



(10) **DE 103 92 548 B4** 2019.01.31

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **103 92 548.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/10120**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/092107**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.2003**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.11.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **13.08.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.01.2019**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04029** (2016.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10/131,128 **24.04.2002** **US**

(72) Erfinder:
Lee, James H., Rochester, N.Y., US

(73) Patentinhaber:
**General Motors Corp. (n.d.Ges.d. Staates
Delaware), Detroit, Mich., US**

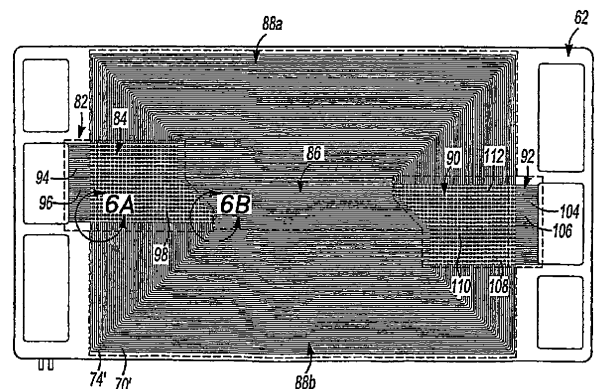
(56) Ermittelte Stand der Technik:

US **6 261 710** **B1**
EP **1 047 143** **A2**

(74) Vertreter:
**Manitz Finsterwald Patentanwälte PartmbB, 80336
München, DE**

(54) Bezeichnung: **Kühlmittel-Strömungsfeldkonstruktion für Brennstoffzellenstapel**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Bipolplattenzusammenbau zur Verwendung in einem Brennstoffzellenstapel vorgesehen, um Reaktanten an die Anoden- und Kathoden-seiten der Brennstoffzellen innerhalb des Stapels zu liefern. Der Bipolplattenzusammenbau umfasst eine erste und zweite Unterplatte, von denen jede eine erste Seitenfläche mit einem darin ausgebildeten Kühlmittelströmungsfeld und eine zweite Seitenfläche mit einem darin ausgebildeten Reaktantenströmungsfeld umfasst. Die Kühlmittelfelder der ersten und zweiten Unterplatten umfassen Bereiche mit variierendem Durchflussvolumen, die einen jeweiligen Strömungswiderstand dazwischen aufweisen. Die Bereiche mit variierendem Durchflussvolumen erlauben eine variable Kühlung über den Brennstoffzellenstapel hinweg, wodurch eine konstante Temperatur über den Brennstoffzellenstapel hinweg erreicht wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Plattenzusammenbau zum Leiten von Kühlmittel durch eine PEM-Brennstoffzelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie er beispielsweise aus der US 6,261,710 B1 bekannt geworden ist. Außerdem betrifft die Erfindung eine PEM-Brennstoffzelle mit solch einem Plattenzusammenbau.

[0002] Brennstoffzellen sind bei vielen Anwendungen als eine Energie- bzw. Antriebsquelle verwendet worden. Beispielsweise sind Brennstoffzellen zur Verwendung in elektrischen Fahrzeugantriebsanlagen als Ersatz für Verbrennungsmotoren vorgeschlagen worden. Bei Brennstoffzellen mit Protonenaustauschmembran (PEM) wird Wasserstoff an die Anode der Brennstoffzelle und Sauerstoff als das Oxidationsmittel an die Kathode geliefert. PEM-Brennstoffzellen umfassen eine Membranelektrodenanordnung (MEA) mit einer dünnen, protonendurchlässigen, nicht elektrisch leitenden Festpolymerelektrolytmembran, die auf einer Seite den Anodenkatalysator und auf der entgegengesetzten Seite den Kathodenkatalysator aufweist. Die MEA ist schichtartig zwischen einem Paar nicht poröser, elektrisch leitender Elemente oder Platten angeordnet, die (1) Elektronen von der Anode einer Brennstoffzelle an die Kathode der benachbarten Zelle eines Brennstoffzellenstapels leiten, (2) geeignete Kanäle und / oder Öffnungen umfassen, die darin zur Verteilung der gasförmigen Reaktanden der Brennstoffzelle über die Oberflächen der jeweiligen Anoden- und Kathodenkatalysatoren ausgebildet sind; und (3) geeignete Kanäle und / oder Öffnungen umfassen, die darin zur Verteilung von geeignetem Kühlmittel über den Brennstoffzellenstapel ausgebildet sind, um dessen Temperatur zu halten.

[0003] Der Begriff „Brennstoffzelle“ wird typischerweise dazu verwendet, abhängig vom Kontext entweder eine einzelne Zelle oder eine Vielzahl von Zellen („Stack“ bzw. Stapel) zu bezeichnen. Zur Bildung eines Brennstoffzellenstapels wird typischerweise eine Vielzahl einzelner Zellen miteinander in elektrischer Reihe gebündelt angeordnet. Jede Zelle in dem Stapel umfasst die vorher beschriebene Membranelektrodenanordnung (MEA), wobei jede derartige MEA ihren Spannungszuwachs liefert. Eine Gruppe benachbarter Zellen in dem Stapel wird als ein „Cluster“ bezeichnet. Beispielsweise sind einige typische Anordnungen für mehrere Zellen in einem Stapel in dem U.S.-Patent US 5,663,113 A gezeigt und beschrieben.

[0004] Bei PEM-Brennstoffzellen stellt Wasserstoff (H_2) den Anodenreaktand (d.h. Brennstoff) dar, und Sauerstoff stellt den Kathodenreaktand (d.h. Oxidationsmittel) dar. Der Sauerstoff kann entweder in rei-

ner Form (O_2) oder als Luft (eine Mischung aus O_2 und N_2) vorliegen.

[0005] Die elektrisch leitenden Platten, die die MEAs schichtartig anordnen, können eine Gruppierung aus Nuten in ihren Seiten umfassen, die ein Reaktandenströmungsfeld bzw. Reaktandengasverteilerfeld zur Verteilung der gasförmigen Reaktanden (d.h. Wasserstoff und Sauerstoff in der Form von Luft) der Brennstoffzelle über die Oberflächen der jeweiligen Kathode und Anode definiert. Diese Reaktandenströmungsfelder umfassen allgemein eine Vielzahl von Stegen, die dazwischen eine Vielzahl von Strömungskanälen definieren, durch welche die gasförmigen Reaktanden von einer Versorgungssammelleitung an einem Ende der Strömungskanäle zu einer Austragssammelleitung an dem gegenüberliegenden Ende der Strömungskanäle strömen.

[0006] Bei einem Brennstoffzellenstapel werden mehrere Zellen gemeinsam in elektrischer Reihe gestapelt, während sie durch eine für Gas undurchlässige, elektrisch leitende bipolare Platte getrennt sind. In einigen Fällen ist die bipolare Platte ein Zusammenbau, der dadurch gebildet wird, dass ein Paar dünner Metalllagen aneinander befestigt wird, die an ihren außenseitigen Flächen ausgebildete Reaktandenströmungsfelder besitzen. Typischerweise ist zwischen den Metallplatten des Bipolplattenzusammenbaus ein inneres Kühlmittelströmungsfeld vorgesehen. Es ist auch bekannt, eine Abstandshalterplatte zwischen den Metallplatten anzuordnen, um die Wärmeübertragungseigenschaften zur verbesserten Brennstoffzellenkühlung zu optimieren. Verschiedene Beispiele eines Bipolplattenzusammenbaus des in PEM-Brennstoffzellen verwendeten Typs ist in dem U.S.-Patent US 5,776,624 A des vorliegenden Anmelders beschrieben.

[0007] Ferner ist es aus der EP 1 047 143 A2 bekannt, dass sich durch das Teilen des Kühlmittelströmungsfeldes einer Bipolarplatte in unterschiedliche Bereiche mit abweichenden Flächenströmungsraten und daraus resultierenden abweichenden Kühlraten die Temperaturverteilung auf der Bipolarplatte homogenisieren lässt.

