



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 024 478 A1** 2008.12.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 024 478.3**

(22) Anmeldetag: **21.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **11.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 8/02** (2006.01)
H01M 8/24 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/752,993 24.05.2007 US

(71) Anmelder:
**GM Global Technology Operations, Inc., Detroit,
Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München**

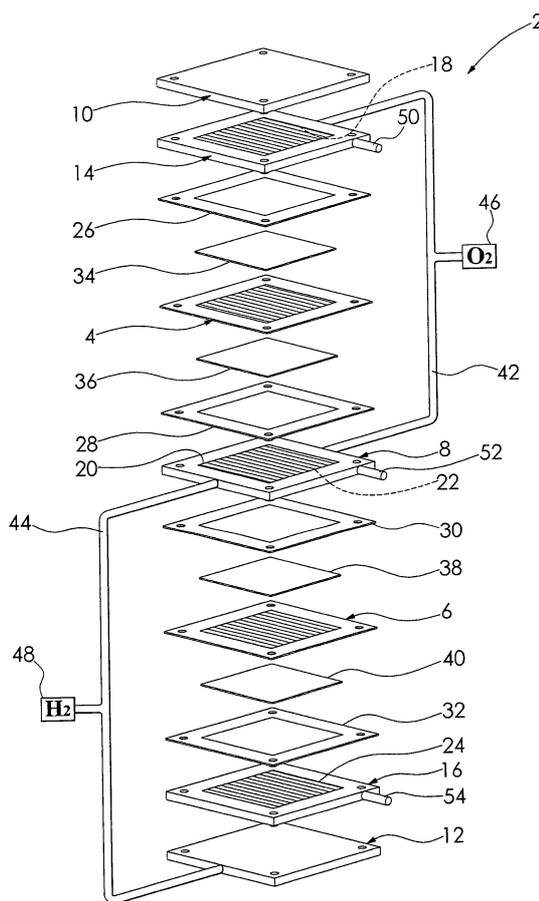
(72) Erfinder:
**Newman, Keith E., Pittsford, N.Y., US; Budinski,
Michael K., Pittsford, N.Y., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verbinden von Bipolarplatten unter Verwendung von punktuellen elektrischen Knoten**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Bipolarplattenanordnung für eine Brennstoffzelle vorgesehen. Die Bipolarplattenanordnung umfasst eine erste Unipolarplatte, die benachbart einer zweiten Unipolarplatte angeordnet ist. Die erste Unipolarplatte und die zweite Unipolarplatte sind durch mehrere punktuell elektrisch leitende Knoten verbunden. Es werden auch ein Brennstoffzellenstapel, der die Bipolarplattenanordnung umfasst, sowie ein Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung beschrieben.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft Brennstoffzellenstapel und insbesondere eine Bipolarplattenanordnung sowie Verfahren zum Erzeugen von Bipolarplatten für Brennstoffzellenstapel.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine Brennstoffzelle wird als saubere, effiziente und umweltfreundliche Antriebsquelle für Elektrofahrzeuge und verschiedene andere Anwendungen vorgeschlagen. Ein Beispiel für die Brennstoffzelle ist eine Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (PEM, kurz vom engl. Proton Exchange Membrane). Die PEM-Brennstoffzelle umfasst eine Membranelektrodenanordnung (MEA, kurz vom engl. Membrane Electrode Assembly), die im Allgemeinen einen dünnen Festpolymerelektrolyt mit einer Anode und einer Kathode, mit einem Katalysator an gegenüberliegenden Seiten des Membran-Elektrolyten, umfasst. Die MEA ist im Allgemeinen zwischen einem Paar poröser leitender Materialien, die auch als Gasdiffusionsmedien bekannt sind und die gasförmige Reaktanden, beispielsweise Wasserstoff und Sauerstoff/Luft, zu den Anoden- und Kathodenschichten verteilen, angeordnet. Der Wasserstoffreaktand wird an der Anode eingeleitet, wo er elektrochemisch bei Vorhandensein des Katalysators reagiert, um Elektronen und Protonen zu erzeugen. Die Elektronen werden von der Anode zur Kathode durch eine dazwischen angeordnete elektrische Schaltung geleitet. Gleichzeitig treten die Protonen durch den Elektrolyten zur Kathode, wo ein Oxidans, beispielsweise Sauerstoff oder Luft, elektrochemisch bei Vorhandensein des Elektrolyten und Katalysators reagiert, um Sauerstoffanionen zu erzeugen. Die Sauerstoffanionen reagieren mit den Protonen, um Wasser als Reaktionsprodukt zu bilden.

[0003] Die MEA der PEM-Brennstoffzelle ist zwischen einem Paar elektrisch leitender Bipolarplatten, die als Stromkollektoren für die Anoden- und Kathodenschichten dienen, lagenartig eingeschlossen. Die Bipolarplatten umfassen mehrere Stege und Strömungskanäle zum Verteilen der gasförmigen Reaktanden zu den Anoden und Kathoden der Brennstoffzelle. Die Bipolarplatten dienen als elektrischer Leiter zwischen benachbarten Brennstoffzellen und sind weiterhin mit mehreren inneren Kühlmittelkanälen versehen, die zum Tauschen von Wärme mit der Brennstoffzelle bei Strömen eines Kühlmittels durch diese ausgelegt sind. Die typische Bipolarplatte ist eine verbundene Anordnung, die aus zwei separaten Unipolarplatten konstruiert ist. Jede Unipolarplatte weist eine Außenfläche mit Strömungskanälen für die gasförmigen Reaktanden und eine Innenfläche mit den Kühlmittelkanälen auf. Zum Leiten elektrischen Stroms zwischen den Anoden und Kathoden benachbarter Brennstoffzellen in dem Brennstoffzellenstapel sind die gepaarten Unipolarplatten, die jede Bipolarplattenanordnung bilden, mechanisch und elektrisch verbunden.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Bipolarplattenanordnungen und Verfahren zum Erzeugen von Bipolarplattenanordnungen bekannt. Von Neutzler wird zum Beispiel in U.S. Pat. Nr. 5,776,624, das durch Erwähnung in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen wird, berichtet, dass eine korrosionsbeständige Metallbleche umfassende Bipolarplatte zusammengelötet werden kann, um einen Durchlass zwischen den Blechen vorzusehen, durch den ein dielektrisches Kühlmittel strömt. Ferner offenbart U.S. Pat. Nr. 6,887,610 für Abd Elhamid et al., das in seiner Gesamtheit durch Erwähnung hierin aufgenommen wird, eine Bipolarplattenanordnung ohne Schweißen oder Hartlöten, die eine elektrisch leitende Schicht, die über den Kühlmittelkanälen und Stegen aufgebracht ist, sowie eine Fluidichtung, die zwischen der nach innen weisenden Fläche um einen Umfang der Kühlmittelkanäle angeordnet ist, umfasst. Ferner erwähnt U.S. Pat. Nr. 6,942,941 für Blunk et al., das hierin durch Erwähnung in seiner Gesamtheit aufgenommen wird, eine Bipolarplatte mit einer ersten und einer zweiten Oberfläche, die mit einer elektrisch leitenden Primerschicht beschichtet und durch einen elektrisch leitenden Klebstoff miteinander verbunden sind. Schlag beschreibt in U.S. Pat. Nr. 7,009,136, das durch Erwähnung in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen wird, ein Herstellungsverfahren, das zum Zusammenschweißen von Bipolarplatten unter Verwendung eines Unterdrucks, der gepaarte Unipolarplatten während des Schweißvorgangs zusammenhält, ausgelegt ist.

[0005] Es besteht ungebrochener Bedarf nach einer Bipolarplattenanordnung mit einer effizienten und robusten Innenarchitektur, die einen optimierten elektrischen Kontakt zwischen den Platten der Anordnung vorsieht. Gleichfalls ist ein Verfahren zum schnellen Erzeugen der Bipolarplattenanordnung, das auf herkömmliche Strömungsfeldauslegungen anwendbar ist, erwünscht.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Übereinstimmend mit der vorliegenden Offenbarung wurde überraschenderweise eine Bipolarplattenanordnung mit einer effizienten und robusten Architektur, einem optimierten elektrischen Kontakt zwischen den Platten der Anordnung und ein Verfahren zum schnellen Erzeugen der Anordnung, das auf herkömmliche Strömungsfeldmuster anwendbar ist, entdeckt.

[0007] In einer Ausführungsform wird eine Brennstoffzelle mit einer Bipolarplattenanordnung vorgesehen. Die Bipolarplattenanordnung umfasst eine Brennstoffzelle mit einer ersten Unipolarplatte, die benachbart einer zweiten Unipolarplatte angeordnet ist. Die erste und zweite Unipolarplatte sind durch mehrere punktuelle bzw. örtlich begrenzte, elektrisch leitende Knoten verbunden.

[0008] In einer anderen Ausführungsform wird ein Brennstoffzellenstapel mit der Bipolarplattenanordnung vorgesehen. Der Brennstoffzellenstapel umfasst weiterhin mehrere Membranelektrodenanordnungen, die in einer gestapelten Auslegung angeordnet sind, wobei jede der mehreren Membranelektrodenanordnungen eine Kathode und eine Anode aufweist.

