combustible y, en función de su posición longitudinal en el canal longitudinal, están ejecutados con diferentes resistencias al flujo, en donde las celdas de combustible están ensambladas formando un bloque, el canal longitudinal es un canal axial y los pasos de unión comprenden en cada caso el mismo número de canales radiales conectados en paralelo y están formados por la estampación de una chapa de una placa bipolar, y el ajuste de las resistencias al flujo se establece mediante un número diferente de canales radiales abiertos, en donde los pasos de unión presentan en cada caso el mismo número de canales radiales conectados en paralelo y están formados por la estampación de una chapa de una placa bipolar, en donde la abertura de los canales radiales está ejecutada en cada caso mediante un orificio en la chapa y el número de canales radiales abiertos se determina mediante el número de orificios.
- 10 En una celda de combustible se generan, mediante la reunión de hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂) en una reacción electroquímica, energía eléctrica y calor. Para esto se alimenta a la celda de combustible como gas de funcionamiento hidrógeno y oxígeno, ya sea de forma pura o como gas de funcionamiento con un porcentaje de hidrógeno o de oxígeno. Mediante la unión de hidrógeno y oxígeno sobre un electrolito de la celda de combustible se obtiene agua de producto que, junto con agua de humectación condensada, debe ser extraída de la celda de combustible.
- 15 Para que una celda de combustible pueda funcionar sin averías y de forma eficiente, es necesario alimentar a la celda de combustible en cantidad suficiente gas de funcionamiento, para poder evacuar impecablemente el agua producida. Esto se realiza mediante la descarga por soplado del agua desde la celda de combustible, por lo que se alimenta a la misma más gas de funcionamiento de lo que necesita para la reacción electroquímica, para que se disponga de gas de funcionamiento sobrante para la descarga por soplado.
- 20 Mediante la reacción electroquímica se produce en una celda de combustible una tensión eléctrica inferior a 1 voltio. Para conseguir una tensión elevada, en el caso de un flujo de corriente no excesivamente elevado a través de las celdas de combustible, se conectan eléctricamente en serie varias celdas de combustible, por ejemplo 5, 10 o incluso más celdas de combustible y se alimentan en paralelo con los gases de funcionamiento. Se conoce una disposición de celdas de combustible de este tipo por ejemplo del documento EP 0 591 800 B1.
- 25 Para alimentar las celdas de combustibles con gas de funcionamiento, una unidad de celdas de combustible está dotada de un canal longitudinal, que está unido a las celdas de combustible aisladas a través de unos pasos de unión. Mediante otro canal longitudinal, unido también con unos pasos de unión a las celdas de combustible, puede evacuarse desde las celdas de combustible el gas de funcionamiento no consumido y el agua.
- 30 Se conocen unidades de celdas de combustible con pasos de unión de diferentes resistencias al flujo a partir de los documentos JP 62237678 A, DE 199 05 564 A1 y US 2005/0238943 A1. A partir del documento JP 2005056671 A se conoce además configurar las resistencias al flujo de forma ajustable. A partir del documento US 6,218,038 B1 se conoce el ajuste de resistencias al flujo mediante válvulas en los pasos de unión y a partir de los documentos US 6,955,862 B2 y US 2006/0263644 A1 el ajuste mediante la apertura de una cantidad variable de canales radiales por cada paso de unión.
- 35 La tarea de la presente invención consiste en indicar una unidad de celdas de combustible, con la que pueda conseguirse un comportamiento eléctrico de las celdas de combustible lo más igual posible.
- 40 Esta tarea es resuelta mediante una unidad de celdas de combustible de la clase citada al comienzo, en la que conforme a la invención las resistencias al flujo están ajustadas de tal manera que, en funcionamiento, las diferencias de presión estáticas en las celdas de combustible unidas al canal longitudinal son al menos fundamentalmente iguales y las resistencias al flujo a lo largo del canal longitudinal en la dirección de flujo primero disminuyen continuamente y después aumentan de nuevo. Puede actuarse en contra de una circulación diferente de las celdas de combustible con gas de funcionamiento, con lo que puede conseguirse un comportamiento eléctrico al menos en gran medida igual de las celdas de combustible.
- 45 La invención parte aquí de la reflexión de que, en una unidad de celdas de combustible con varias celdas alimentadas en paralelo con gas de funcionamiento la circulación a través de las celdas puede ser diferente, lo que conduce a comportamientos eléctricos diferentes. La causa de esto pueden ser unas resistencias al flujo exigidas estructuralmente en los recorridos del flujo del gas de funcionamiento hacia y desde las celdas de combustible. De este modo, por ejemplo, mediante la salida del gas de funcionamiento desde el canal longitudinal hasta las celdas de combustible, en el recorrido a lo largo del canal longitudinal, la velocidad de flujo puede reducirse y de forma
- 50

correspondiente puede aumentar la presión estática del gas de funcionamiento en el canal longitudinal, como se ha representado con la ecuación de Bernoulli.

5 En el canal longitudinal, que evacua de nuevo el gas de funcionamiento, las relaciones pueden ser a la inversa. En el extremo en el que por ejemplo está cerrado el canal, a través del mismo sólo circula el gas de funcionamiento que sale de la primera celda de combustible, por lo que la velocidad de flujo es reducida. Si se sigue el canal en la dirección de flujo, afluye desde las celdas de combustible cada vez más gas de funcionamiento, la velocidad de flujo en el canal longitudinal aumenta y de este modo se reduce la presión estática a lo largo del canal longitudinal.

10 La corriente volumétrica a través de una celda de combustible depende de la corriente de carga actual y de las relaciones de la presión estática que imperan en la misma. Aquí es decisiva en especial la presión estática a la entrada del gas de funcionamiento y a la salida del gas de funcionamiento. Si se comparan celdas de combustible con una corriente eléctrica constante, su circulación depende de la magnitud de la diferencia de presión estática en estos puntos. En el caso de una diferencia de presión elevada, la circulación y con ello una velocidad de enjuague para evacuar agua desde las celdas de combustible es elevada, mientras que con una diferencia de presión menor es reducida.