[0008] Typischerweise umfasst das einem Brennstoffzellenstapel zugeordnete Kühlsystem eine Umwälzpumpe zum Umwälzen eines flüssigen Kühlmittels durch den Brennstoffzellenstapel hindurch an einen Wärmetauscher, bei dem überflüssige Wärmeenergie, d.h. Abwärme an die Umgebung abgegeben wird. Die thermischen Eigenschaften typischer flüssiger Kühlmittel erfordern, dass ein relativ großes Volumen durch das System umgewälzt werden muss, um ausreichend Abwärme entziehen zu können und damit die Temperatur des Stapels innerhalb eines akzeptablen Bereiches zu halten, insbesondere unter Bedingungen mit Maximalleistung. Zu die-

sem Zweck ist es erwünscht, über die gesamte Länge jeder Brennstoffzelle eine konstante Betriebstemperatur beizubehalten, um den Betriebswirkungsgrad des Brennstoffzellenstapels wie auch die Lebensdauer seiner Komponenten zu verbessern. Hierzu besitzen die meisten Bipolplatten bzw. bipolaren Platten (wie auch monopolaren Endplatten) ein Kühlmittelströmungsfeld, das derart ausgebildet ist, dass es eine gleich bleibende Rate einer Kühlmittelströmung über den gesamten Plattenzusammenbau vorsieht, wodurch einige Bereiche der Brennstoffzelle zu stark gekühlt werden, während andere Bereiche zu wenig gekühlt werden. Bevorzugt ist in dem Zentralabschnitt des aktiven Bereiches der Brennstoffzelle eine stärkere Kühlung erforderlich, da an dem Umfang des Stapels eine Strahlungs- wie auch Konvektionswärmeübertragung stattfindet.

[0009] Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine gleichförmige vollständige Kühlung über den gesamten Brennstoffzellenstapel hinweg vorzusehen. Auf diese Art und Weise kann eine konstante homogene Betriebstemperatur für den Brennstoffzellenstapel erreicht werden, wodurch der Wirkungsgrad wie auch die Lebensdauer des Brennstoffzellenstapels verbessert wird.

[0010] Demgemäß sieht die vorliegende Erfindung einen Plattenzusammenbau vor, um ein Kühlmittel durch eine PEM-Brennstoffzelle zu leiten. Der Plattenzusammenbau umfasst eine Platte mit einer ersten Seite, die ein Reaktandenströmungsfeld definiert, und einer zweiten Seite, die ein Kühlmittelströmungsfeld definiert. Das Kühlmittelströmungsfeld ist in verschiedene getrennte Durchfluss- bzw. Strömungsbereiche unterteilt, die umfassen: einen Eintrittsvorsorgungsbereich in Fluidverbindung mit einem ersten Diffusionsbereich, einen Austrittsaustragsbereich in Fluidverbindung mit einem zweiten Diffusionsbereich, einen Bereich mit geringem Widerstand, der den ersten und zweiten Diffusionsbereich miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen, und einen Bereich mit hohem Widerstand, der den ersten und zweiten Diffusionsbereich miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen. Das Volumen an Kühlmittel, das durch den Bereich mit niedrigem Widerstand strömt, unterscheidet sich von dem Volumen an Kühlmittel, das durch den Bereich mit hohem Widerstand strömt, wodurch eine Abweichung hinsichtlich der Kühlrate über den Plattenzusammenbau vorgesehen wird.

[0011] Die vorliegende Erfindung ermöglicht, dass über den Brennstoffzellenstapel hinweg eine gleichförmige Temperatur erzielt werden kann, wodurch eine Optimierung der Reaktion über den gesamten aktiven Bereich ermöglicht wird, was per Definition den Wirkungsgrad des Brennstoffzellenstapels erhöht.

[0012] Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch eine Verringerung der Energiemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur des Brennstoffzellenstapels zu steuern, indem die erforderliche Pumpleistung verringert wird, wodurch der Gesamtsystemwirkungsgrad weiter erhöht wie auch die Kosten weiter verringert werden.

[0013] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:

Fig. 1 eine isometrische Explosionsansicht eines PEM-Brennstoffzellenstapels ist;

Fig. 2 eine isometrische Explosionsansicht einer MEA und eines Bipolplattenzusammenbaus ist, die dem in **Fig. 1** gezeigten PEM-Brennstoffzellenstapel zugeordnet sind;

Fig. 3 eine teilweise geschnittene Ansicht des in **Fig. 1** gezeigten Bipolplattenzusammenbaus ist;

Fig. 4 eine Schnittansicht eines alternativen Aufbaus für den Bipolplattenzusammenbau ist, der eine zwischen den leitenden Platten angeordnete Separatorplatte aufweist;

Fig. 5 eine Draufsicht eines elektrisch leitenden, den Bipolplattenzusammenbauten zugeordneten Plattenelementes ist, die seine Kühlmittelströmungsfeldkonstruktion zeigt;

Fig. 6A und **Fig. 6B** vergrößerte teilweise Draufsichten der eingekreisten Abschnitte A und B von **Fig. 5** sind;

Fig. 7 und **Fig. 8** teilweise isometrische Ansichten des in **Fig. 4** gezeigten Plattenelementes sind; und

Fig. 9 ein schematisches Schaubild einer bevorzugten Anwendung für den Brennstoffzellenstapel der vorliegenden Erfindung ist.

[0014] Vor der weiteren Beschreibung der Erfindung wird ein beispielhaftes Brennstoffzellensystem erläutert, in dem die Erfindung arbeitet. Genauer zeigt **Fig. 1** schematisch einen PEM-Brennstoffzellenstapel mit einem Paar von Membranelektrodenanordnungen (MEAs) **4** und **6**, die voneinander durch einen nicht porösen, elektrisch leitenden, flüssigkeitsgekühlten Bipolplattenzusammenbau **8** getrennt sind. Jede MEA **4** und **6** besitzt eine entsprechende Kathodenseite **4a** und **6a** und eine Anodenseite **4b** und **6b**. Die MEAs **4** und **6** wie auch der Bipolplattenzusammenbau **8** sind zwischen nicht porösen, elektrisch leitenden, flüssigkeitsgekühlten monopolaren Endplattenzusammenbauten **14** und **16** aneinander gestapelt. Es sind Klemmplatten **10** und **12** aus Stahl vorgesehen, die den beispielhaften Brennstoffzellenstapel umschließen. An den Klemmplatten **10** und **12** sind Verbinder (nicht gezeigt) befestigt, die positive und negative Anschlüsse für den Brennstoffzel-

lenstapel vorsehen. Der Bipolplattenzusammenbau **8** wie auch die Endplattenzusammenbauten **14** und **16** umfassen entsprechende Strömungsfelder **20**, **22**, **18** und **24**, von denen jedes eine Vielzahl von in deren Seiten ausgebildeten Strömungskanälen umfasst, um Brennstoff- und Oxidationsmittelgase (d.h. H_2 und O_2) an die reaktiven Seiten der MEAs **4** und **6** zu verteilen. Nichtleitende Dichtungen oder Versiegelungen **26**, **28**, **30** und **32** sehen eine Abdichtung wie auch eine elektrische Isolierung zwischen den verschiedenen Platten des Brennstoffzellenstapels vor.

[0015] Wie in **Fig. 1** ferner gezeigt ist, werden poröse, für Gas durchlässige, elektrisch leitende Lagen **34**, **36**, **38** und **40** an die Elektrodenseiten der MEAs **4** und **6** gepresst und dienen als Primärstromkollektoren für die Elektroden. Die Primärstromkollektoren **34**, **36**, **38** und **40** sehen auch mechanische Abstützungen für die MEAs **4** und **6** insbesondere an Orten vor, an denen die MEAs ansonsten in den Strömungsfeldern nicht abgestützt sind. Geeignete Primärstromkollektoren umfassen Kohle- bzw. Graphitpapier, Kohle- bzw. Graphitgewebe, feinmaschige Edelmetallsiebe, offenzellige Edelmetallschäume und dergleichen, die Strom von den Elektroden leiten, während sie zulassen, dass Gas durch diese hindurch gelangen kann.