[0009] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung vorgesehen. Das Verfahren umfasst die Schritte des Vorsehens der ersten Unipolarplatte mit der ersten Innenfläche, des Vorsehens der zweiten Unipolarplatte mit der zweiten Innenfläche, des Positionierens der ersten Innenfläche benachbart der zweiten Innenfläche und des Verbindens der ersten Unipolarplatte und der zweiten Unipolarplatte mit den mehreren punktuellen bzw. lokalen elektrisch leitenden Knoten.

Zeichnungen

[0010] Die vorstehenden sowie andere Vorteile der vorliegenden Offenbarung gehen für den Fachmann anhand der folgenden eingehenden Beschreibung, insbesondere bei Betrachtung im Hinblick auf die nachstehend beschriebenen Zeichnungen, problemlos hervor.

[0011] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische, perspektivische Explosionsansicht eines PEM-Brennstoffzellenstapels (nur zwei Zellen dargestellt);

[0012] [Fig. 2a](#) ist eine perspektivische Ansicht einer verbundenen Bipolarplattenanordnung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

[0013] [Fig. 2b](#) ist eine perspektivische Explosionsansicht der in [Fig. 2a](#) dargestellten elektrisch leitenden Bipolarplattenanordnung, die weiterhin eine erste Unipolarplatte und eine zweite Unipolarplatte zeigt, die jeweils mehrere Reaktandengaskanäle und Stege sowie mehrere Kühlmittelkanäle und Stege aufweisen;

[0014] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht oben auf die in [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) dargestellte verbundene Bipolarplattenanordnung, die eine Verteilung von punktuellen elektrischen Knoten zeigt;

[0015] [Fig. 4a](#) ist eine unvollständige Seitenansicht im Querschnitt entlang der Linie 4-4 von [Fig. 2a](#), die eine nicht verschachtelte Auslegung der punktuellen elektrischen Knoten in der Bipolarplattenanordnung zeigt; und

[0016] [Fig. 4b](#) ist eine unvollständige Seitenansicht im Querschnitt entlang der Linie 4-4 von [Fig. 2a](#), die eine verschachtelte Auslegung der punktuellen elektrischen Verbindungen in der Bipolarplattenanordnung zeigt.

Eingehende Beschreibung der Erfindung

[0017] Die folgende Beschreibung ist lediglich beispielhafter Natur und soll nicht die vorliegende Offenbarung, ihren Anwendung oder Gebrauchsmöglichkeiten beschränken. Es versteht sich auch, dass in den gesamten Zeichnungen entsprechende Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Teile und Merkmale anzeigen. Bezüglich der offenbarten Verfahren sind die dargelegten Schritte beispielhafter Natur und sind somit nicht erforderlich oder ausschlaggebend.

[0018] Der Einfachheit halber wird hierin nur ein Zweizellenstapel (d. h. eine Bipolarplatte) dargestellt und beschrieben, wobei sich versteht, dass ein typischer Stapel viele weitere dieser Zellen und Bipolarplatten aufweist.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt einen aus zwei Zellen bestehenden PEM-Brennstoffzellenstapel **2** mit einem Paar Membranelektrodenanordnungen (MEAs) **4, 6**, die durch ein elektrisch leitendes Fluidverteilungselement **8**, nachstehend Bipolarplattenanordnung **8**, voneinander getrennt sind. Die MEAs **4, 6** und die Bipolarplatte **8** sind zwischen Endplatten **10, 12** und Endkontaktelementen **14, 16** aneinander gestapelt. Die Endkontaktelemente **14, 16** und die Bipolarplattenanordnung **8** umfassen Arbeitsseiten **18, 20, 22, 24** jeweils zum Verteilen von Brennstoff und Oxidansgasen (d. h. H_2 & O_2) zu den MEAs **4, 6**. Nicht leitende Dichtungen **26, 28, 30, 32** sehen Abdichtungen und eine elektrische Isolierung zwischen den mehreren Komponenten des Brennstoffzellenstapels **2** vor.

[0020] Die MEAs **4, 6** sind benachbart zu gasdurchlässigen leitenden Materialien, die als Diffusionsmedien **34, 36, 38, 40** bekannt sind, angeordnet. Die Gasdiffusionsmedien **34, 36, 38, 40** können Kohlenstoff oder Graphitdiffusionspapier umfassen. Die Gasdiffusionsmedien **34, 36, 38, 40** kontaktieren die MEAs **4, 6**. Die Endkontakteinheiten **14, 16** kontaktieren jeweils die Gasdiffusionsmedien **34, 40**. Die Bipolarplattenanordnung **8** kontaktiert die Gasdiffusionsmedien **36** an der Anodenseite der MEA **4**, die zum Aufnehmen von wasserstoffführenden Reaktand ausgelegt ist, und kontaktiert auch das Gasdiffusionsmedium **38** an der Kathodenseite der MEA **6**, das zum Aufnehmen von sauerstoffführenden Reaktand ausgelegt ist. Sauerstoff wird der Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels **2** aus einem Speichertank **46**, zum Beispiel mittels einer geeigneten Zufuhrleitung **42**, zugeführt. Wasserstoff wird der Anodenseite der Brennstoffzelle aus einem Speichertank **48**, zum Beispiel mittels einer geeigneten Zufuhrleitung **44**, zugeführt. Alternativ kann der Kathodenseite Umgebungsluft als Sauerstoffquelle und der Anode Wasserstoff von einem Methanol- oder Benzinreformer oder dergleichen zugeführt werden. Abgasleitungen (nicht gezeigt) für sowohl die Anoden- als auch die Kathodenseite der MEAs **4, 6** werden ebenfalls vorgesehen. Zusätzliche Leitungen **50, 52, 54** sind zum Zuführen von flüssigem Kühlmittel zur Bipolarplattenanordnung **8** und den Endplatten **14, 16** vorgesehen. Geeignete Leitungen zum Ablassen von Kühlmittel aus der Bipolarplattenanordnung **8** und den Endplatten **14, 16** sind ebenfalls vorgesehen (nicht gezeigt).

[0021] Unter Bezug als Nächstes auf [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) wird die Bipolarplattenanordnung **8** näher gezeigt. Die Bipolarplattenanordnung **8** umfasst eine erste Unipolarplatte **200** und eine zweite Unipolarplatte **202**. Die erste Unipolarplatte **200** weist eine erste aktive Oberfläche **204** mit mehreren darin ausgebildeten ersten Strömungskanälen **206** auf. Die mehreren ersten Strömungskanäle **206** sind dafür ausgelegt, den Brennstoff und die Oxidansgase über die erste aktive Oberfläche **204** zu verteilen. Die mehreren ersten Strömungskanäle **206** legen mehrere dazwischen angeordnete Stege **208** fest. An einer zweiten aktiven Oberfläche **210** der zweiten Unipolarplatte **202** sind mehrere ähnliche zweite Strömungskanäle (gezeigt in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#)) und zweite Stege (gezeigt in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#)) ausgebildet.

[0022] Die Bipolarplattenanordnung **8** umfasst weiterhin mehrere Gasöffnungen **212** und mehrere Kühlmittelöffnungen **214**, die in der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** ausgebildet sind. Die Gasöffnungen **212** und die Kühlmittelöffnungen **214** sehen Einlass- und Auslasskanäle für den Brennstoff, das Oxidans und das Kühlmittel zum Strömen durch die Bipolarplattenanordnung **8** vor. Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass nach Bedarf verschiedene Auslegungen der Strömungskanäle **206**, der Stege **208**, der Gasöffnungen **212** und der Kühlmittelöffnungen **214** verwendet werden können. Es sollte auch klar sein, dass die vorliegende Offenbarung nicht auf ein bestimmtes Strömungsfeldmuster beschränkt ist, sondern unabhängig von dem Strömungsfeldmuster Anwendung bei Bipolarplattenanordnungen findet.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die erste Unipolarplatte **200** einen ersten Umfangsflansch **216** und die zweite Unipolarplatte **202** umfasst einen zweiten Umfangsflansch **218**. Bei Ausrichten und Zusammenbau der Bipolarplattenanordnung **8** wirken der erste Umfangsflansch **216** und der zweite Umfangsflansch **218** zusammen, um einen Umfang **220** der Bipolarplattenanordnung **8** zu bilden.