15 En el caso de una unidad de celdas de combustible larga con un canal longitudinal largo, con muchas celdas alimentadas por éste en paralelo, las velocidades de enjuague de las celdas de combustible individuales serán por lo tanto diferentes. Las velocidades de enjuague, es decir, la efectividad de la evacuación de agua desde la celda de combustible influye a su vez en el comportamiento eléctrico, por lo que velocidades de enjuague diferentes pueden conducir a un comportamiento eléctrico diferente y con ello a una carga diferente sobre las celdas de combustible, de tal manera que la vida útil de las celdas de combustible sea diferente, lo que tiene un efecto negativo en el comportamiento operacional de la unidad de celdas de combustible.

Mediante la estructura de los pasos de unión, de tal modo que estén ejecutados con diferentes resistencias al flujo, puede conseguirse una circulación homogénea y con ello una velocidad de enjuague uniforme en todas las celdas de combustible, que son alimentadas con gas de funcionamiento mediante el canal longitudinal.

25 El canal longitudinal es convenientemente un canal recto, que conduce a través de la unidad de celdas de combustible. Sin embargo, también puede ser conducido a través de la unidad de celda de combustible acodado, en espiral o de otra forma. Está conectado ventajosamente, indirecta o directamente, a un medio de suministro de gas de funcionamiento, por ejemplo una bomba o un depósito a presión, y se usa para alimentar gas de funcionamiento a las celdas de combustible o para evacuar gas de funcionamiento desde las celdas de combustible. Si se usa para evacuar gas de funcionamiento, está unido indirecta o directamente a un separador de agua, para separar el agua del gas de funcionamiento.

35 Como unidad de celdas de combustible puede contemplarse un sistema de celdas de combustible independiente o, por ejemplo, una etapa en cascada de un sistema de celdas de combustible con varias etapas en cascada. La invención puede aplicarse de igual modo tanto en la corriente de gas de funcionamiento en el lado del oxígeno como en la corriente de gas de funcionamiento en el lado del hidrógeno.

40 Las resistencias al flujo de los pasos de unión están ajustadas en su totalidad de tal forma, que en funcionamiento actúan en las celdas de combustible en contra de una acción de una caída de presión estática en el canal longitudinal, en especial entre ambos canales longitudinales. Por medio de esto puede homogeneizarse una circulación diferente de dos celdas de combustible provocada por la caída de presión, de tal modo que estas dos celdas de combustible, dispuestas en diferentes puntos del canal longitudinal, reciben una circulación lo más igual posible. El funcionamiento puede ser un funcionamiento normal, por ejemplo un funcionamiento con carga nominal de la unidad de celdas de combustible.

45 La unidad de celdas de combustible comprende otro canal longitudinal, es decir unido a las celdas de combustible mediante pasos de unión, en donde las resistencias al flujo están ajustadas ventajosamente, en la dirección longitudinal de los canales longitudinales, proporcionalmente a las diferencias de presión estáticas entre los canales longitudinales. Puede actuarse en contra de una diferente circulación a través de las celdas de combustible, producida por las diferentes diferencias de presión estáticas, y una diferente velocidad de enjuague de las celdas de combustible, producida a causa de esto. Una diferencia de presión estática entre los canales longitudinales es aquí la diferencia entre una presión estática de uno de los canales longitudinales, a la entrada de un paso de unión, hasta una celda de combustible y la presión estática del otro canal longitudinal, a la entrada de un paso de unión, desde este canal longitudinal hasta la misma celda de combustible. Las entradas se refieren aquí a las desembocaduras de los pasos de unión en los canales longitudinales.

55 Si las resistencias al flujo están ajustadas de tal modo, que en funcionamiento las diferencias de presión estática en las celdas de combustible unidas al canal longitudinal son al menos fundamentalmente iguales, puede conseguirse una circulación igual en cada celda de combustible y de este modo un comportamiento de la celda de combustible

igual en alto grado. El funcionamiento es aquí un funcionamiento normal, por ejemplo con carga nominal de la unidad de celdas de combustible.

5 En una forma de ejecución no perteneciente a la invención los pasos de unión están ejecutados de tal modo, que las resistencias al flujo aumentan continuamente a lo largo del canal longitudinal. Por medio de esto puede tenerse en cuenta una presión estática continuamente ascendente en la dirección longitudinal del canal longitudinal durante el funcionamiento de la unidad de celdas de combustible, lo que es ventajoso en especial en el caso de una guía de gas de funcionamiento en forma de Z a través de la unidad de celdas de combustible. Mediante la discrecionalidad de los pasos de unión se obtiene la continuidad incluso en el caso de un aumento continua escalonadamente. Se obtiene un aumento continuo si una resistencia al flujo de un paso de unión es siempre igual o mayor que la resistencia al flujo del paso de unión previo, en donde al menos una resistencia al flujo de un paso de unión tiene que ser mayor que una resistencia al flujo de un paso de unión previo.

15 En una forma de ejecución conforme a la invención, las resistencias al flujo primero se reducen a lo largo del canal longitudinal en la dirección de flujo y después de nuevo aumentan. Esta variante es especialmente ventajosa en el caso de una guía de flujo en forma de U del gas de funcionamiento a través de la unidad de celdas de combustible. Mediante la discrecionalidad de los pasos de unión se obtiene también aquí la continuidad, incluso en el caso de una disminución y un aumento continuos escalonados.

20 Otra aplicación ventajosa de la invención puede materializarse de tal modo, que como máximo los cuatro primeros y/o segundos pasos de unión estén ejecutados con una resistencia al flujo que como máximo sea 0,7 veces la resistencia al flujo de un paso de unión central respecto al canal longitudinal. Si por ejemplo el gas de funcionamiento que afluye al canal longitudinal contiene gotitas, ya se introduce agua en las primeras celdas de combustible a lo largo del canal longitudinal. Para poder transportar esta agua sin dificultades hasta las celdas de combustible y también de nuevo extraerla de ellas, es ventajoso que los pasos de unión que conducen hasta las mismas estén muy abiertos, es decir, presenten una resistencia al flujo reducida.

25 En las últimas celdas de combustible a lo largo del canal longitudinal puede suceder que allí se acumule suciedad, por ejemplo fibras de carbón de las celdas de combustible. Para poder transportar éstas sin dificultades hacia fuera de las celdas de combustible, es también ventajoso que los pasos de unión que conducen hasta ellas en el lado de salida estén muy abiertos, es decir, presenten una resistencia al flujo reducida. Para poder establecer una presión ventajosamente elevada en las restantes celdas de combustible, en especial centrales, los canales de unión hasta las mismas están dotados ventajosamente de una mayor resistencia al flujo.