[0016] Die Endplatten **14** und **16** werden an den Primärstromkollektor **34** an der Kathodenseite **4b** der MEA **4** und an den Primärstromkollektor **40** an der Anodenseite **6a** der MEA **6** gepresst, während der Bipolplattenzusammenbau **8** an den Primärstromkollektor **36** an der Anodenseite **4a** der MEA **4** und an den Primärstromkollektor **38** an der Kathodenseite **6b** der MEA **6** gepresst wird. Ein Oxidationsmittelgas, wie beispielsweise Sauerstoff oder Luft, wird an die Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels von einem Speichertank **46** über eine geeignete Versorgungsinstallation **42** geliefert. Ähnlicherweise wird ein Brennstoff, wie beispielsweise Wasserstoff, an die Anodenseite der Brennstoffzelle von einem Speichertank **48** über eine geeignete Versorgungsinstallation **44** geliefert. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann der Sauerstofftank **46** weggelassen werden, so dass Umgebungsluft an die Kathodenseite von der Umgebung geliefert wird. Ähnlicherweise kann der Wasserstofftank **48** weggelassen werden und Wasserstoff an die Anodenseite von einem Reformer geliefert werden, der Wasserstoff katalytisch aus Methanol oder einem flüssigen Kohlenwasserstoff (beispielsweise Benzin) erzeugt. Obwohl nicht gezeigt, ist auch eine Austragsinstallation für sowohl die H_2 - als auch O_2 /Luft-Seiten der MEAs **4** und **6** vorgesehen, um H_2 -abgereichertes Anodengas von dem Anodenreaktandenströmungsfeld und O_2 -abgereichertes Kathodengas von dem Kathodenreaktandenströmungsfeld zu entfernen. Es ist eine Kühlmittelversorgungsinstallation **50**, **52** und **54** vorgesehen, um ein flüssiges Kühlmittel von einer Ein-

lasssammelleitung (nicht gezeigt) des Brennstoffzellenstapels an die Kühlmittelströmungsfelder des Bipolplattenzusammenbaus **8** und die Endplatten **14** und **16** zu liefern. Während es nicht gezeigt ist, ist eine Kühlmittelaustragsinstallation vorgesehen, um das erhitzte Kühlmittel, das von dem Bipolplattenzusammenbau **8** und den Endplatten **14** und **16** austragen wird, an eine Austragsammelleitung des Brennstoffzellenstapels zu liefern. Ein Brennstoffzellenkühlsystem ist auf herkömmliche Weise zwischen den Einlass- und Austragsammelleitungen des Stapels verbunden und dient dazu, das flüssige Kühlmittel kontinuierlich umzuwälzen und Abwärme von dem Stapel zur Abgabe an die Umgebung zu entfernen.

[0017] Der gezeigte Brennstoffzellenstapel wird mit einem H_2 -reichen Reformat ungeachtet des Verfahrens beliefert, mit dem ein solches Reformat hergestellt wird. Es sei zu verstehen, dass die hier ausgeführten Grundsätze auf Brennstoffzellen anwendbar sind, die mit H_2 beliefert werden, der aus einer beliebigen Quelle erhalten wird, wie beispielsweise reformierbaren kohlenwasserstoff- und wasserstoffhaltigen Brennstoffen, wie beispielsweise Methanol, Ethanol, Benzin, Alken oder anderen aliphatischen oder aromatischen Kohlenwasserstoffen, oder Brennstoff, der an Bord gespeichert ist, wie beispielsweise H_2 .

[0018] **Fig. 2** zeigt eine Explosionsansicht des Bipolplattenzusammenbaus **8**, des Primärstromkollektors **38**, der MEA **6**, wie auch des Primärstromkollektors **40**, die in einer gestapelten Beziehung in einer Brennstoffzelle angeordnet sind. Unter dem zweiten Primärstromkollektor **40** (wie in **Fig. 1** gezeigt ist) würde ein Endplattenzusammenbau **16** liegen, um eine Brennstoffzelle zu bilden. Ein anderer Satz von Primärstromkollektoren **34** und **36**, MEA **4** wie auch Endplattenzusammenbau **14** würde über dem Bipolplattenzusammenbau **8** liegen (wie in **Fig. 1** gezeigt ist), um eine andere Brennstoffzelle zu bilden. Wie detailliert beschrieben ist, ist die vorliegende Erfindung auf eine einmalige, dem Bipolplattenzusammenbau **8** wie auch den Endplattenzusammenbauten **14** und **16** zugeordnete Kühlmittelströmungsfeldkonstruktion gerichtet.

[0019] Der Bipolplattenzusammenbau **8** wie auch die Endplattenzusammenbauten **14** und **16** der vorliegenden Erfindung sind flüssigkeitsgekühlt und sehen die Funktionen vor: (1) Trennen benachbarter Brennstoffzellen des PEM-Brennstoffzellenstapels **10**, (2) Verteilen von H_2 und Luft/ O_2 an die Brennstoffzellen, (3) Leiten von elektrischem Strom zwischen benachbarten Brennstoffzellen des PEM-Brennstoffzellenstapels, und (4) Kühlen des PEM-Brennstoffzellenstapels. Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt ist, umfasst der Bipolplattenzusammenbau **8** eine erste Unterplatte **60** und eine zweite Unterplatte **62**, die jeweils aus einer korrosionsbeständigen

Metalllage hergestellt sind. Die erste Unterplatte **60** besitzt eine außenseitige Fläche **64**, die so geformt ist, dass sie eine Vielzahl von Stegen **66** umfasst, die eine Vielzahl von Nuten oder Strömungskanälen **68** dazwischen definieren, welche ein externes Reaktandenströmungsfeld definieren. Die erste Unterplatte **60** umfasst ferner eine innenseitige Fläche **70** mit einer Vielzahl von Stegen **72**, die eine Vielzahl von Nuten oder Strömungskanälen **74** definieren, welche ein internes Kühlmittelströmungsfeld festlegen.

[0020] Bevorzugt ist die zweite Unterplatte **62** ein Spiegelbild der ersten Unterplatte **60**, so dass ihre außenseitige Fläche **64'** Stege **66'** umfasst, die eine Serie von Strömungskanälen **68'** definieren, die ein externes Reaktandenströmungsfeld festlegen. Eine innenseitige Fläche **70'** der zweiten Unterplatte **62** besitzt eine Vielzahl von Stegen **72'**, die eine Serie von Strömungskanälen **74'** definieren, welche ein Kühlmittelströmungsfeld festlegen. Die Unterplatten **60** und **62** werden bevorzugt durch Stanzen, Photoätzen (d.h. durch eine photolithografische Maske) oder einen anderen herkömmlichen Prozess zum Formen von Metalltafeln bzw. Blech geformt. Jedoch ist es für Fachleute offensichtlich, dass andere geeignete Materialien und Herstellprozesse zum Formen der Unterplatten **60** und **62** verwendet werden können. Im Betrieb verteilt beispielsweise das Reaktandenströmungsfeld der ersten Unterplatte **60** H_2 über die Brennstoffzelle, während das Reaktandenströmungsfeld der zweiten Unterplatte **62** Luft/ O_2 über die Brennstoffzelle hinweg verteilt. Bevorzugt umfassen die Endplattenzusammenbauten **14** und **16** eine elektrisch leitende Platte mit Reaktanden- und Kühlmittelströmungsfeldern, die im Wesentlichen denjenigen der Unterplatten **60** und **62** ähnlich sind. Somit ist die folgende Beschreibung der Unterplatten **60** und **62** wie auch ihre einmalige Kühlmittelströmungsfeldkonstruktion gleichermaßen auch auf den Aufbau und die Funktion der elektrisch leitenden Platte, die den monopolaren Endplattenzusammenbauten **14** und **16** zugeordnet ist, anwendbar.