[0024] Wie am Besten in [Fig. 2b](#) dargestellt ist, weist die erste Unipolarplatte **200** eine erste Innenfläche **222** auf und die zweite Unipolarplatte **202** weist eine zweite Innenfläche **224** auf. Die zweite Innenfläche **224** umfasst mehrere darin ausgebildete zweite Kühlmittelkanäle **226**. Die mehreren zweiten Kühlmittelkanäle **226** sind dafür ausgelegt, ein Kühlmittel zur zweiten Innenfläche **224** zu verteilen, wodurch eine Temperatur der Bipolarplattenanordnung **8** und des Brennstoffzellenstapels **2** reguliert wird. Die mehreren zweiten Kühlmittelkanäle **226** legen mehrere zweite Kühlmittelstege **228** fest, die dazwischen angeordnet sind. Ein Durchschnittsfachmann sollte erkennen, dass mehrere ähnliche erste Kühlmittelkanäle (in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) gezeigt) und erste Kühlmittelstege (in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) gezeigt) an der ersten Innenfläche **222** der ersten Unipolarplatte **200** ausgebildet sind. Die mehreren ersten Kühlmittelkanäle und die mehreren zweiten Kühlmittelkanäle **226** sind dafür ausgelegt, nach Zusammenbau der Bipolarplattenanordnung **8** zusammenzuwirken, und bilden in einem Innenraum der Bipolarplattenanordnung **8** ein Kühlmittelströmungsfeld **230**. Es sollte auch klar

sein, dass die vorliegende Offenbarung nicht auf ein bestimmtes Kühlmittelströmungsfeldmuster beschränkt ist, sondern unabhängig von dem Kühlmittelströmungsfeldmuster Anwendung bei Bipolarplattenanordnungen findet.

[0025] Die erste und zweite Unipolarplatte **200, 202** sind aus einem elektrisch leitenden Material gebildet. Geeignete Materialien umfassen zum Beispiel ein Metall, eine Metalllegierung oder einen Verbundwerkstoff. Die Metalle, Metalllegierungen und Verbundwerkstoffe weisen ausreichende Haltbarkeit und Festigkeit auf, um als Lagen in der Bipolarplattenanordnung **8** des Brennstoffzellenstapels **2** zu dienen. Weitere Auslegungseigenschaften, die bei der Wahl eines Materials für die Unipolarplatten **200, 202** in Betracht gezogen werden, umfassen Gaspermeabilität, Leitfähigkeit, Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Musterausbildung, thermische Stabilität und Musterstabilität, maschinelle Bearbeitbarkeit, Verbindbarkeit und Verfügbarkeit. Geeignete Metalle und Metalllegierungen umfassen Aluminium, Titan, Platin, rostfreien Stahl bzw. Edelstahl, Karbonstahl, nickelbasierte Legierungen, Tantal, Niob sowie Legierungen und Kombinationen derselben, sind aber nicht hierauf beschränkt. Verbundwerkstoffe umfassen zum Beispiel Graphit, Graphitfolie, leitende Partikel (z. B. Graphitpulver) in einer Polymermatrix, Kohlenstoffaserpapier und Polymerlaminat, Polymerplatten mit Metallkernen, leitend beschichtete Polymerplatten und Kombinationen derselben umfassen, sind aber nicht hierauf beschränkt.

[0026] Die erste und die zweite Unipolarplatte **200, 202** sind typischerweise dünn. Die erste und die zweite Unipolarplatte **200, 202** können zum Beispiel eine Dicke von etwa 0,05 mm bis etwa 0,5 mm aufweisen. Es versteht sich, dass andere Dicken nach Bedarf verwendet werden können. Die erste und zweite Unipolarplatte **200, 202** werden ferner durch ein beliebiges aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren gebildet, einschließlich maschinelle Bearbeitung, Formen, Fräsen, Schneiden, Stanzen, Photoätzen, beispielweise durch eine photolithographische Maske, oder jeden anderen geeigneten Konstruktions- und Herstellungsvorgang. Es wird in Betracht gezogen, dass die Unipolarplatten **200, 202** einen Laminataufbau mit einer flachen Lage und einer zusätzlichen Lage, die eine Reihe von äußeren Fluidströmungskanälen umfasst, umfassen kann.

[0027] Bei bestimmten Ausführungsformen weist mindestens eine von: den aktiven Oberflächen **204, 201** und den Innenflächen **222, 224** der Unipolarplatten **200, 202** eine (nicht dargestellte) Beschichtung auf. Die Beschichtung kann dafür ausgelegt sein, zum Beispiel Korrosionsbeständigkeit, Wärmeleitfähigkeit und optimierte elektrische Leitfähigkeit sowie Übergangswiderstand vorzusehen. Bei Ausführungsformen, bei denen die Innenflächen **222, 224** beschichtet sind, kann die Beschichtung elektrisches Strömen, das durch Kontakt von Metall zu Metall der jeweiligen Beschichtungen an jeder der Innenflächen **222, 224** gebildet wird, erleichtern.

[0028] Als nicht einschränkendes Beispiel umfasst die Beschichtung Edelmetalle, Metalloxide und Kombinationen derselben. Geeignete Edelmetalle für Beschichtungen umfassen zum Beispiel Gold (Au), Silber (Ag), Iridium (Ir), Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Osmium (Os), Palladium (Pd) und Platin (Pt). In bestimmten Ausführungsformen ist das für die Beschichtung der aktiven Oberflächen **204, 210** verwendete Metall Gold (Au). Geeignete Metalloxide für die Beschichtung sind Hafniumdioxid (HfO_2), Zirkoniumdioxid (ZrO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zinnoxid (SnO_2), Tantalpentoxid (Ta_2O_5), Niobpentoxid (Nb_2O_5), Molybdändioxid (MoO_2), Iridiumdioxid (IrO_2), Rutheniumdioxid (RuO_2) und Mischungen derselben, sind aber nicht hierauf beschränkt. Die Beschichtungen werden typischerweise unter Verwendung eines branchenüblichen Prozesses aufgebracht. Als nicht einschränkende Beispiele werden die Beschichtungen durch eines von: Galvanisieren, stromloses Abscheiden und physikalisches Dampfabscheiden aufgebracht. Es versteht sich, dass nach Bedarf andere geeignete Verfahren zum Aufbringen der Beschichtungen verwendet werden können.

[0029] In bestimmten Ausführungsformen ist die Beschichtung hydrophil und dafür ausgelegt, während des Betriebs des Brennstoffzellenstapels **2** ein Entfernen von flüssigem Wasser von den aktiven Oberflächen **204, 210** zu erleichtern. Geeignete hydrophile Beschichtungen können die hierin beschriebenen und aus dem Stand der Technik bekannten Edelmetallbeschichtungen umfassen. Weitere geeignete hydrophile Beschichtungen werden zum Beispiel in den gleichzeitig anhängigen U.S. Pat. Anmeldungen Seriennr. 11/068,489, 11/463,386 und 11/463,384, die hierin durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen sind, beschrieben. Als nicht einschränkende Beispiele kann die Beschichtung mindestens eine Si-O-Gruppe, mindestens eine polare Gruppe und mindestens eine Gruppe, die eine gesättigte oder ungesättigte Kohlenstoffkette umfasst, umfassen. In weiteren Ausführungsformen umfasst die Beschichtung mindestens eine Si-O-Gruppe und eine Si-R-Gruppe, wobei R eine gesättigte oder ungesättigte Kohlenstoffkette umfasst und das Molverhältnis von Si-R-Gruppen zu Si-O-Gruppen von 1/8 bis 1/2 reicht. Die Beschichtung kann auch durch beliebige Mittel aufgebracht werden, die zum Aufbringen von hydrophilen Beschichtungen ausreichen. Geeignete hydrophile Beschichtungen können auch Nanopartikel mit einer Größe, die von 1 bis 100 Nanometer reicht, umfassen, wobei die Nanopartikel eine Verbindung umfassen, die eine Si-O-Gruppe, eine gesättigte oder ungesättigte Kohlenstoffkette

und eine polare Gruppe umfasst. Es versteht sich, dass auch andere hydrophile Beschichtungen verwendet werden können.

[0030] Die hydrophilen Beschichtungen können durch jedes geeignete Verfahren einschließlich aber nicht ausschließlich Laminieren (beispielsweise Warmwalzen), Aufstreichen, Sprühen, Ausbreiten, Bundbeschichten, Silk-Screen-Drucken, Pulverbeschichten und Siebdrucken aufgebracht werden. Bei Bedarf können auch mehreren Schichten der Beschichtung aufgebracht werden.

[0031] In einer bestimmten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ist die erste Innenfläche **222** der ersten Unipolarplatte **200** benachbart der zweiten Innenfläche **224** der zweiten Unipolarplatte **202** angeordnet. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt sind die erste und die zweite Unipolarplatte **200**, **202** durch mehrere punktuelle elektrisch leitende Knoten **300** verbunden. Die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** sehen einen elektrisch leitenden Pfad vor, der die Bipolarplattenanordnung **8** in dem Brennstoffzellenstapel als Stromkollektor dienen lässt.

[0032] Die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** sind zum Beispiel aus mindestens einem von: einer Schweißung, einer Lötverbindung, einer Hartlötverbindung und einem Klebstoff gebildet. Es versteht sich, dass die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** aus einem Material mit einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit für die in dem Brennstoffzellenstapel **2** als Stromkollektor zu verwendende Bipolarplattenanordnung **8** gebildet sind. Ferner versteht sich, dass die Schweißung, die Lötverbindungen und die Hartlötverbindungen verwendet werden, wenn die Unipolarplatten **200**, **202** aus Metall oder Metalllegierungen gebildet sind, und dass die Klebstoffe bei Unipolarplatten **200**, **202** aus entweder Metall- oder Verbundwerkstoffen verwendet werden.