30 En otra configuración de la invención se propone que los pasos de unión, ejecutados con diferentes resistencias al flujo, sean evacuaciones de gas desde las celdas de combustible. Puede conseguirse una gran presión estática en las celdas de combustible y, por medio de esto, un funcionamiento efectivo de la unidad de celdas de combustible. Esto es especialmente aplicable si las diferentes resistencias al flujo son siempre mayores que las resistencias al flujo de los respectivos conductos de alimentación de gas a las celdas de combustible, que están ejecutadas en especial lo más iguales posibles. Se hace posible un establecimiento de presión estática especialmente elevado en las celdas de combustible, si los pasos de unión presentan una resistencia al flujo reducida, en especial a través de una sección transversal de flujo lo más amplia posible, es decir, una sección transversal de flujo continua sin un estrechamiento.

40 En otra forma de ejecución los pasos de unión ejecutados con diferentes resistencias al flujo, son conductos de alimentación de gas a las celdas de combustible. La compensación de presión estática puede ajustarse aquí mediante los conductos de alimentación de gas, en donde los conductos de alimentación de gas pueden optimizarse en cuanto a una buena evacuación de agua, por ejemplo que estén dotados todos de una resistencia al flujo homogénea y en especial de una sección transversal de flujo mayor.

45 La invención puede aplicarse en una unidad de celdas de combustible ejecutada como bloque de celdas de combustible, en el que las celdas de combustible están reunidas formando un bloque canal longitudinal es un canal axial, en especial en la dirección de apilado del bloque, y los pasos de unión comprenden uno o varios canales radiales. Puede compensarse la gran diferencia de la corriente volumétrica a través de las celdas de combustible, a lo largo del canal longitudinal, que se produce en especial en el caso de un bloque de celdas de combustible largo.

50 En otra configuración de la invención el ajuste de las resistencias al flujo se establece mediante una mariposa de flujo que estrecha la sección transversal de canal. La influencia de una celda de combustible en la corriente volumétrica mediante el ajuste de la resistencia al flujo, a través del paso de unión correspondiente, puede conseguirse de forma sencilla y con piezas constructivas estandarizadas, por ejemplo por medio de que unos canales estandarizados se abran con una amplitud variable. El número de canales por paso de unión puede permanecer aquí igual, en donde la mariposa de flujo produce las diferentes resistencias al flujo según el ajuste.

Una materialización sencilla de diferentes resistencias al flujo o de una mariposa de flujo se ejecuta de tal modo, que los pasos de unión presentan en cada caso un número de canales conectados en paralelo y el ajuste de las resistencias al flujo se establece mediante un número diferente de canales abiertos. También aquí puede recurrirse a piezas constructivas estandarizadas, por ejemplo por medio de que sólo se abra un número deseado de canales de entre un número estandarizado de canales por cada paso de unión. Por mariposa de flujo puede entenderse también un canal cerrado entre otros abiertos de un paso de unión.

Una mariposa de flujo que actúa de forma fiable puede producirse fácilmente, si la mariposa de flujo es una abertura en un extremo del canal. Este extremo es convenientemente el extremo del canal en el lado de la celda. La mariposa de flujo forma ventajosamente el punto más estrecho del canal.

En especial en el caso de un apilado de celdas de combustible es ventajoso que el canal esté formado por una conformación al menos de una pieza constructiva de placa y que la mariposa de flujo sea una abertura en la pieza constructiva de placa. Puede prescindirse de una pieza constructiva adicional que forme el canal. La pieza constructiva de placa puede ser una placa bipolar o una placa de una tarjeta de refrigeración para refrigerar la celda de combustible.

La producción de la unidad de celdas de combustible puede simplificarse todavía más si el canal está formado por la estampación de al menos una chapa y la mariposa de flujo es una abertura en la chapa.

La invención se explica con más detalle con base en unos ejemplos de ejecución, que se han representado en los dibujos. Aquí muestran:

la figura 1 un corte a través de un bloque de celdas de combustible con una guía de gas de funcionamiento en forma de U,

la figura 2 otro bloque de celdas de combustible con una guía de gas de funcionamiento en forma de Z,

la figura 3 presiones estáticas en canales axiales durante el funcionamiento de los bloques de celdas de combustible,

la figura 4 un diagrama sobre la corriente volumétrica de gas de funcionamiento a través de celdas de combustible de los bloques de celdas de combustible, aplicado en contra de la dirección de apilado X,

la figura 5 un corte a través de una celda de combustible, a lo largo de un conducto de alimentación de gas de funcionamiento,

la figura 6 una vista en planta esquemática sobre el conducto de alimentación de gas de funcionamiento,

las figuras 7 a 9 pasos de unión abiertos con una amplitud diferente, en conductos de alimentación de gas a celdas de combustible,

la figura 10 un diagrama sobre resistencias al flujo de pasos de unión, en función de su posición en la dirección de apilado X,

la figura 11 una representación esquemática de conductos de alimentación y evacuación de gas abiertos con una amplitud diferente con relación a varias celdas de combustible,

la figura 12 una disposición alternativa de conductos de alimentación y evacuación de gas abiertos con una amplitud diferente.

La figura 1 muestra una vista en corte esquemática a través de una unidad de celdas de combustible 2, que está ejecutada como un bloque de celdas de combustible de sección transversal rectangular con un gran número de celdas de combustible 4 apiladas unas tras otras. Discurriendo en el plano de corte se han representado dos canales longitudinales 6, 8 que, como también otros varios canales longitudinales de la unidad de celdas de combustible 2, a través de unos rebajos están ejecutados mediante varios bordes de placa 10, que para mayor claridad se han dibujado como un bloque que se extiende respectivamente de forma continua. Ambos canales longitudinales 6, 8 son canales axiales en forma de saco del bloque de celdas de combustible conducidos en la dirección de apilado X, que están unidos en cada caso a la cámara de gas catódica 16 de una celda de combustible 4 mediante unos pasos de unión 12, 14 ejecutados como canales radiales.