[0021] Wie in **Fig. 3** zu sehen ist, liegen die innen-seitigen Flächen **70** und **70'** der ersten und zweiten Unterplatte **60** und **62** einander gegenüber, so dass Kühlmittelströmungskanäle **74** und **74'** zusammenwirken, um Kühlmittelströmungsdurchgänge **78** zu definieren, die ein im Wesentlichen dielektrisches flüssiges Kühlmittel aufnehmen können. Die Unterplatten **60** und **62** sind unter Verwendung eines einer Anzahl von Verbindungsverfahren, die in der Technik bekannt sind, miteinander gekoppelt, die beispielsweise Hartlöten umfassen können. Es ist jedoch auch möglich, dass, während die Unterplatten **60** und **62** direkt miteinander verbunden sein können, sie jeweils mit einer diskreten dazwischen liegenden Metallabstandhalterplatte **80** verbunden sein können, die die Kühlmittelströmungsdurchgänge **78** in Nebendurchgänge **78a** und **78b** unterteilt. Die Abstandhalterplatte

80 kann mit Durchbrechungen versetzt sein, um eine gewisse begrenzte Überkreuzströmung des Kühlmittels zuzulassen. Diese unterteilte Anordnung ist am besten in **Fig. 4** zu sehen. Jede der Unterplatten **60** und **62** wie auch die Zwischenplatte **80** können Titan oder dessen Legierungen umfassen, können jedoch auch andere korrosionsbeständige Metalle umfassen, wie z. B. Edelmetalle, rostfreien Stahl, Nickel, Aluminium und Chrom.

[0022] Es sei angemerkt, dass das Kühlmittelströmungsfeld für die zweite Unterplatte **62** allgemein eine Serie von Kanälen **74'** und Stegen **70'** umfasst, die so orientiert sind, dass verschiedene getrennte Bereiche mit variierendem Strömungswiderstand definiert werden. Diese Bereiche, die in **Fig. 5** in gestrichelten Linien skizziert sind, umfassen einen Versorgungsbereich **82**, einen ersten Diffusionsbereich **84**, einen zentralen Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen, ein Paar Umfangsbereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen, einen zweiten Diffusionsbereich **90** und einen Austragsbereich **92**. Der Versorgungsbereich **82** erlaubt eine Kühlmittelströmung in den ersten Diffusionsbereich **84** hinein, der seinerseits die Kühlmittelströmung durch die Bereiche **86** mit hohem Durchflussvolumen und Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen lenkt. Das durch den Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen und die Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen strömende Kühlmittel sammelt sich an dem zweiten Diffusionsbereich **90** wieder und wird durch einen Austragsbereich **92** von dem Bipolplattenzusammenbau **8** an die Austragssammelleitung ausgetragen.

[0023] Wie in den **Fig. 6A** und **Fig. 7** am besten zu sehen ist, umfasst der Versorgungsbereich **82** eine Serie gerader, allgemein kurzer Stege **94**, die eine Serie paralleler Versorgungsströmungskanäle **96** definieren. Der erste Diffusionsbereich **84** ist durch eine Serie quadratischer Vorsprünge oder Blöcke **98** definiert, die in gleich beabstandeten Kolonnen angeordnet sind, welche mit Eintrittsstegen **94** ausgerichtet sind. Somit definieren die Blöcke **98** eine erste Serie von Diffusorströmungskanälen **100**, die in axialer Ausrichtung mit Eintrittsströmungskanälen **96** stehen, und eine zweite Serie von Diffusorströmungskanälen **102**, die allgemein rechtwinklig bezüglich der ersten Diffusorströmungskanäle **100** ausgerichtet sind.

[0024] In den **Fig. 5** und **Fig. 8** ist gezeigt, dass der Austragsbereich **92** in seiner Konstruktion im Wesentlichen ähnlich zu der des Lieferbereiches **82** ist, da er eine Serie gerader, allgemein kurzer Stege **104** umfasst, die eine Serie paralleler Austragsströmungskanäle **106** definieren. Ein zweiter Diffusionsbereich **90** wird durch eine Serie von Blöcken **108** definiert, die in gleich beabstandeten Kolonnen angeordnet sind, welche mit Austragsstegen **104** aus-

gerichtet sind. Somit definieren die Blöcke **108** eine erste Serie von Kollektorströmungskanälen **110**, die sich in axialer Ausrichtung mit Austragsströmungskanälen **106** befinden, und eine zweite Serie von Kollektorströmungskanälen **112**, die allgemein rechtwinklig bezüglich der ersten Kollektorströmungskanäle **110** ausgerichtet sind.

[0025] Direkt zwischen dem ersten Diffusionsbereich **84** und dem zweiten Diffusionsbereich **90** ist ein Bereich **86** mit hohem Durchfluss angeordnet, der eine Serie langer gerader Stege **114** umfasst, wie am besten in **Fig. 6B** gezeigt ist. Die Stege **114** sind im Allgemeinen mit Eintrittsstegen **94**, den Kolonnen der Blöcke **98** und **108** und den Austragsstegen **104** ausgerichtet, um so eine Serie von Strömungskanälen **116** mit großem Volumen zu definieren. Somit wird ein Fluidströmungspfad mit niedrigem Widerstand von den Eintrittskanälen **96** durch die Diffusorströmungskanäle **100**, die Strömungskanäle **116** mit hohem Volumen wie auch die Kollektorkanäle **110** zu den Austragskanälen **106** hergestellt.

[0026] Es sei angemerkt, dass das Kühlmittel von dem ersten Diffusionsbereich **84** über ein Paar Durchflussbereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Volumen an den zweiten Diffusionsbereich **90** geführt wird. Wie in **Fig. 7** zu sehen ist, besitzt der Bereich **88A** eine Vielzahl von L-förmigen Stegen, die eine erste Serie von Strömungskanälen **120** definieren. Jeder Strömungskanal steht in Fluidverbindung mit einem der ersten Diffusorströmungskanäle **100** und umfasst einen Querkanalabschnitt in Fluidverbindung mit einem der zweiten Kollektorströmungskanäle **112**. Wie zu sehen ist, sind die ersten Kanalabschnitte allgemein parallel zu den Strömungskanälen **116** angeordnet, während die zweiten Kanalabschnitte allgemein rechtwinklig bezüglich dazu orientiert sind. Zusätzlich besitzt der Bereich **88A** eine Vielzahl von C-förmigen Stegen, die eine zweite Serie von Strömungskanälen definieren. Jeder Strömungskanal besitzt einen ersten Kanalabschnitt in Fluidverbindung mit einem der zweiten Diffusorkanäle **102** (**Fig. 7**), einen zweiten Kanalabschnitt allgemein parallel zu den Kanalabschnitten **122** der Strömungskanäle und einen dritten Kanalabschnitt in Fluidverbindung mit einem der Kollektorkanäle **112** (**Fig. 8**). Der Durchflussbereich **88B** mit niedrigem Volumen besitzt ähnliche Strömungskanäle.

Allgemein besitzt der Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen einen niedrigeren Strömungswiderstand hinsichtlich des Strömungswiderstandes der Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigerem Durchflussvolumen. Grundsätzlich überträgt im Vergleich zu einem Kanal mit einem geringeren Strömungswiderstand ein Kanal mit einem höheren Strömungswiderstand ein geringeres Fluidvolumen durch diesen hindurch. Bezüglich der Kühlung hat das größere Volumen an Kühlmittel, das durch einen Kanal strömt, eine erhöhte Kühlkapazität zur Folge. Somit sieht der

Bereich **86** mit höherem Durchflussvolumen im Vergleich zu den Bereichen **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen eine verbesserte Kühlkapazität vor.

[0027] Im Betrieb tritt das Kühlmittel durch Eintrittskanäle **94** des Versorgungsbereichs **82** in das Kühlmittelströmungsfeld ein und strömt in den ersten Diffusionsbereich **84**. Die Geometrie des ersten Diffusionsbereiches **84** (d.h. der Blöcke **98** und rechtwinkligen Strömungskanäle **100** und **102**) hat einen hohen Durchflusswiderstand hindurch zur Folge. Aufgrund dessen wird das Kühlmittel durch alle Strömungskanäle der Bereiche mit hohem und niedrigem Durchflussvolumen **86** und **88A**, **88B** verteilt und durch diese hindurchgeführt. Das Kühlmittel strömt durch die Kanäle der Bereiche **86** und **88A**, **88B** mit hohem und niedrigem Durchflussvolumen und sammelt sich in dem zweiten Diffusionsbereich **90** zum Austrag durch den Austragsbereich **92**.