[0033] In einer Ausführungsform sind die elektrisch leitenden Knoten **300** Punktschweißverbindungen. Die Punktschweißverbindungen werden zum Beispiel durch Widerstandspunktschweißen, Laserschweißen oder Elektronenstrahlschweißen vorgesehen. Wenn die Knoten **300** Punktschweißverbindungen sind, versteht sich, dass die Knoten **300** aus im Wesentlichen dem gleichen Material wie die ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** gebildet sind. Die Punktschweißverbindungen können auch aus Buckeln gebildet sein, die an den Innenflächen **222**, **224** der Unipolarplatten **200**, **202** angeordnet sind und anschließend in einem als Buckelschweißen bekannten Prozess geschweißt werden. Geeignete Buckel können in die Unipolarplatten **200**, **202** gestanzt werden. Es versteht sich aber, dass Buckelschweißen weniger einheitliche Schweißungen als Punktschweißen zum Beispiel durch Widerstandsschweißen, Laserschweißen und Elektronenstrahlschweißen vorsehen kann. Die Punktschweißverbindungen verbinden die Innenflächen **222**, **224** fest und sehen zwischen den ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** einen elektrischen Pfad vor.

[0034] In weiteren Ausführungsformen sind die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** die Lötverbindungen oder die Hartlötverbindungen. Geeignete Löt- und Hartlötverfahren zum Bilden der mehreren leitenden Knoten sind aus dem Stand der Technik bekannt. Löten und Hartlöten nutzen zum Beispiel die Verwendung eines Füllstoffs. Löten wird im Allgemeinen so verstanden, dass es mit Füllstoffen mit einem Schmelzpunkt unter 450°C (800°F) verwendet wird, und Hartlöten wird mit Füllstoffen mit einem Schmelzpunkt von über 450°C verwendet. Als nicht einschränkendes Beispiel können örtlich begrenzte Folien des Löt- oder Hartlötmaterials zwischen den ersten und zweiten Innenflächen **222**, **224** angeordnet werden und dann auf die entsprechende Schmelztemperatur erwärmt werden, um die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** zu bilden. Es versteht sich, dass nach Bedarf alternative Löt- und Hartlötverfahren verwendet werden können.

[0035] Geeignete Metalle für die Lötverbindungen und die Hartlötverbindungen umfassen elektrisch leitende Materialien, die in dem Kühlmittel, das durch den Brennstoffzellenstapel **2** gepumpt werden soll, im Wesentlichen unlöslich sind. Wenn zum Beispiel Wasser als Kühlmittel verwendet werden soll, umfassen zulässige Metalle für die Löt- oder Hartlotmaterialien Chrom, Nickel, Silber, Gold, Platin und Titan sowie Legierungen derselben. Ein Durchschnittsfachmann wird erkennen, dass auch andere Löt- und Hartlötmaterialien verwendet werden können.

[0036] Die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** können weiterhin aus einem Klebstoff gebildet sein. Als nicht einschränkendes Beispiel ist der Klebstoff ein Polymerharz, beispielsweise ein wärmehärtbares oder thermoplastisches Harz. Geeignete Polymerharze umfassen Polyamidimide, Polyimide, Polyvinylester, Epoxide, Phenole, Novolacke, Urethane, Polyester, Polybismaleimide, Polyaniline, Polypropylen und Kombinationen derselben, sind aber nicht hierauf beschränkt. In bestimmten Ausführungsformen umfasst das Polymerharz einen elektrisch leitenden Füllstoff. Geeignete elektrisch leitende Füllstoffe umfassen Pulver oder Partikel von Edelmetallen wie Gold, Platin, Silber und Palladium sowie Nickel, Zinn, Graphit, Carbonschwarz und Mischungen derselben, sind aber nicht hierauf beschränkt.

[0037] Die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** sind zwischen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** angeordnet und über einer Fläche verteilt, die zum Beispiel durch eine Länge **302** und eine Breite **304** des Kühlmittelströmungsfelds **230** festgelegt ist. In bestimmten Ausführungsformen sind die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** im Wesentlichen gleichmäßig über der Fläche des Kühlmittelströmungsfelds **230** verteilt. In weiteren Ausführungsformen können die Knoten **300** in einer Matrix oder einer Anordnung vorgesehen sein, wobei zum Beispiel Knoten **300** alle 20 mm (Anordnung 20 mm × 20 mm) angeordnet sind. Ähnliche Anordnungen können mit anderen Verteilungen vorgesehen werden, zum Beispiel 5 mm × 5 mm Anordnungen, 10 mm × 10 mm Anordnungen und 15 mm × 15 mm Anordnungen. Es versteht sich, dass bei Bedarf andere Verteilungen der elektrisch leitenden Knoten **300** verwendet werden können.

[0038] Bezüglich [Fig. 4a](#) ist eine nicht verschachtelte Auslegung der ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** vorgesehen. In dieser Ausführungsform sind die mehreren leitenden Knoten **300** zum Beispiel zwischen benachbarten Strömungsfeldern **206**, **400** der ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** vorgesehen. Somit sind die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** zum Verschmelzen der Kühlmittelstege **402**, **228** der ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** ausgelegt, wodurch die Bipolarplattenanordnung **8** verbunden und das Kühlmittelströmungsfeld **230** gebildet wird.

[0039] Unter Bezug nun auf [Fig. 4b](#) wird eine verschachtelte Auslegung der ersten und zweiten Bipolarplatten **200**, **202** vorgesehen. Nicht einschränkende Beispiele von verschachtelten Auslegungen werden von Goebel in U.S. Pat. Nr. 6,974,648 und Goebel et al. in U.S. Patentanmeldung Veröffentl. Nr. 2006/0127706 beschrieben, deren Offenbarung hierin durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen wird. In der verschachtelten Auslegung sind die mehreren leitenden Knoten **300** zum Beispiel zwischen den mehreren ersten Stegen **208** und den mehreren zweiten Strömungskanälen **400** angeordnet. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die verschachtelte Auslegung die erste Unipolarplatte **200** mit den mehreren ersten Strömungskanälen **206** und den mehreren ersten Stegen **208**. Die mehreren ersten Strömungskanäle und Stege **206**, **208** können gegenüber den mehreren zweiten Strömungskanälen **400** und den mehreren zweiten Stegen **404** der zweiten Unipolarplatte **202** andere Abmessungen aufweisen. D. h. die ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** sind bei Stapelung verschachtelt. Somit sind die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** zum Verschmelzen der mehreren zweiten Kühlmittelstege **228**, die in der zweiten Unipolarplatte ausgebildet sind, mit den mehreren ersten Kühlmittelkanälen **406**, die in der ersten Unipolarplatte **200** ausgebildet sind, ausgelegt.

[0040] In einem nicht einschränkenden Beispiel reicht die Verteilungsdichte der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** von etwa 0,10 Knoten pro cm² bis etwa 10 Knoten pro cm². In einer bestimmten Ausführungsform liegt die Verteilungsdichte der mehreren elektrisch leitenden Knoten bei etwa 0,25 Knoten pro cm² bis etwa 4 Knoten pro cm². In einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Offenbarung liegt die Verteilungsdichte der mehreren elektrisch leitenden Knoten bei etwa 1 Knoten pro cm². Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass bei Bedarf andere Verteilungsdichten verwendet werden können und zum Beispiel von der bestimmten gewählten Auslegung des Kühlmittelströmungsfelds **300** abhängen können.

[0041] Die mittlere Größe jedes der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** wird im Allgemeinen nach Bedarf gewählt. Als nicht einschränkendes Beispiel wird die mittlere Größe der Knoten **300** so gewählt, dass die zum Verbinden der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** erforderliche Materialmenge minimiert wird. In einem weiteren Beispiel wird die mittlere Größe der Knoten **300** so gewählt, dass sie einen zulässigen Spannungsabfall zwischen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** vorsieht, während sich der Brennstoffzellenstapel **2** in Betrieb befindet. In veranschaulichenden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung weist mindestens einer der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** einen mittleren Durchmesser von weniger als etwa 0,5 mm auf. In weiteren Ausführungsformen weist mindestens einer der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** einen mittleren Durchmesser von weniger als etwa 0,3 mm auf. In bestimmten Ausführungsformen weist mindestens einer der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** einen mittleren Durchmesser von weniger als etwa 0,1 mm auf. Als nicht einschränkendes Beispiel weist jeder der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300**, die zum Verbinden der ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** verwendet werden, einen mittleren Durchmesser von etwa 0,1 mm auf.