Las cámaras de gas catódicas 16 de las celdas de combustible 4 están separadas, en cada caso mediante unas unidades de membrana-electrolito 18, de la respectiva cámara de gas anódica 20 de las celdas de combustible 4.

Entre una cámara de gas anódica 20 de una celda de combustible 4 y la cámara de gas catódica 16 de una celda de combustible adyacente 4 está dispuesta en cada caso una placa bipolar 22. Análogamente a las cámaras de gas catódicas 16, también las cámaras de gas anódicas 20 de las celdas de combustible 4 están unidas a unos canales longitudinales no representados, de tal modo que la unidad de celdas de combustible 2 presenta una gran cantidad de canales longitudinales 6, 8, de los que en la figura 1 para mayor claridad sólo se han representado dos canales longitudinales 6, 8.

El canal longitudinal superior 6 se usa como conducto de alimentación de gas para alimentar gas de funcionamiento con contenido de oxígeno, por ejemplo oxígeno puro o aire, hasta las celdas de combustible 4. El canal longitudinal inferior 8 se usa como conducto de evacuación de gas para evacuar el gas de funcionamiento no consumido en las celdas de combustible 4 y agua de producto y agua de humectación condensada desde la unidad de celdas de combustible 2. De este modo se conduce el gas de funcionamiento en forma de U a través de la unidad de celdas de combustible 2, desde una entrada de gas de funcionamiento 24 hasta una salida de gas de funcionamiento 26.

La figura 2 muestra una unidad de celdas de combustible 28 que, hasta la guía de gas de funcionamiento en forma de Z (que no pertenece a la invención), está estructurada igual que la unidad de celdas de combustible 2, de tal manera que en cuanto a las piezas constructivas y funciones que permanecen igual se hace referencia a la figura 1. Las piezas constructivas que permanecen iguales están dotadas de los mismos símbolos de referencia. El gas de funcionamiento circula a través de la unidad de celdas de combustible 28, que por ejemplo se usa como una etapa en cascada de entre varias etapas en cascada de una instalación de celdas de combustible, desde la entrada de gas de funcionamiento 24 en un punto de entrada X_E a través del canal longitudinal 6, de los pasos de unión 12 hasta las cámaras de gas catódicas 16, desde allí a través de los pasos de unión 4 en un canal longitudinal 30 y allí, también en la dirección de apilado X, hasta una salida de gas de funcionamiento 32 en un punto de salida X_A , de tal modo que se obtiene una circulación en forma de Z a través de la unidad de celdas de combustible 28.

En las dos unidades de celdas de combustible 2, 28 el gas de funcionamiento circula con una velocidad determinada a través de la entrada de gas de funcionamiento 24 en el canal longitudinal 6. Cuanto más de este gas de funcionamiento afluya a las 16 celdas de combustible 4 representadas, más lento se hará la corriente de gas de funcionamiento en el recorrido ulterior del canal longitudinal 6 en la dirección de apilado X. Según la ley derivada de la ecuación de Bernoulli, a causa de esto aumenta la presión estática P en el canal longitudinal 6 durante el recorrido en la dirección de apilado X. En la figura 3 se ha representado la dependencia de la presión estática P en el canal longitudinal en función de la coordenada espacial X.

La figura 3 muestra el recorrido de las presiones estáticas P_e en el canal longitudinal 6, P_{a1} en el canal longitudinal 8 y P_{a2} en el canal longitudinal 30 a través de la coordenada espacial x, en paralelo a la dirección de apilado X. En el canal longitudinal 6 aumenta continuamente la presión estática P_e desde el punto de entrada X_E en la entrada de gas de funcionamiento 24 hasta su extremo de saco. En el canal longitudinal 8 se reúne el gas de funcionamiento que fluye hacia fuera, durante su recorrido a través del canal longitudinal 8, con cada vez más gas de funcionamiento procedente de las celdas de combustible 4, de tal modo que la corriente de gas de funcionamiento en el canal longitudinal 8 se acelera continuamente desde el extremo de saco del canal longitudinal 8 en dirección a la salida de gas de funcionamiento. Por medio de esto desciende continuamente la presión estática P_{a1} en contra de la dirección de apilado X. Mediante la dirección de flujo en sentido opuesto en el canal longitudinal 30 desciende continuamente la presión estática P_{a2} en el canal longitudinal, desde el extremo de saco en dirección al punto de salida X_A en la salida de gas de funcionamiento 32, como se ha representado en la figura 3 con base en la curva más inferior.

La corriente volumétrica V_s de gas de funcionamiento a través de una celda de combustible 4, en el ejemplo anterior de gas de funcionamiento con contenido de oxígeno a través de la cámara de gas catódica 16, depende de la diferencia de las presiones estáticas en los dos canales longitudinales 6, 8 ó 6, 30. Esto se ha representado en la figura 3 a modo de ejemplo para la decimotercera celda de combustible en el punto X_{13} . La diferencia de presión estática $\Delta P_{1,13}$ en la decimotercera celda de combustible 4, que está aplicada entre los dos canales longitudinales 6, 8 en el ejemplo de la figura 1 y sus pasos de unión 12, 14, se ha representado en la figura 3 mediante una flecha doble. Esta diferencia de presión $\Delta P_{1,13}$ es algo mayor que la diferencia de presión $\Delta P_{1,9}$ de la novena celda de combustible 4 en el punto X_9 .

Todavía mayor es la diferencia en el ejemplo mostrado en la figura 2. Aquí la diferencia de presión $\Delta P_{2,13}$ es considerablemente mayor que la diferencia de presión $\Delta P_{2,9}$ de la novena celda de combustible. De forma correspondiente a esto, a través de las dos celdas de combustible 4 circula gas de funcionamiento con una intensidad diferente.