[0042] In bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung reicht die Verteilungsdichte und die Knotengröße der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** aus, um unter Betriebsdrücken des Brennstoffzellenstapels **2** einen Spannungsabfall von weniger als etwa 4 mV bei einer Stromdichte von 1 A/cm² vorzusehen. In einer besonders veranschaulichenden Ausführungsform weisen die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** die Verteilungsdichte und Knotengröße auf, die bei Betriebsdrücken des Brennstoffzellenstapels **2** zum Vorsehen eines Spannungsabfalls von weniger als etwa 2 mV bei der Stromdichte von 1 A/cm² ausreichen. Als nicht einschränkendes Beispiel beträgt der bei den mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** erfahrene Span-

nungsabfall unter Betriebsdrücken des Brennstoffzellenstapels **2** weniger als etwa 1 mV bei der Stromdichte 1 A/cm². Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass der Spannungsabfall nach Bedarf gewählt werden kann, zum Beispiel beruhend auf Variablen wie der Verteilungsdichte, der mittleren Größe der einzelnen Knoten **300** und den für die Knoten **300** gewählten Materialien. Ferner versteht sich, dass die Verteilungsdichte und die mittlere Größe der einzelnen Knoten **300** nach Bedarf gewählt werden kann, um den Spannungsabfall zu minimieren.

[0043] Unter erneutem Bezug auf [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) sind der erste Umfangsflansch **216** und der zweite Umfangsflansch **218** verbunden, um den Umfang **220** abzudichten. In bestimmten Ausführungsformen ist der erste Umfangsflansch **216** mit dem zweiten Umfangsflansch **218** verbunden, um dazwischen eine hermetische Abdichtung zu bilden. Die hermetische Abdichtung ist dafür ausgelegt, an der Kontaktstelle des ersten Umfangsflansches **216** und des zweiten Umfangsflansches **218** eine fluiddichte Umkleidung zwischen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** vorzusehen. Die fluiddichte Umkleidung wirkt einem Transport eines Fluids durch diese entgegen.

[0044] In bestimmten Ausführungsformen ist die hermetische Abdichtung aus einem von: einer Schweißverbindung, einer Lötverbindung, einer Hartlötverbindung und einem Klebstoff zwischen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** benachbart dem Umfang **220** gebildet. Es versteht sich, dass die hermetische Abdichtung nach Bedarf durch andere Mittel gebildet werden kann. Als nicht einschränkendes Beispiel ist ferner eine (nicht dargestellte) Polymerabdichtung zwischen der ersten und zweiten Unipolarplatte **200**, **202** angeordnet und umschreibt das Kühlmittelströmungsfeld **230**. Die Abdichtung ist dafür ausgelegt, den ersten und den zweiten Umfangsflansch **216**, **218** weiter hermetisch abzudichten.

[0045] Weiterhin wird ein Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung **8** der vorliegenden Offenbarung vorgesehen. Das Verfahren umfasst zunächst die Schritte des Vorsehens der ersten Unipolarplatte **200** mit der ersten Innenfläche **22** und des Vorsehens der zweiten Unipolarplatte **200** mit der zweiten Innenfläche **224**. Es versteht sich, dass beruhend auf dem Verfahren, das zum Vorsehen der Unipolarplatten **200**, **202** verwendet wird, ein Abgraten von überschüssigem Material aus dem Ausbildungsprozess erforderlich sein kann.

[0046] Das Verfahren umfasst weiterhin das Positionieren der ersten Innenfläche **222** benachbart der zweiten Innenfläche **224**, zum Beispiel durch Setzen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** in eine im Wesentlichen vertikale Ausrichtung. Das Positionieren der ersten und zweiten Innenflächen **222**, **224** wird zum Beispiel durch Setzen der ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202** in eine geeignete Einspannvorrichtung verwirklicht. Das Positionieren der ersten Innenfläche **222** und der zweiten Innenfläche kann weiterhin das Ausüben eines Drucks, zum Beispiel durch Erzeugen eines Unterdrucks zwischen der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202**, umfassen. In weiteren Ausführungsformen werden die erste und die zweite Unipolarplatte **200**, **202** einfach durch Ausüben einer Kraft oder eines Drucks auf die zusammengebauten Lagen festgespannt. Es versteht sich, dass andere Mittel zum Ausüben eines Drucks, der zum Sicherstellen von Kontakt der ersten und der zweiten Unipolarplatten **200**, **202** ausreicht, während des Verbindens nach Bedarf verwendet werden können.

[0047] Das Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung **8** umfasst weiterhin einen Schritt des Verbindens der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** mit den mehreren punktuellen elektrisch leitenden Knoten **300**. Das Verbinden wird zum Beispiel wie hierin beschrieben durch mindestens eines von: Schweißen, Löten, Hartlöten und Verbinden der ersten und zweiten Unipolarplatte **200**, **202** mit einem Klebstoff verwirklicht. Als nicht einschränkende Beispiele umfasst das Schweißen mindestens eines von Laserschweißen, Widerstandsschweißen und Elektronenstrahlschweißen. In einem anderen Beispiel umfasst das Schweißen Buckelschweißen. In einer besonders veranschaulichenden Ausführungsform umfasst der Schritt des Verbindens der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** Widerstandspunktschweißen (RSW, kurz vom engl. Resistance Spot Welding). Es versteht sich, dass andere geeignete Verfahren zum Bilden der mehreren elektrisch leitenden Knoten zwischen den Unipolarplatten **200**, **202** nach Bedarf verwendet werden können.

[0048] In einer anderen Ausführungsform umfasst das Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung **8** das Vorsehen örtlich begrenzter Mengen von Klebstoff zwischen den ersten und zweiten Unipolarplatten **200**, **202**. Der Klebstoff wird zum Beispiel als punktuelle Tropfen in einer Matrix zwischen der ersten und zweiten Unipolarplatte **200**, **202** vorgesehen. Im Fall eines thermoplastischen Klebstoffs können die Tropfen anschließend geschmolzen und gekühlt werden, damit sie sich verfestigen und die ersten Innenfläche **222** an der zweiten Innenfläche **224** befestigen. Die Tropfen können im Fall von wärmehärtbaren Polymeren auch gehärtet werden, um die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** zu bilden. In anderen Ausführungsformen kann eine

Schicht des Klebstoffs zwischen der ersten und zweiten Unipolarplatte **200**, **202** aufgebracht werden und es kann Wärmeenergie auf örtlich begrenzte Bereiche ausgeübt werden, wodurch der Klebstoff gehärtet und die mehreren Knoten **300** erzeugt werden. Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass nach Bedarf andere Mittel zum Vorsehen örtlich begrenzter Mengen des elektrisch leitenden Klebstoffs verwendet werden können.

[0049] In einer weiteren Ausführungsform nach der vorliegenden Offenbarung umfasst das Verfahren zum Erzeugen der Bipolarplattenanordnung **8** den Schritt des Verbindens des ersten und zweiten Umfangsflansches **216**, **218**, um eine hermetische Abdichtung zu bilden. Wie beim Bilden der mehreren punktuellen elektrisch leitenden Knoten **300** wird das Verbinden der Flansche **216**, **218** zum Bilden der hermetischen Abdichtung durch mindestens eines von: Schweißen, Löten, Hartlöten und Verwenden eines Klebstoffs ausgeführt. In einer bestimmten Ausführungsform wird die hermetische Abdichtung durch Laserschweißen (LW) gebildet. Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass nach Bedarf alternative Mittel zum Bilden der hermetischen Abdichtung verwendet werden können.

[0050] Als nicht einschränkendes Beispiel kann der Schritt des Verbindens der ersten Unipolarplatte **200** und der zweiten Unipolarplatte **202** das Auftragen eines elektrisch leitenden Klebstoffs, zum Beispiel eines wärmehärtbaren Polymers, zwischen der ersten und zweiten Innenfläche **222**, **224** umfassen. Das Verbinden wird dann wie hierin beschrieben durch Bilden der mehreren elektrisch leitenden Knoten **300**, zum Beispiel durch Widerstandspunktschweißen, ausgeführt. Die verbundene Bipolarplattenanordnung **8** wird dann auf eine Temperatur erwärmt, bei der das wärmehärtbare Polymer gehärtet wird, wodurch eine hermetische Abdichtung an dem Umfang **220** der Bipolarplattenanordnung gebildet wird.

[0051] Das Verbinden der ersten und der zweiten Unipolarplatte **200**, **202** kann in einer im Wesentlichen sauerstofffreien Atmosphäre durchgeführt werden. In bestimmten Ausführungsformen wird das Verbinden in einer feuchtigkeitsfreien Atmosphäre durchgeführt. In einem veranschaulichenden Beispiel erfolgt das Verbinden unter einer trockenen inerten Atmosphäre, zum Beispiel Stickstoff, Argon und dergleichen. Es versteht sich, dass nach Bedarf andere geeignete Atmosphären verwendet werden können.

[0052] Überraschenderweise wurde festgestellt, dass die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** einen stabilen Pfad niedrigen elektrischen Widerstands zwischen der ersten und zweiten Unipolarplatte **200**, **202** vorsehen. Ein Durchschnittsfachmann sollte würdigen, dass ein solcher Pfad nun mit einer optimierten Menge an Material vorgesehen wird, das zum Verbinden der Unipolarplatten **200**, **202** verwendet wird. Die Verfahren der Offenbarung können auch verglichen mit herkömmlichen Prozessen zum Erzeugen von vollständig verbundenen Bipolarplattenanordnungen schneller ausgeführt werden.

[0053] Ein Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass die mehreren leitenden Knoten **300** der Offenbarung unter Kompression einen größeren Betrag mechanischer Verstärkung bieten, als bei herkömmlichen Bipolarplattenanordnungen **8** beobachtet wird, die nur eine elektrisch leitende Beschichtung auf den Innenflächen **222**, **224** haben. Die durch die mehreren leitenden Knoten vorgesehene mechanische Verstärkung ist unter bestimmten Umständen erwünscht, wenn eine spätere Kraft an dem Brennstoffzellenstapel **2** angelegt wird, zum Beispiel während Fahrmanövern eines durch den Brennstoffzellenstapel **2** betriebenen Fahrzeugs. Die mechanische Verstärkung wirkt unter solchen Bedingungen einem „Akkordeon“-Effekt in dem Brennstoffzellenstapel **2** entgegen.

[0054] Überraschenderweise wurde festgestellt, dass die erste und zweite Unipolarplatte **200**, **202** mit einer Beschichtung auf mindestens einer der aktiven Oberflächen **204**, **210** und den Innenflächen **222**, **224** punktverschweißt werden können und die mehreren elektrisch leitenden Knoten **300** nach der vorliegenden Offenbarung vorsehen. Analog wird bezüglich der Unipolarplatten **200**, **202**, die aus Verbundwerkstoffen gebildet sind, unerwarteterweise entdeckt, dass die mehreren leitenden Knoten einem Fachmann das Verzichten auf das Polieren oder Entfernen einer Hautschicht aus Polymer erlauben (um Graphit für elektrischen Kontakt freizulegen), die sich auf solchen Verbundwerkstoffen bildet. Ein solcher Schritt ist typischerweise bei herkömmlichen Bipolarplattenanordnungen **8** erforderlich, die aus Verbundwerkstoffen gebildet sind.

Beispiel

[0055] Wie in Tabelle 1 ersichtlich ist, wurden Messungen des Spannungsabfalls (Widerstand) aus Probenstücken erhalten, die die hierin beschriebenen mehreren elektrisch leitenden Knoten umfassten. Es versteht sich, dass die vorliegende Offenbarung nicht durch die hierin beschriebenen Proben beschränkt ist.

TABELLE 1

Spannungsabfall (Widerstand) des Probenstücks				
Kompressionsdruck (psi)	Knotendurchmesser (mm)	Anzahl an Knoten	Anordnung (mm × mm)	Spannungsabfall (mv)
100	0.07	400	(5 × 5)	1.7
100	0.07	100	(10 × 10)	2.6
100	0.07	25	(20 × 20)	5.3
100	0.1	400	(5 × 5)	1.1
100	0.1	100	(10 × 10)	2.9
100	0.1	25	(20 × 20)	0.9
100	0.2	400	(5 × 5)	2.8
100	0.2	100	(10 × 10)	1.3
100	0.2	25	(20 × 20)	0.6
200	0.07	400	(5 × 5)	1.1
200	0.07	100	(10 × 10)	1.8
200	0.07	25	(20 × 20)	5.0
200	0.1	400	(5 × 5)	0.6
200	0.1	100	(10 × 10)	1.7
200	0.1	25	(20 × 20)	1.0
200	0.2	400	(5 × 5)	1.8
200	0.2	100	(10 × 10)	1.1
200	0.2	25	(20 × 20)	1.0
300	0.07	400	(5 × 5)	0.8
300	0.07	100	(10 × 10)	1.6
300	0.07	25	(20 × 20)	4.8
300	0.1	400	(5 × 5)	0.6
300	0.1	100	(10 × 10)	1.1
300	0.1	25	(20 × 20)	1.2
300	0.2	400	(5 × 5)	1.4
300	0.2	100	(10 × 10)	1.1
300	0.2	25	(20 × 20)	1.4
400	0.07	400	(5 × 5)	0.4
400	0.07	100	(10 × 10)	1.8
400	0.07	25	(20 × 20)	4.9
400	0.1	400	(5 × 5)	0.4
400	0.1	100	(10 × 10)	0.7
400	0.1	25	(20 × 20)	1.4
400	0.2	400	(5 × 5)	1.1
400	0.2	100	(10 × 10)	0.9
400	0.2	25	(20 × 20)	1.7

[0056] Aus 316L-Edelstahl-Probenstücken gebildete Proben wurden zur Erzeugung gemäß der vorliegenden Offenbarung vorgesehen. Die Maße der Probenstücke betragen in etwa 100 mm × 100 mm. Die Probenstücke wurden in Paare aufgeteilt und in eine Einspannvorrichtung gegeben. Die gepaarten Probenstücke wurden dann durch Widerstandspunktschweißen (RSW) verbunden, um die mehreren elektrisch leitenden Edelstahlknoten vorzusehen. Die verschiedenen Auslegungen von elektrisch leitenden Knoten umfassten die folgenden

Anordnungen: 5 mm × 5 mm Anordnungen mit einer Gesamtanzahl von 400 Knoten; 10 mm × 10 mm Anordnungen mit einer Gesamtanzahl von 100 Schweißverbindungen; und 20 mm × 20 mm Anordnungen mit einer Gesamtanzahl von 25 Schweißverbindungen. Es wurden auch verschiedene Knotengröße vorgesehen und diese umfassten Knoten mit Durchmessern von etwa 0,7 mm, etwa 1,0 mm, und etwa 2,0 mm.

[0057] Der Spannungsabfall der Probenstücke mit den mehreren elektrisch leitenden Knoten wurde durch aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren getestet. Es wurde eine Testvorrichtung, die eine Carver-Presse mit einem Paar vergoldeter Platten umfasste, vorgesehen. Die Proben wurden einzeln zwischen einem ersten und einem zweiten elektrisch leitenden Karbonpapiermedium ((1 mm Toray-Karbonpapier, im Handel von Toray Industries, Inc. erhältlich) und den vergoldeten Platten lagenartig eingeschlossen. Ein elektrischer Strom von 1 A/cm² wurde durch eine Gleichstromversorgung (z. B. eine Xantrex XFR12-100 Gleichstromquelle) an dem Paar vergoldeter Platten angelegt. Der Spannungsabfall wurde über dem Paar verbundener Probenstücke, die die einzelnen Proben bildeten gemessen. Der Spannungsabfall der einzelnen Proben wurde bei vier Kompressionskraftzunahmen gemessen: 100 psi (690 kPa), 200 psi (1380 kPa), 300 psi (2070 kPa) und 400 psi (2760 kPa).

[0058] Wie in Tabelle 1 gezeigt können die Proben mit den mehreren elektrisch leitenden Knoten einen mittleren Spannungsabfall von unter etwa 3 mV, in bestimmten Auslegungen unter etwa 2 mV und in besonders veranschaulichenden Auslegungen unter etwa 1 mV haben. Es versteht sich, dass die Kompressionslast an einem Brennstoffzellenstapel unter herkömmlichen Betriebsbedingungen typischerweise zwischen etwa 200 psi und etwa 400 psi liegt. Somit sollte ein Durchschnittsfachmann verstehen, dass die mehreren elektrisch leitenden Knoten überraschenderweise einen annehmbaren Kontaktwiderstand im gesamten Bereich typischerweise angelegter Lasten vorsehen.

[0059] Während zum Zweck der Veranschaulichung der Erfindung bestimmte charakteristische Ausführungsformen und Einzelheiten gezeigt wurden, versteht sich für den Fachmann, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der Offenbarung abzuweichen, der in den folgenden beigefügten Ansprüchen weiter beschrieben wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5776624 [\[0004\]](#)
- US 6887610 [\[0004\]](#)
- US 6942941 [\[0004\]](#)
- US 7009136 [\[0004\]](#)
- US 6974648 [\[0039\]](#)