Las corrientes volumétricas V_s , con las que circula el gas de funcionamiento a través de las celdas de combustible 4, se han representado en el diagrama de la figura 4. A éste se han aplicado las diferencias de presión estática ΔP_1 , ΔP_2 en función de la coordenada espacial X, es decir, desde el punto dentro de los canales longitudinales 6, 8, 30. Debido a que la corriente volumétrica V_s es proporcional a las diferencias de presión estática ΔP , las diferentes corrientes volumétricas $V_{S1,9}$, $V_{S2,9}$ para la novena celda de combustible y $V_{S1,13}$, $V_{S2,13}$ para la decimotercera se han registrado a modo de ejemplo, en cada caso como flecha. Aquí en especial la corriente volumétrica $V_{S2,13}$ de la

decimotercera celda de combustible 4 es bastante mayor que la corriente volumétrica $V_{S_{2,9}}$ de la novena celda de combustible 4. De forma correspondiente a esto a través de estas dos celdas de combustible 4 la circulación es diferente, lo que conduce a un comportamiento eléctrico diferente de la celda de combustible 4, por ejemplo a causa de una salida diferente de agua desde las celdas de combustible 4 o de una ocupación diferente de la respectiva unidad de membrana-electrolito 18 con el gas de funcionamiento.

Para compensar estas diferentes corrientes volumétricas V_s los pasos de unión 12, 14 están ejecutados con una resistencia al flujo diferente, en función de su posición longitudinal en los canales longitudinales 6, 8, 30. En la figura 5 se ha representado una vista lateral de un paso de unión 12 ó 14. El paso de unión 12 está formado por una estampación de una chapa 34 de la placa bipolar 22, en donde la estampación está formada en la dirección longitudinal del paso de unión 12, es decir en la dirección radial, como una depresión alargada en forma de U. Por medio de esto puede entrar gas de funcionamiento desde el canal longitudinal 6 dentro del paso de unión 12, entre las dos chapas 34, 36 de la placa bipolar 22, y ulteriormente a través de una abertura 38 en la cámara de gas catódica 16. La abertura 38 en el paso de unión 12 es un orificio en la chapa 34 al final del paso de unión 12.

De forma análoga, el paso de unión 14 está configurado entre la cámara de gas catódica 16 y el canal longitudinal 8 o el canal longitudinal 30, de tal forma que se forma una unión pasante entre los canales longitudinales 6, 8 ó 6, 30.

En la figura 6 se ha representado una vista en planta sobre el paso de unión 12 con la unidad de membrana-electrolito 18 extraída.

El paso de unión 12 comprende tres canales 40 separados, que sobresalen de una junta 42 en la región de la cámara de gas catódica 16. Los tres canales 40 están abiertos hacia la cámara de gas catódica 16, en cada caso mediante una abertura 38.

En las figuras 7 a 9 se han representado esquemáticamente tres diferentes pasos de unión 12, 44, 46, en cada caso con tres canales 40. Según con qué amplitud estén abiertos los canales 40, los extremos de los canales 40 forman una mariposa de flujo 48, 50 que estrecha la sección transversal de flujo. Aquí los canales 40 del paso de unión 44 están dotados solamente de aberturas pequeñas 52, de tal forma que la sección transversal de flujo es allí muy estrecha y la mariposa de flujo 48, de forma correspondiente a esto, genera una elevada resistencia al flujo. Las aberturas 38 son más amplias que las aberturas 52, de tal manera que la mariposa de flujo 50 genera una menor resistencia al flujo. Las aberturas 54 de los canales 40 del paso de unión 46 están abiertas con una amplitud máxima, por medio de que se ha extraído toda la caperuza delantera de la estampación en forma de canal de la chapa 34. Los canales 40 están abiertos por completo y sin un estrechamiento de sección transversal de flujo, de tal modo que el paso de unión 46 no presenta ninguna mariposa de flujo.

En la figura 10 se ha representado cómo las resistencias al flujo de los pasos de unión 12, 14, 44, 46 están ajustadas mediante unos canales 40 abiertos con una amplitud diferente, en la dirección longitudinal o en la dirección de apilado X de los canales longitudinales 6, 30, en proporción a las diferencias de presión estática ΔP_2 entre los canales longitudinales 6, 30. De este modo, por ejemplo, las cuatro primeras celdas de combustible 4 están dotadas de unos pasos de unión 46 con una abertura 54 abierta al máximo. Las cuatro siguientes celdas de combustible 4 presentan en cada caso unos pasos de unión 12 con una aberturas 38 bastante grandes. Las siguientes celdas de combustible 4 tienen unos pasos de unión con unas aberturas algo menores, y las cuatro últimas celdas de combustible 4 son alimentadas con gas de funcionamiento a través de unas aberturas 52 pequeñas.

De este modo las resistencias al flujo están ajustadas continuamente de forma escalonada, a lo largo del canal longitudinal 30 o en la dirección de apilado X, como se ha representado en el ejemplo de las resistencias al flujo $R_{hydr,9}$ y $R_{hydr,13}$ de los pasos de unión 14 de las celdas de combustible 4 novena y decimotercera. El recorrido de la resistencia al flujo R_{hydr} está escalonado mediante los tres escalones disponibles y continuamente mediante un aumento permanente de la resistencia al flujo R_{hydr} durante el recorrido del canal longitudinal 30 o en la dirección de apilado X. De este modo pueden homogeneizarse las corrientes volumétricas $V_{S_{2,9}}$ y $V_{S_{2,13}}$ por lo demás diferentes, de tal forma que a través de las celdas de combustible 4 novena y decimotercera entra la misma corriente volumétrica $V_{S,9}$, $V_{S,13}$ de gas de funcionamiento.

El recorrido de la corriente volumétrica V_s a lo largo del canal longitudinal 30 o en la dirección de apilado x se ha representado en la figura 10 y discurre oscilando ligeramente alrededor de un valor central V_{SM} . Como es natural también es concebible un escalonamiento más fino de las amplitudes de las aberturas 38, 52, 54, de tal modo que resultan menores las oscilaciones de la corriente volumétrica V_s alrededor del valor medio V_{SM} .

En la figura 11 (no perteneciente a la invención) se ha representado una disposición representada esquemáticamente de nueve cámaras de gas anódicas 20 de nueve celdas de combustible 4, a modo de ejemplo, una distribución de las resistencias al flujo sobre una alimentación de gas 56 y una evacuación de gas 58. En el lado de la alimentación de gas 56 sólo están dispuestos unos pasos de unión 46 sin mariposas de flujo que regulan la

resistencia al flujo. Por medio de esto puede afluir el gas de funcionamiento, por ejemplo con la menor pérdida de presión posible, a las cámaras de gas anódicas 20. Por el contrario, también la evacuación de gas 58 está equipada con diferentes pasos de unión 12, 44, 46, de tal manera que aquí se influye en la resistencia al flujo de forma correspondiente a las relaciones de presión estática en los canales longitudinales 6, 8, 30, de tal modo que a través de todas las cámaras de gas anódicas 20 circula una corriente volumétrica de gas de funcionamiento fundamentalmente igual. Mediante esta disposición ventajosa de las mariposas de flujo 48, 50, al menos predominantemente en el lado de la evacuación de gas 58, puede establecerse una elevada presión de gas de funcionamiento en las cámaras de gas anódicas 20.

La figura 12 muestra una disposición alternativa, que es especialmente ventajosa para una evacuación de agua fiable, por ejemplo desde las cámaras de gas catódicas 16 de las celdas de combustible 4. En el lado de la alimentación de gas 56 existen dos clases de pasos de unión 46, 60 para compensar por ejemplo la diferencia de presión ΔP_2 , como se muestra en la figura 4. Las celdas de combustible centrales 4 en la dirección longitudinal se alimentan aquí con gas de funcionamiento a través de los pasos de unión 46 sin mariposa de flujo. Las celdas de combustible 4 en los dos extremos del canal longitudinal 6 se alimentan con gas de funcionamiento a través de los pasos de unión 60, en los que está cerrado en cada caso uno de entre varios canales 40. De este modo la resistencia al flujo se ajusta mediante el número de canales 40 abiertos. En el lado de la evacuación de gas todos los canales 40 están abiertos, de tal modo que el agua de producto pueda transportarse bien desde las cámaras de gas catódicas 16.

Las resistencias al flujo están ajustadas de tal forma en los ejemplos de ejecución descritos anteriormente, que compensan una diferencia de presión ΔP en puntos enfrentados en cada caso, de tal manera que una corriente volumétrica V_s de gas de funcionamiento a través de las celdas de combustible 4, a lo largo de los canales longitudinales 6, 8, 30, es al menos fundamentalmente homogénea, por ejemplo homogénea escalonadamente. Este estado se da durante un funcionamiento de la unidad de celdas de combustible 2 con su carga nominal. Según el mismo principio puede crearse una adaptación de los ajustes, en especial en cuanto a otros estados de carga de la unidad de celdas de combustible 2.

Análogamente a los ejemplos de ejecución de las figuras 11 y 12 pueden estar abiertos con una amplitud especialmente grande los primeros y/o últimos pasos de unión, en especial de la evacuación de gas 58, en especial de tal modo que su resistencia al flujo es como máximo 0,7 veces, en especial sólo 0,6 veces la resistencia al flujo de los pasos de unión centrales 46. El agua y las suciedades pueden evacuarse de este modo, sin dificultades, desde las primeras o últimas celdas de combustible 4.

REIVINDICACIONES

1. Unidad de celdas de combustible (2, 28) con

- varias celdas de combustible (4) ensambladas para formar un bloque,

5 - un canal longitudinal (6, 8, 30) axial que pasa por las celdas de combustible (4) para suministrar gas de funcionamiento a las celdas de combustible (4),

10 - unos pasos de unión (12, 14, 44, 46, 60), que unen el canal longitudinal axial (6, 8, 30) a las celdas de combustible (4) y, en función de su posición longitudinal en el canal longitudinal (6, 8, 30), están ejecutados con diferentes resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$), en donde los pasos de unión (12, 14, 44, 46, 60) comprenden en cada caso el mismo número de canales radiales conectados en paralelo y están formados por la estampación de una chapa (34) de una placa bipolar (22), y el ajuste de las resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$) se establece mediante un número diferente de canales radiales abiertos, en donde la abertura de los canales radiales está ejecutada en cada caso mediante un orificio en la chapa y el número de canales radiales abiertos se determina mediante el número de orificios,

15 - y otro canal longitudinal axial (6, 8, 30), unido mediante unos pasos de unión (12, 14, 44, 46, 60) a las celdas de combustible (4),

caracterizada porque

- el canal longitudinal axial (6, 8, 30) y el otro canal longitudinal axial (6, 8, 30) están ejecutados en cada caso como canal axial en forma de saco,

20 - el canal longitudinal axial (6, 8, 30) y el otro canal longitudinal axial (6, 8, 30) están unidos en cada caso de tal modo a las celdas de combustible (4), que el gas de funcionamiento es conducido en forma de U a través de la unidad de celdas de combustible (2), a través de los dos canales longitudinales (6, 8, 30) y las celdas de combustible (4), y

25 - las resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$) están ajustadas de tal manera a través de los canales radiales de los pasos de unión (12, 14, 44, 46) que, en funcionamiento, las diferencias de presión estáticas en las celdas de combustible unida al canal longitudinal (6, 8, 30) son al menos fundamentalmente iguales y las resistencias al flujo a lo largo del canal longitudinal (6, 30) en la dirección de flujo primero disminuyen continuamente y después aumentan de nuevo.

2. Unidad de celdas de combustible (2, 28) según la reivindicación 1, caracterizada porque las resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$) están ajustadas proporcionalmente a las diferencias de presión estáticas ($\Delta P_{1,9}$, $\Delta P_{1,13}$, $\Delta P_{2,9}$, $\Delta P_{2,13}$) entre los canales longitudinales (6, 8, 30).

30 3. Unidad de celdas de combustible (2, 28) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque los pasos de unión (14, 44, 46, 60) ejecutados con diferentes resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$) son conductos de evacuación de gas (56) desde las celdas de combustible (4).

35 4. Unidad de celdas de combustible (2, 28) según la reivindicación 3, caracterizada porque los pasos de unión (12, 46) ejecutados como conductos de alimentación de gas (58) están ejecutados con la misma resistencia al flujo a lo largo del canal longitudinal (6, 8, 30).

5. Unidad de celdas de combustible (2, 28) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los pasos de unión (12, 44, 46, 60) ejecutados con diferentes resistencias al flujo ($R_{hydr,9}$, $R_{hydr,13}$) son conductos de alimentación de gas (58) hacia las celdas de combustible (4).