Patentansprüche

1. Bipolarplattenanordnung für eine Brennstoffzelle umfassend:
eine erste Unipolarplatte; und
eine zweite Unipolarplatte, die benachbart der ersten Unipolarplatte angeordnet und mit der ersten Unipolarplatte durch mehrere punktuelle elektrisch leitende Knoten verbunden ist.
2. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Unipolarplatte mehrere erste Kühlmittelkanäle aufweist, die in einer ersten Innenfläche derselben ausgebildet sind, und die zweite Unipolarplatte mehrere zweite Kühlmittelkanäle aufweist, die in einer zweiten Innenfläche derselben ausgebildet sind, wobei die mehreren ersten Kühlmittelkanäle und die mehreren zweiten Kühlmittelkanäle zusammenwirken, um ein Kühlmittelströmungsfeld in der Bipolarplattenanordnung zu bilden.
3. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 2, wobei ein Teil der mehreren elektrisch leitenden Knoten zwischen mindestens einem von: benachbarten ersten Kühlmittelkanälen und benachbarten zweiten Kühlmittelkanälen ausgebildet ist.
4. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei ein erster Umfangsflansch der ersten Unipolarplatte mit einem zweiten Umfangsflansch der zweiten Unipolarplatte verbunden ist, um eine im Wesentlichen hermetische Abdichtung dazwischen zu bilden.
5. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 4, wobei die Abdichtung aus einem von: einer Schweißverbindung, einer Lötverbindung, einer Hartlötverbindung und einem Klebstoff gebildet ist.
6. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei mindestens eine von erster Unipolarplatte und zweiter Unipolarplatte eine darauf abgeschiedene hydrophile Beschichtung aufweist.
7. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei die Knoten einen mittleren Durchmesser von unter etwa 0,3 mm aufweisen.
8. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 7, wobei die Knoten einen mittleren Durchmesser von unter etwa 0,1 mm aufweisen.
9. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei eine Dichte der Knoten zwischen etwa 0,25 Knoten/cm² bis etwa 4 Knoten/cm² liegt.
10. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei ein Spannungsabfall zwischen der ersten Unipolarplatte und der zweiten Unipolarplatte unter etwa 2 mV bei einer Stromdichte von 1 A/cm² liegt.
11. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei die Knoten aus mindestens einem von: einer Schweißverbindung, einer Lötverbindung, einer Hartlötverbindung und einem Klebstoff gebildet sind.
12. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 11, wobei die Knoten durch eine Punktschweißverbindung gebildet sind.
13. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei mindestens eine von erster Unipolarplatte und zweiter Unipolarplatte aus einem von: einem Metall, Graphit und einem Verbundwerkstoff gebildet ist.
14. Bipolarplattenanordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Unipolarplatte und die zweite Unipolarplatte aus Edelstahl gebildet sind.
15. Brennstoffzellenstapel umfassend:
mehrere in einer gestapelten Auslegung angeordnete Membranelektrodenanordnungen, wobei jede der mehreren Membranelektrodenanordnungen eine Kathode und eine Anode aufweist;
eine zwischen benachbarten Membranelektrodenanordnungen angeordnete Bipolarplattenanordnung, wobei die Bipolarplattenanordnung eine erste Unipolarplatte mit einer ersten Innenfläche, die benachbart einer zweiten Innenfläche einer zweiten Unipolarplatte angeordnet ist, umfasst, wobei die erste Unipolarplatte und die zweite Unipolarplatte durch mehrere punktuelle elektrisch leitende Knoten verbunden sind.
16. Verfahren zum Erzeugen einer Bipolarplattenanordnung für einen Brennstoffzellenstapel, das folgen-

de Schritte umfasst:

Vorsehen einer ersten Unipolarplatte mit einer ersten Innenfläche;

Vorsehen einer zweiten Unipolarplatte mit einer zweiten Innenfläche;

Positionieren der ersten Innenfläche benachbart der zweiten Innenfläche; und

Verbinden der ersten Unipolarplatte und der zweiten Unipolarplatte mit mehreren punktuellen elektrisch leitenden Knoten.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die erste Unipolarplatte und die zweite Unipolarplatte in einer Einspannvorrichtung positioniert werden.

18. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Verbindens der ersten Unipolarplatte und der zweiten Unipolarplatte Punktschweißen umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 16, das weiterhin den Schritt des Verbindens eines ersten Umfangsflansches der ersten Unipolarplatte mit einem zweiten Umfangsflansch der zweiten Unipolarplatte umfasst, wobei eine im Wesentlichen hermetische Abdichtung gebildet wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei der Schritt des Verbindens des ersten und des zweiten Umfangsflansches Laserschweißen umfasst.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