FIG 1

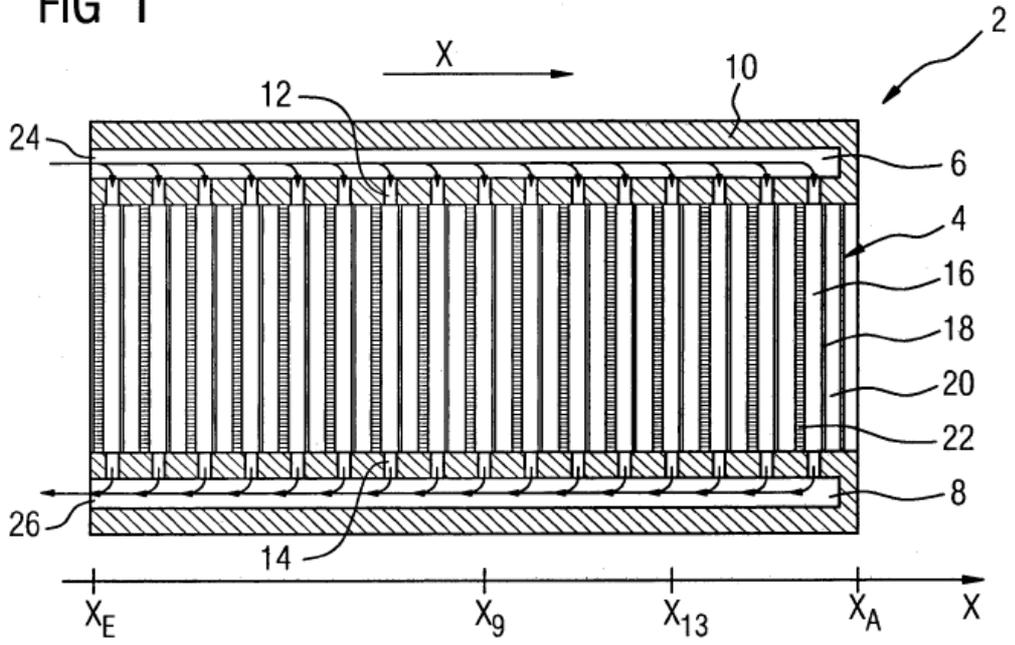


FIG 2

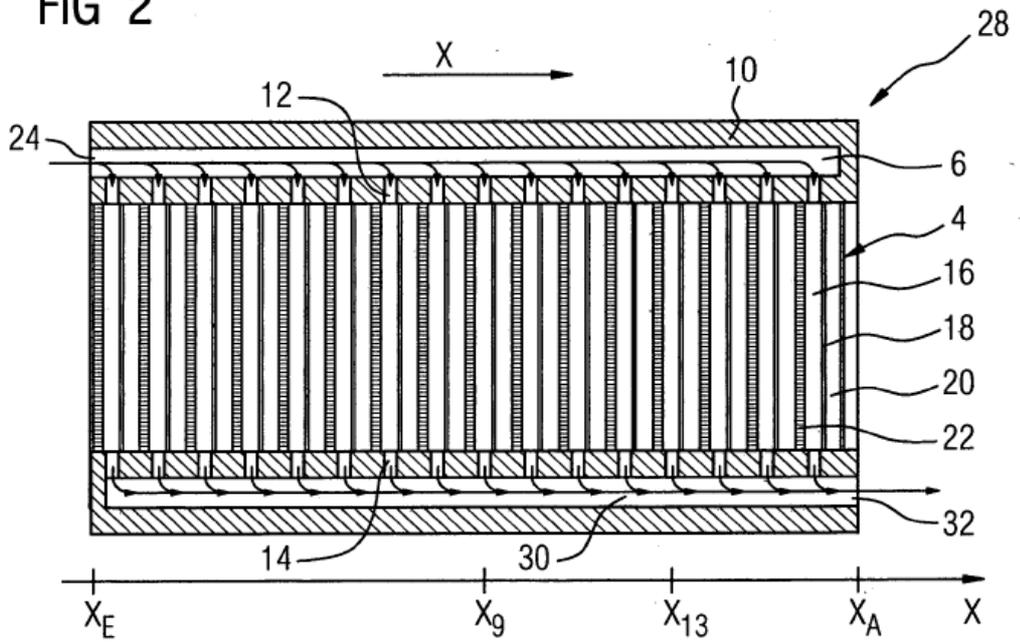


FIG 3

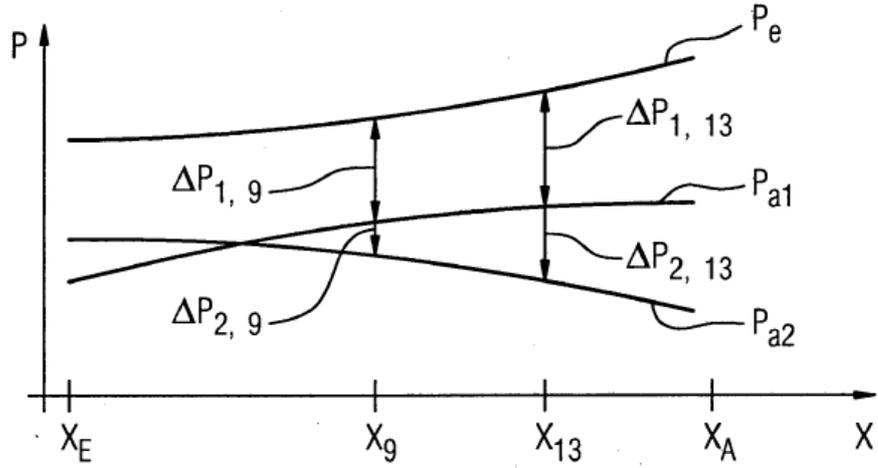


FIG 4

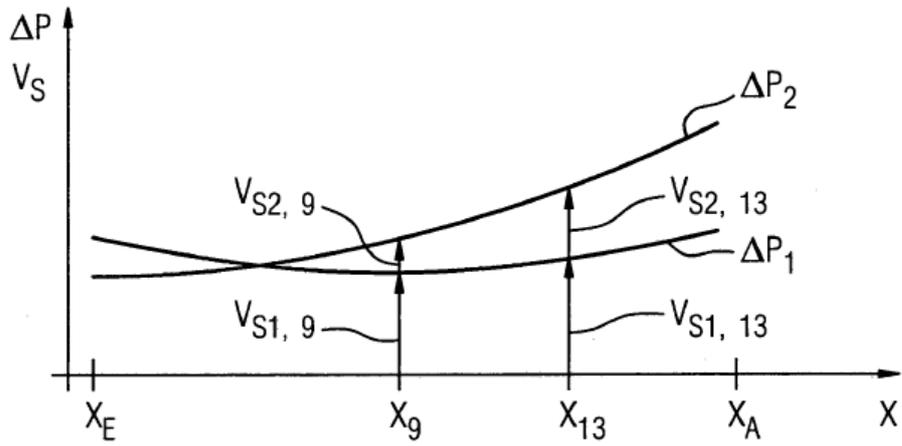


FIG 5

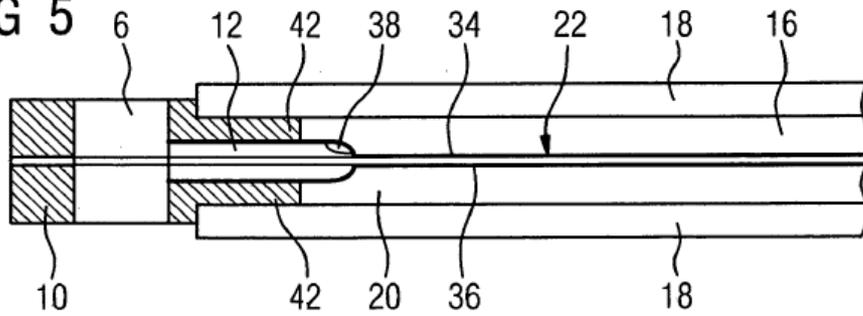


FIG 6

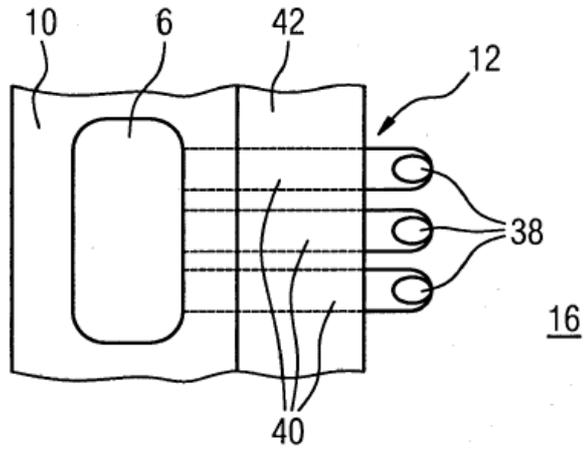