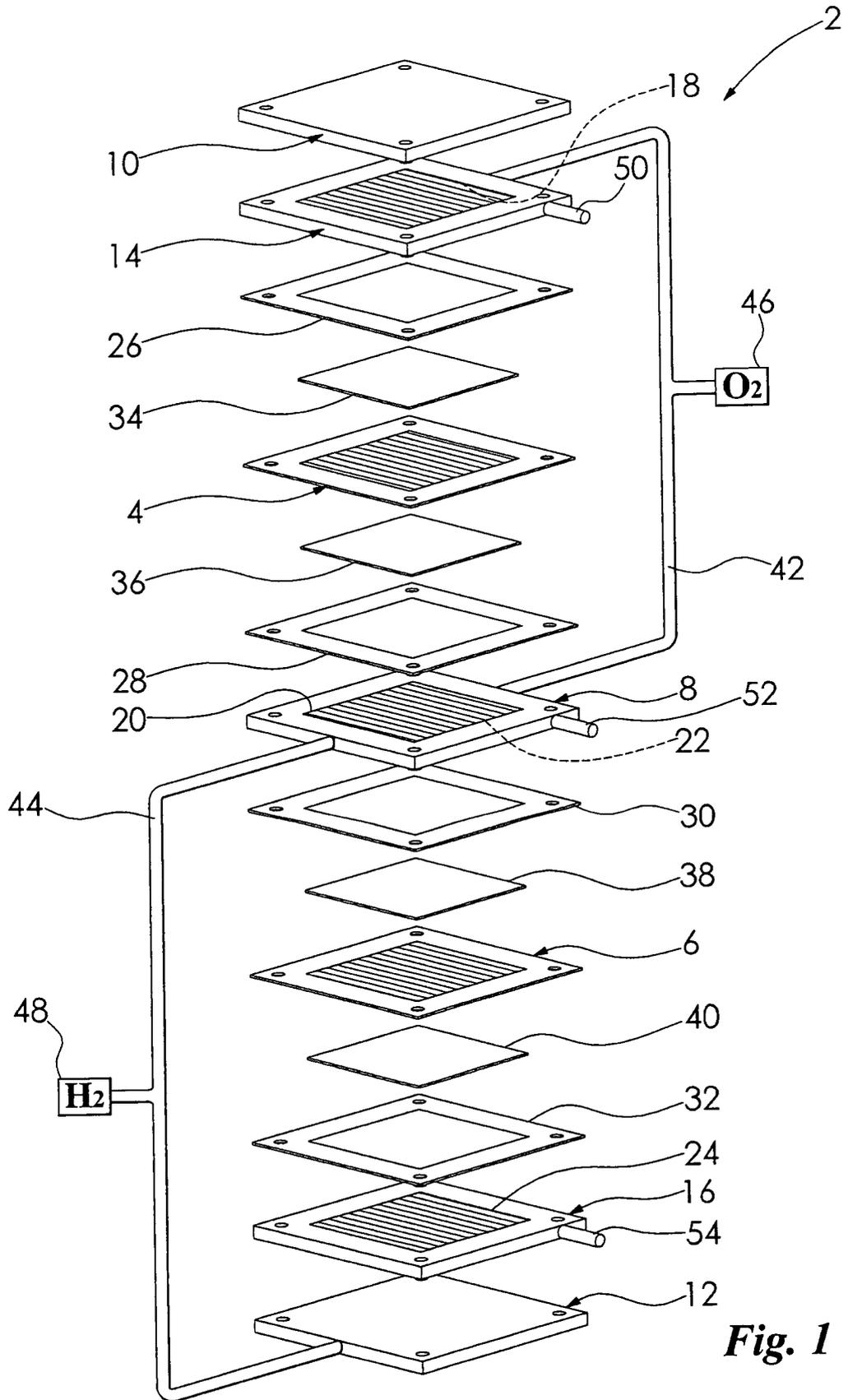


Fig. 1

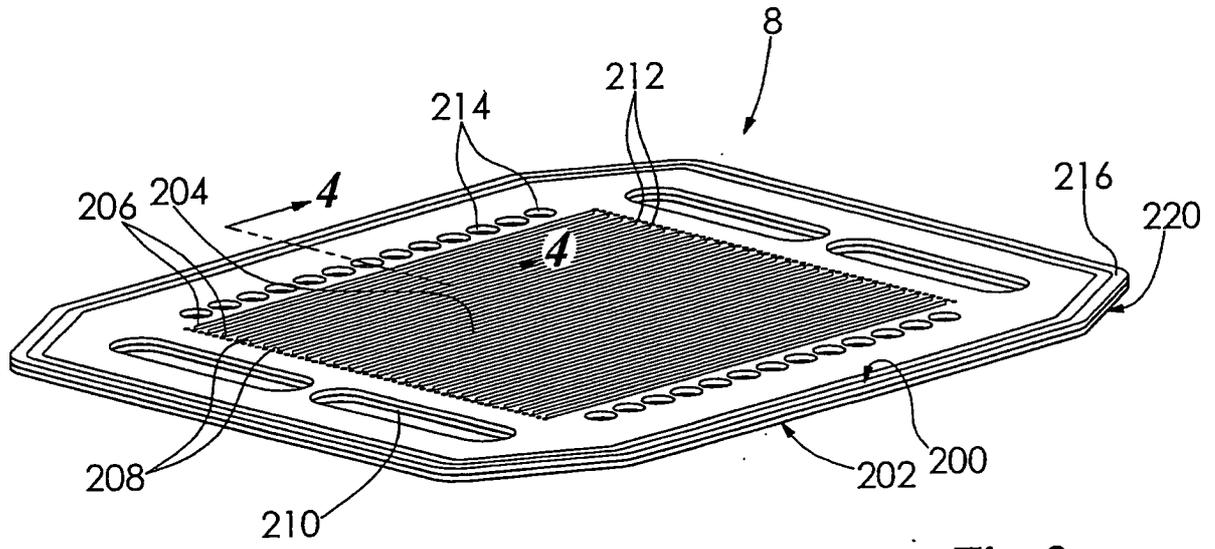


Fig. 2a

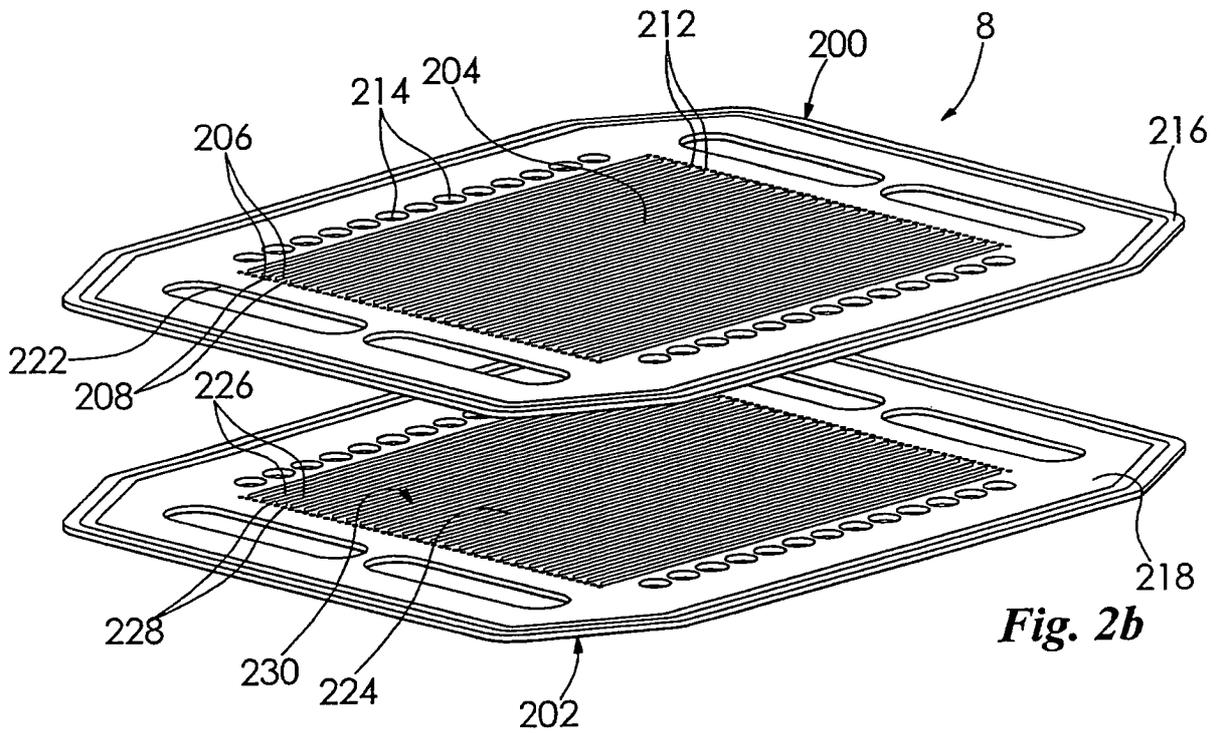


Fig. 2b

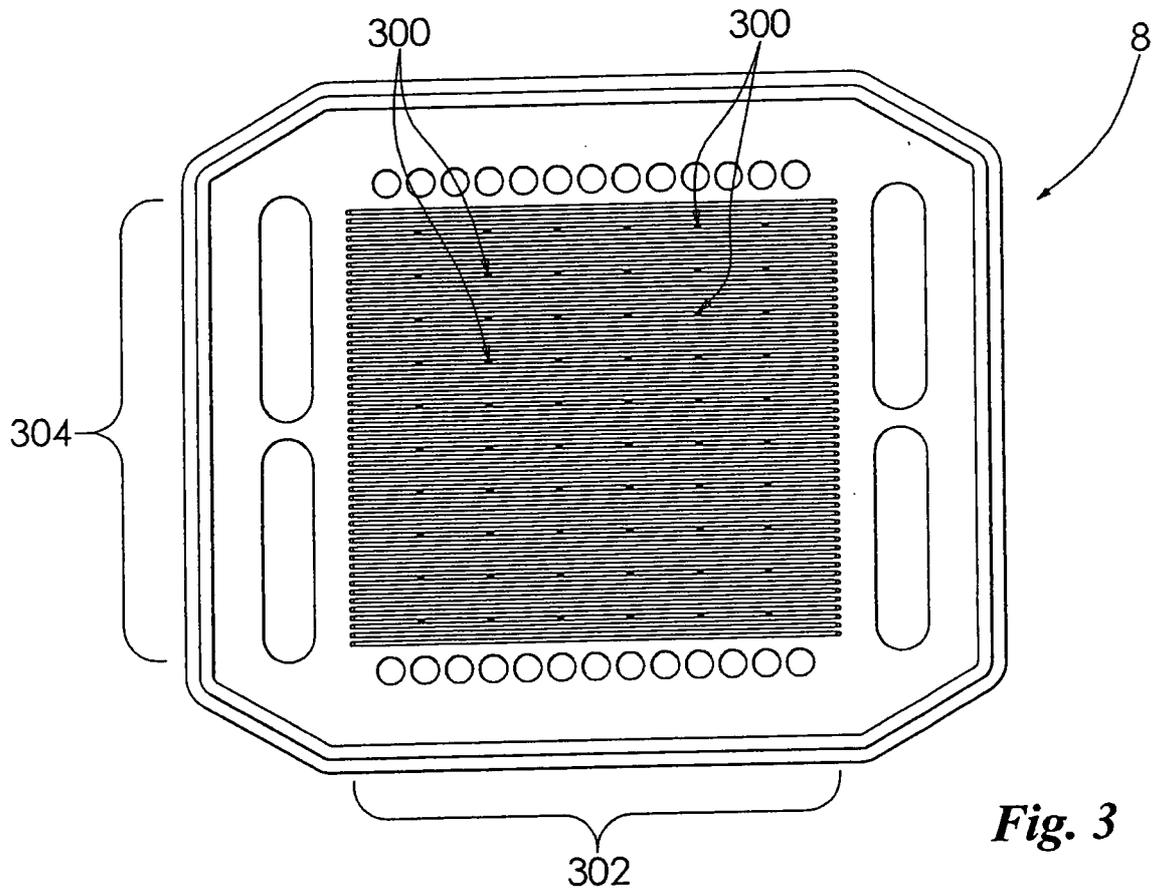


Fig. 3

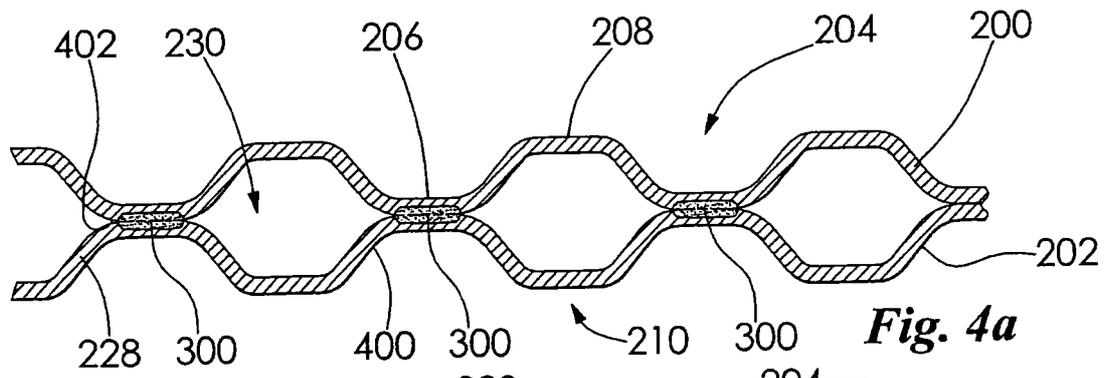


Fig. 4a

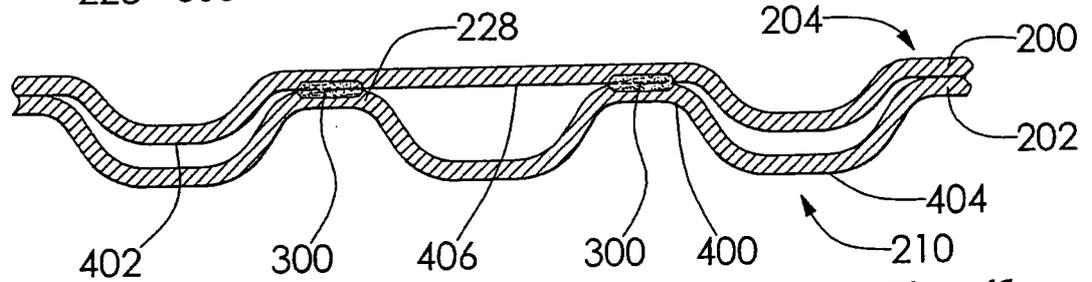


Fig. 4b