FIG 7

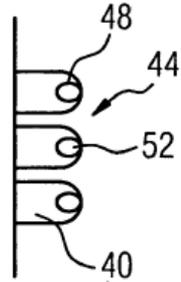


FIG 8

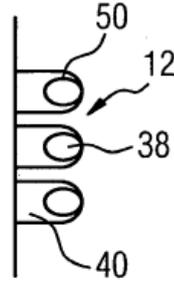


FIG 9

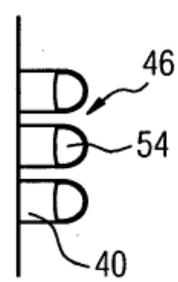


FIG 10

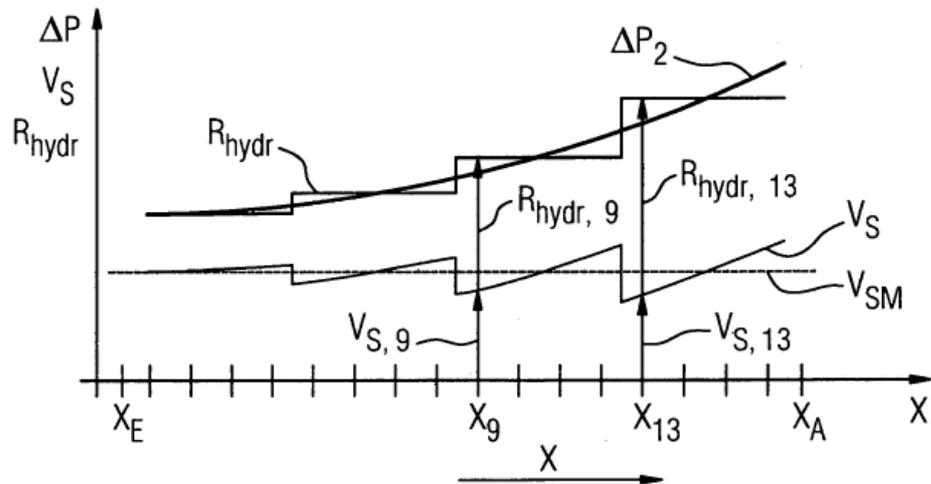


FIG 11

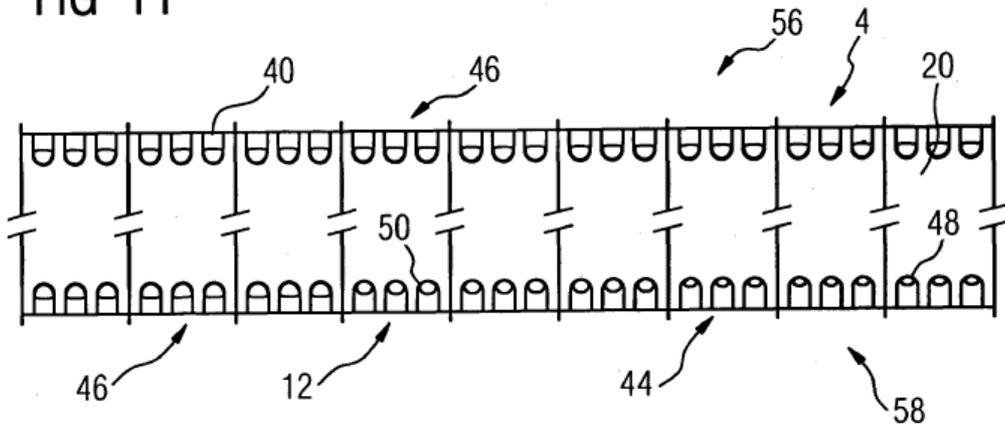


FIG 12