[0028] Das Muster der Kühlmittelströmung kann dadurch geändert werden, dass eine von mehreren Konstruktionsvariablen abgewandelt wird. Diese Konstruktionsvariablen können beispielsweise die Größe, die Form wie auch die Teilung bzw. den Abstand der Blöcke **98** und **108** und der Strömungskanäle in den verschiedenen Bereichen des Kühlmittelströmungsfeldes umfassen. Eine Verringerung der Teilung, eine Erhöhung der Hindernisgröße und / oder eine Verringerung der Kanalgröße erhöhen den Strömungswiderstand der jeweiligen Bereiche. Eine Erhöhung des Strömungswiderstandes in den ersten und zweiten Diffusionsbereichen steigert die Dispersionswirkung, wodurch ermöglicht wird, dass ein höheres Volumen an Kühlmittel durch den Bereich **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen strömen kann. Die Auswirkung der Änderung des Strömungswiderstandes in den Bereichen **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen hängt von dem relativen Strömungswiderstand ab. Wenn der Strömungswiderstand des Bereiches **86** mit hohem Durchflussvolumen erhöht wird und der Strömungswiderstand der Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen verringert oder konstant gehalten wird, strömt ein größerer Prozentsatz der gesamten Kühlmittelströmung durch die Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen. Wenn ähnlicherweise der Strömungswiderstand des Bereiches **86** mit hohem Durchflussvolumen verringert wird und der Strömungswiderstand der Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen erhöht oder konstant gehalten wird, strömt ein kleinerer Prozentsatz der Gesamtkühlmittelströmung durch die Bereiche **88A** und **88B** mit niedrigem Durchflussvolumen.

[0029] Die relativen Längen der Durchflusskanäle beeinflussen ebenfalls die Rate der Kühlmittelströmung durch jeden Bereich. Je größer die Länge der Strömungskanäle in den Bereichen **88A** und **88B** mit

niedrigem Durchflussvolumen bezüglich der Länge der Strömungskanäle in dem Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen ist, um so höher ist der Anteil an Kühlmittel, der durch den Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen strömt.

[0030] Aufgrund der Abweichung des Strömungswiderstandes zwischen den Bereichen mit hohem und niedrigem Durchflussvolumen kann ein höheres Volumen an Kühlmittel durch den Bereich **86** mit hohem Durchflussvolumen strömen, als durch die Bereiche mit niedrigem Durchflussvolumen. Somit ermöglicht der Bipolplattenzusammenbau **8** der vorliegenden Erfindung eine höhere Kühlrate in dem Zentralbereich des Brennstoffzellenstapels im Vergleich zu dem Umfang. Auf diese Art und Weise kann über den Brennstoffzellenstapel eine gleichförmige Temperatur erzielt werden, indem die Kühlung über den Brennstoffzellenstapel hinweg ausgeglichen wird. Das Erzielen einer gleichförmigen Temperatur über den Brennstoffzellenstapel hinweg erlaubt eine Optimierung der Leistungsfähigkeit bzw. des Betriebsverhaltens des Brennstoffzellenstapels und verringert die zur Kühlung des Brennstoffzellenstapels benötigte Energie.

[0031] Fig. 9 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform für ein Brennstoffzellensystem **100**, das einen Brennstoffzellenstapel **152** verwendet, der wie in Fig. 1 gezeigt aufgebaut ist, in Verbindung mit einem Fahrzeugvortriebssystem **154**. Das Vortriebssystem **154** umfasst eine Batterie **156**, einen Elektromotor **158**, wie auch seine zugeordnete Antriebselektronik einschließlich eines Wechselrichters (engl. „inverter“). Der Wechselrichter **160** nimmt elektrische Energie von einem DC/DC-Wandler **162**, der dem Brennstoffzellensystem **150** zugeordnet ist, und insbesondere von dem Brennstoffzellenstapel **62** auf und wandelt die elektrische Energie in von dem Motor **158** erzeugte mechanische Energie um. Die Batterie **156** ist so aufgebaut und angeordnet, dass sie von dem Brennstoffzellenstapel **62** gelieferte elektrische Energie aufnehmen und speichern kann und von dem Motor **158** während einer regenerativen Bremsung gelieferte elektrische Energie aufnehmen und speichern kann, und elektrische Energie an den Motor **158** liefern kann. Der Motor **158** ist mit einer Antriebsachse **164** gekoppelt, um die Antriebsdrehleistung auf die Räder eines Fahrzeugs (nicht gezeigt) zu übertragen. Ein elektrochemisches Motorsteuermodul (EECM) **166** wie auch ein Batteriepaketmodul (BPM) **168** überwacht verschiedene Betriebsparameter, wie z.B. die Spannung und den Strom des Brennstoffzellenstapels **152**. Dies wird beispielsweise durch das BPM **168** oder durch das BPM **168** und das EECM **166** gemeinsam ausgeführt, um ein Ausgangssignal (Nachricht) an eine Fahrzeugsteuereinheit **170** auf Grundlage der durch das BPM **168** überwachten Bedingungen zu senden. Die Fahrzeugsteuereinheit **170** steuert einen Betrieb des Elektromotors

168, der Antriebselektronik einschließlich des Wechselrichters **160** und des DC/DC-Wandlers **162** und fordert von dem EECM **166** ein Leistungsniveau an. Wie erwähnt ist, umfasst das Brennstoffzellensystem **150** ferner ein im geschlossenen Kreislauf umgewälztes Kühlsystem **172**.

[0032] Die Steuereinheit **170** kann einen geeigneten Mikroprozessor, Mikrocontroller, Personalcomputer etc. umfassen, der eine Zentralverarbeitungseinheit besitzt, die in der Lage ist, ein Steuerprogramm und in einem Speicher gespeicherte Daten ausführen zu können. Im aktivierten Zustand führt die Steuereinheit **170** eine Serie von Betriebsabläufen aus, die in einem Anweisungsformat (engl. „instruction-by instruction format“) in dem Speicher gespeichert sind, um Motorsteuer-, Diagnose- und Wartungsbetriebsabläufe vorzusehen. Die Steuereinheit **170** kann eine zweckbestimmte Steuereinheit sein, die für die vorliegende Erfindung spezifisch ist, oder kann in Software implementiert sein, die in dem elektronischen Hauptsteuermodul des Fahrzeugs gespeichert ist. Ferner sei, obwohl auf Software basierende Steuerprogramme zur Steuerung von Systemkomponenten in verschiedenen Betriebsarten verwendbar sind, wie oben beschrieben ist, auch angemerkt, dass die Steuerung auch teilweise oder insgesamt durch eine zweckbestimmte elektronische Schaltung ausgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Plattenzusammenbau (8) zum Leiten von Kühlmittel durch eine PEM-Brennstoffzelle, mit: einer ersten und zweiten Platte (60, 62), die miteinander verbunden sind, um einen Kühlmittelströmungspfad dazwischen zu definieren, wobei die erste Platte (60) eine erste Fläche (70) mit einem darin ausgebildeten Kühlmittelströmungsfeld besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kühlmittelströmungsfeld umfasst: einen ersten Diffusorbereich (84); einen zweiten Diffusorbereich (90); einen Bereich (86) mit einem ersten Durchflussvolumen, der den ersten und zweiten Diffusorbereich (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen; und einen Bereich (88a, 88b) mit einem zweiten Durchflussvolumen, der den ersten und zweiten Diffusorbereich (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen; wobei das Volumen an Kühlmittel, das durch den Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen strömt, von dem Volumen an Kühlmittel abweicht, das durch den Bereich (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen strömt, um so eine Abweichung hinsichtlich einer Kühlrate über die erste Platte (60) vorzusehen.

2. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, ferner mit einem Eintrittsbereich (82), um eine Fluidverbindung zwischen einer Versorgungssammelleitung und dem ersten Diffusorbereich (84) vorzusehen.

3. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, ferner mit einem Austragsbereich (92), um eine Fluidverbindung zwischen einer Austragssammelleitung und dem zweiten Diffusorbereich (90) vorzusehen.

4. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei der erste Diffusorbereich (84) eine erste Vielzahl von Strömungskanälen (100) umfasst, die durch eine zweite Vielzahl von Strömungskanälen (102) geschnitten sind.

5. Plattenzusammenbau nach Anspruch 4, wobei die erste und zweite Vielzahl von Strömungskanälen (100, 102) rechtwinklig zueinander angeordnet sind.

6. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei der zweite Diffusorbereich (90) eine erste Vielzahl von Strömungskanälen (110) umfasst, die durch eine zweite Vielzahl von Strömungskanälen (112) geschnitten sind.

7. Plattenzusammenbau nach Anspruch 6, wobei die erste und zweite Vielzahl von Strömungskanälen (110, 112) rechtwinklig zueinander angeordnet sind.

8. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei der Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen ein Bereich mit einem Durchflussvolumen ist, das höher ist, als das des Bereichs (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen.

9. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei der Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen eine Vielzahl von Kanälen (116) umfasst, die zentral an der ersten Platte (60) angeordnet sind.

10. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei der Bereich (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen eine Vielzahl von Kanälen umfasst, die um den Umfang der ersten Platte (60) herum angeordnet sind.

11. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei die Kanäle (116) des Bereichs (86) mit erstem Durchflussvolumen gerade ausgebildet sind.

12. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei die Kanäle des Bereichs (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen jeweils zumindest einen angewinkelten Übergangsabschnitt umfassen.

13. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei die erste Platte (60) ferner eine zweite Fläche (64) umfasst, die ein darin ausgebildetes Reaktandenströmungsfeld umfasst.

14. Plattenzusammenbau nach Anspruch 1, wobei die zweite Platte (62) eine erste Fläche (70') mit einem darin ausgebildeten zweiten Fluidströmungsfeld umfasst, wobei die erste Fläche (70') der zweiten Platte (62) benachbart der ersten Fläche (70) der ersten Platte (60) angeordnet ist, und wobei das zweite Kühlmittelströmungsfeld umfasst: einen dritten Diffusorbereich (84); einen vierten Diffusorbereich (90); einen Bereich (86) mit einem dritten Durchflussvolumen, der den dritten und vierten Diffusorbereich (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen; und einen Bereich (88a, 88b) mit einem vierten Durchflussvolumen, der den dritten und vierten Diffusorbereich (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen; wobei das Volumen an Kühlmittel, das durch den Bereich (86) mit dritten Durchflussvolumen strömt, von dem Volumen an Kühlmittel abweicht, das durch den Bereich (88a, 88b) mit viertem Durchflussvolumen strömt, wodurch eine Abweichung hinsichtlich der Kühlrate über die zweite Unterplatte (60) vorgesehen wird.

15. Plattenzusammenbau nach Anspruch 14, ferner mit einer Zwischenplatte (80), die zwischen der ersten und zweiten Platte (60, 62) angeordnet ist.

16. Plattenzusammenbau nach Anspruch 14, wobei die zweite Platte (62) ferner eine zweite Fläche (64') umfasst, die ein darin ausgebildetes Reaktandenströmungsfeld umfasst.

17. PEM-Brennstoffzelle, mit: einem Bipolplattenzusammenbau (8) mit einem inneren Kühlmittelströmungsfeld, das einen Eintrittsdiffusorbereich (84), einen Austragsdiffusorbereich (90), einen Bereich (86) mit einem ersten Durchflussvolumen, der die Eintritts- und Austragsdiffusorbereiche (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen, und einen Bereich (88a, 88b) mit einem zweiten Durchflussvolumen umfasst, der die Eintritts- und Austragsdiffusorbereiche (84, 90) miteinander verbindet, um eine Fluidverbindung dazwischen vorzusehen; und einer Quelle für flüssiges Kühlmittel, das an den Eintrittsdiffusorbereich (84) des Bipolplattenzusammenbaus (8) geliefert wird; wobei das Volumen des Kühlmittels, das durch den Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen strömt, von dem Volumen des Kühlmittels abweicht, das durch den Bereich (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen strömt, um so eine Abweichung hinsichtlich einer Kühlrate über den Bipolplattenzusammenbau (8) vorzusehen.

18. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bipolplattenzusammenbau (8) ferner einen Eintrittsbereich (82) umfasst, um eine Fluidverbindung

zwischen der Kühlmittelquelle und dem Eintrittsdiffusorbereich (84) vorzusehen.

Strömungsfeld definiert, über das ein Reaktandengas strömt.

19. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bipolplattenzusammenbau ferner einen Austragsbereich (92) umfasst, um eine Fluidverbindung zwischen der Kühlmittelquelle und dem Austragsdiffusorbereich (90) vorzusehen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

20. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Eintrittsdiffusorbereich (84) eine erste Vielzahl von Strömungskanälen (100) umfasst, die durch eine zweite Vielzahl von Strömungskanälen (102) geschnitten sind.

21. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 20, wobei die erste und zweite Vielzahl von Strömungskanälen (100, 102) rechtwinklig zueinander angeordnet sind.

22. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Austragsdiffusorbereich (90) eine erste Vielzahl von Strömungskanälen (110) umfasst, die durch eine zweite Vielzahl von Strömungskanälen (112) geschnitten sind.

23. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 22, wobei die erste und zweite Vielzahl von Strömungskanälen (110, 112) rechtwinklig zueinander angeordnet sind.

24. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen ein Bereich mit einem Durchflussvolumen ist, das höher ist, als das des Bereichs (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen.

25. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bereich (86) mit erstem Durchflussvolumen eine Vielzahl von Kanälen (116) umfasst, die zentral an dem Bipolplattenzusammenbau (8) angeordnet sind.

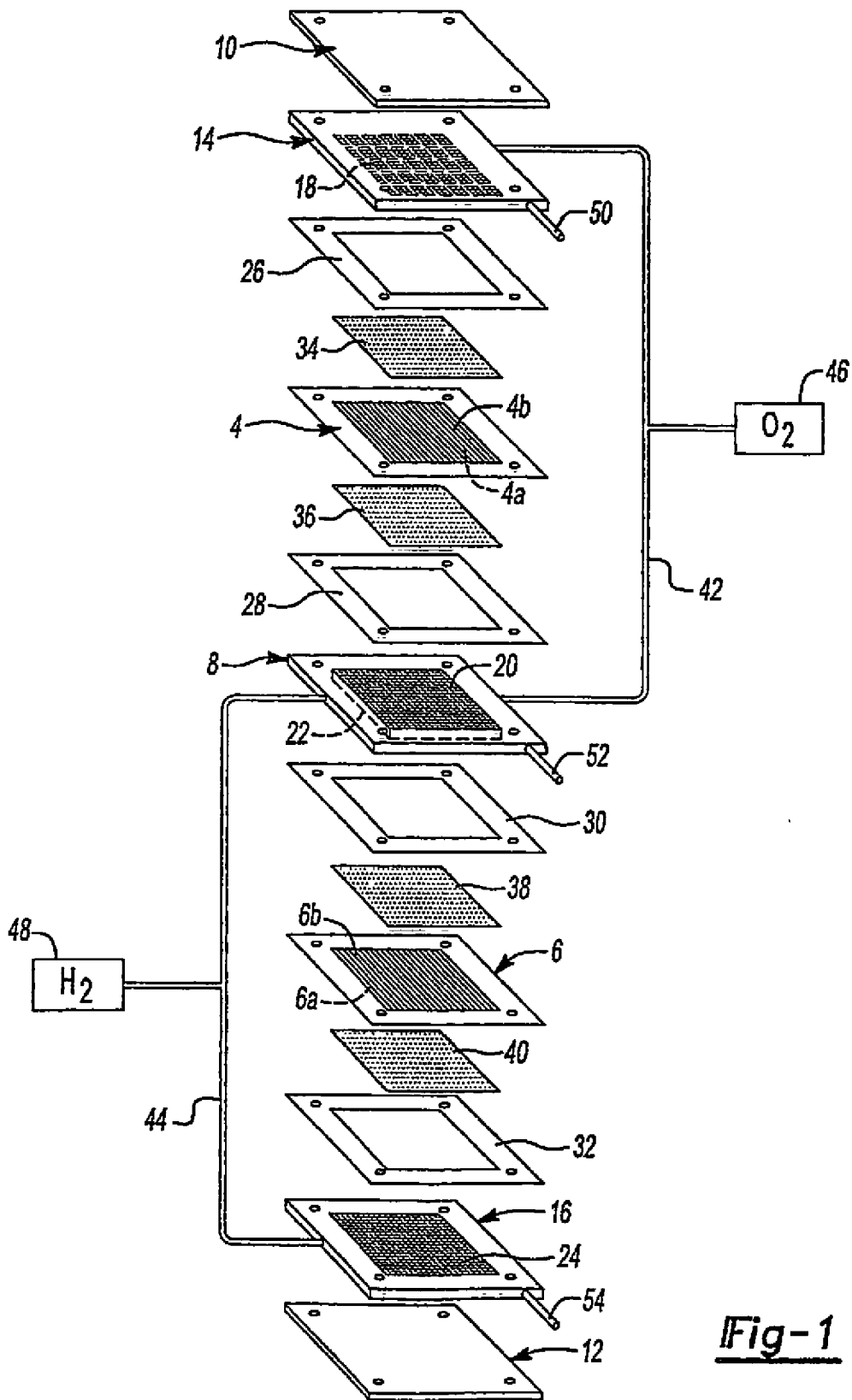
26. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bereich (88a, 88b) mit zweitem Durchflussvolumen eine Vielzahl von Kanälen umfasst, die um den Umfang des Bipolplattenzusammenbaus (8) herum angeordnet sind.

27. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei die Kanäle (116) des Bereichs (86) mit erstem Durchflussvolumen gerade ausgebildet sind.

28. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei die Kanäle des Bereichs mit zweitem Durchflussvolumen jeweils zumindest einen angewinkelten Übergangsabschnitt umfassen.

29. PEM-Brennstoffzelle nach Anspruch 17, wobei der Bipolplattenzusammenbau (8) ein externes

Anhängende Zeichnungen



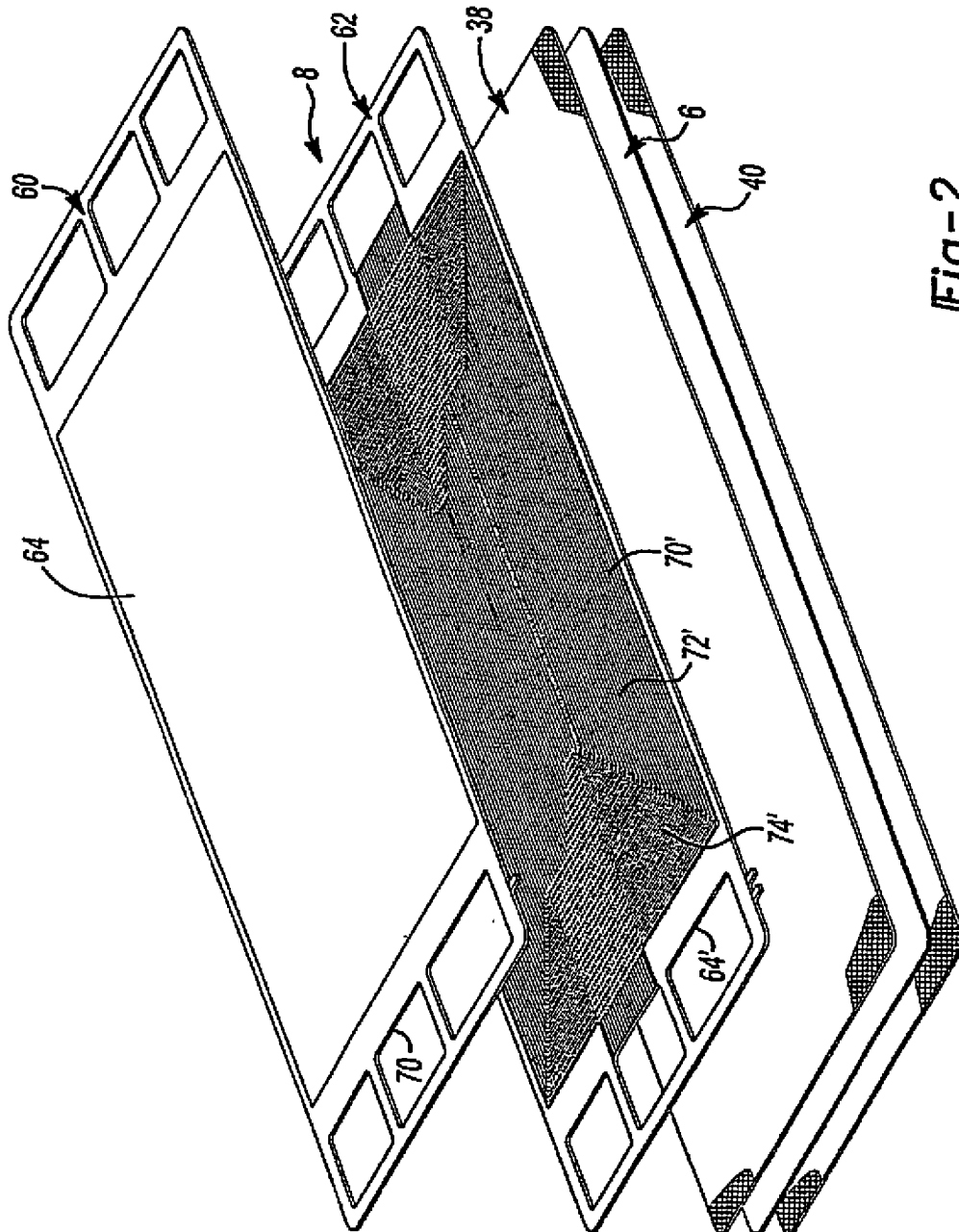


Fig-2

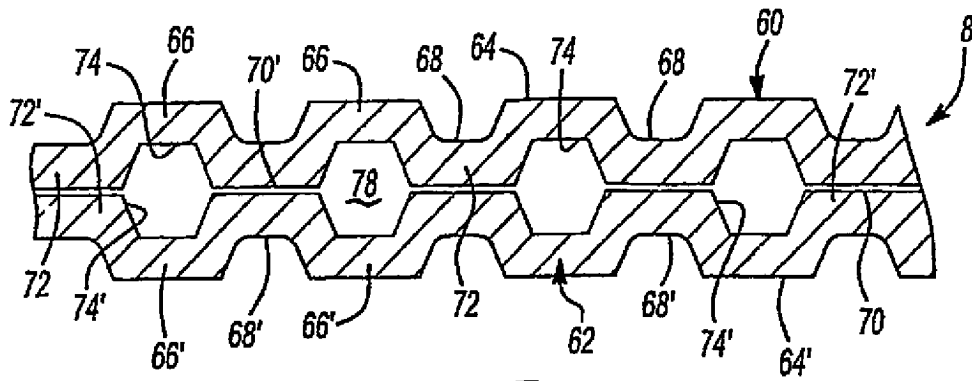


Fig-3

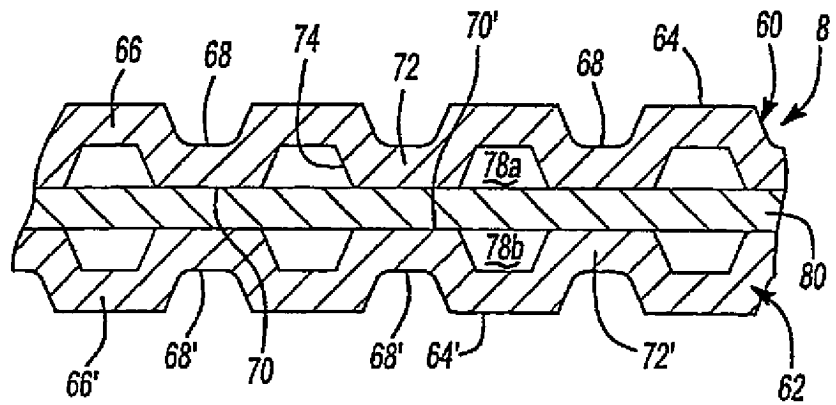


Fig-4

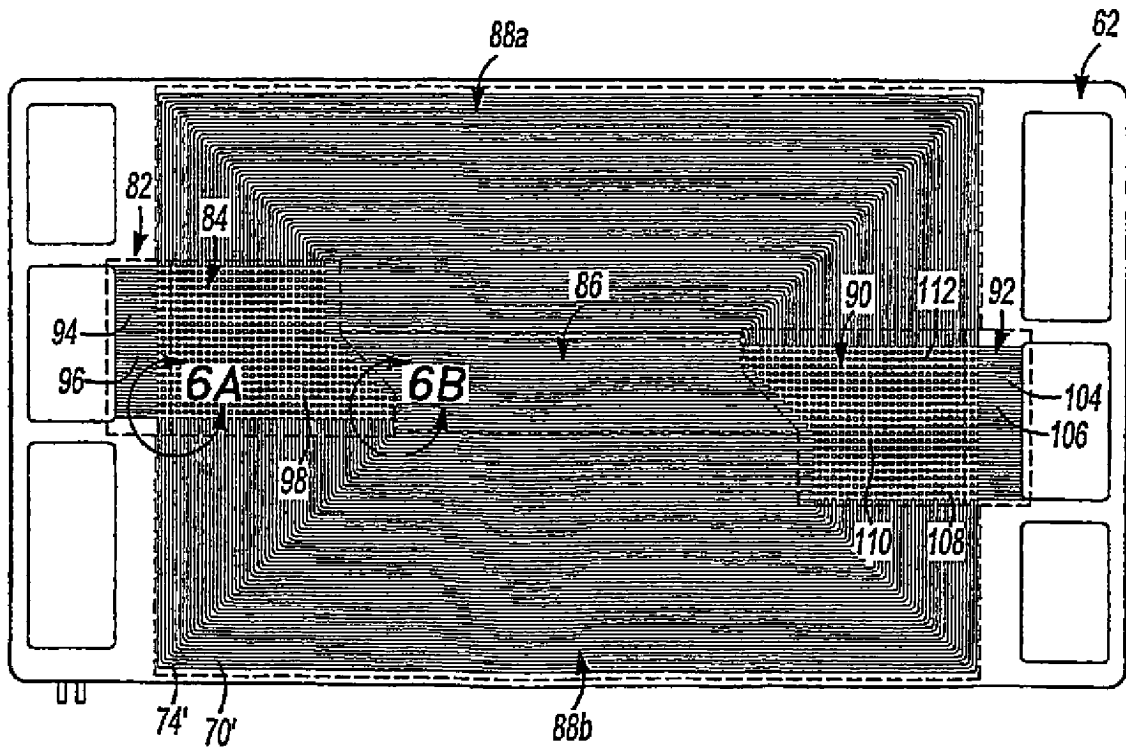


Fig-5

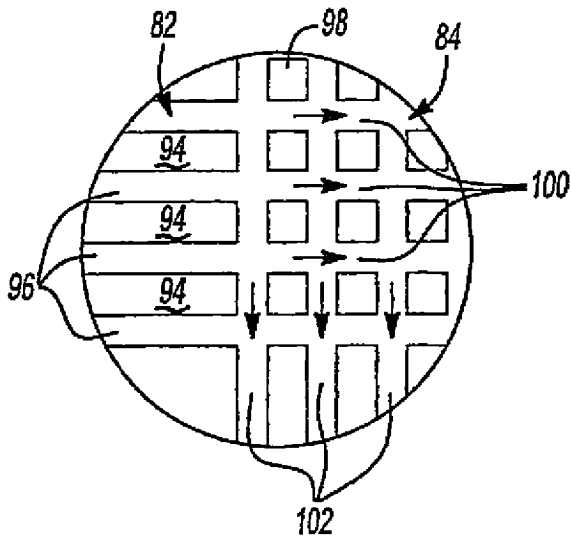


Fig-6A

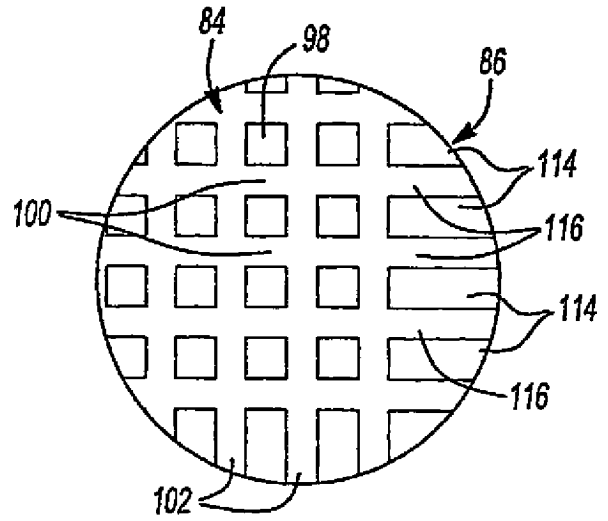


Fig-6B

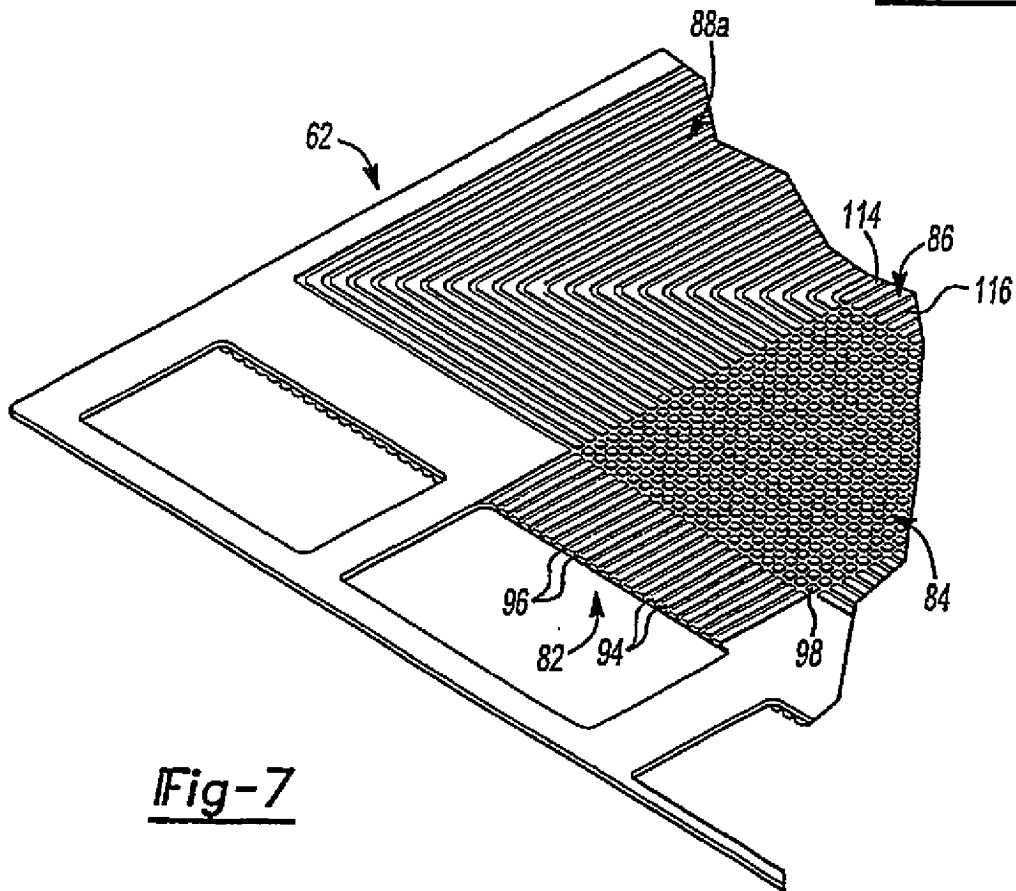


Fig-7

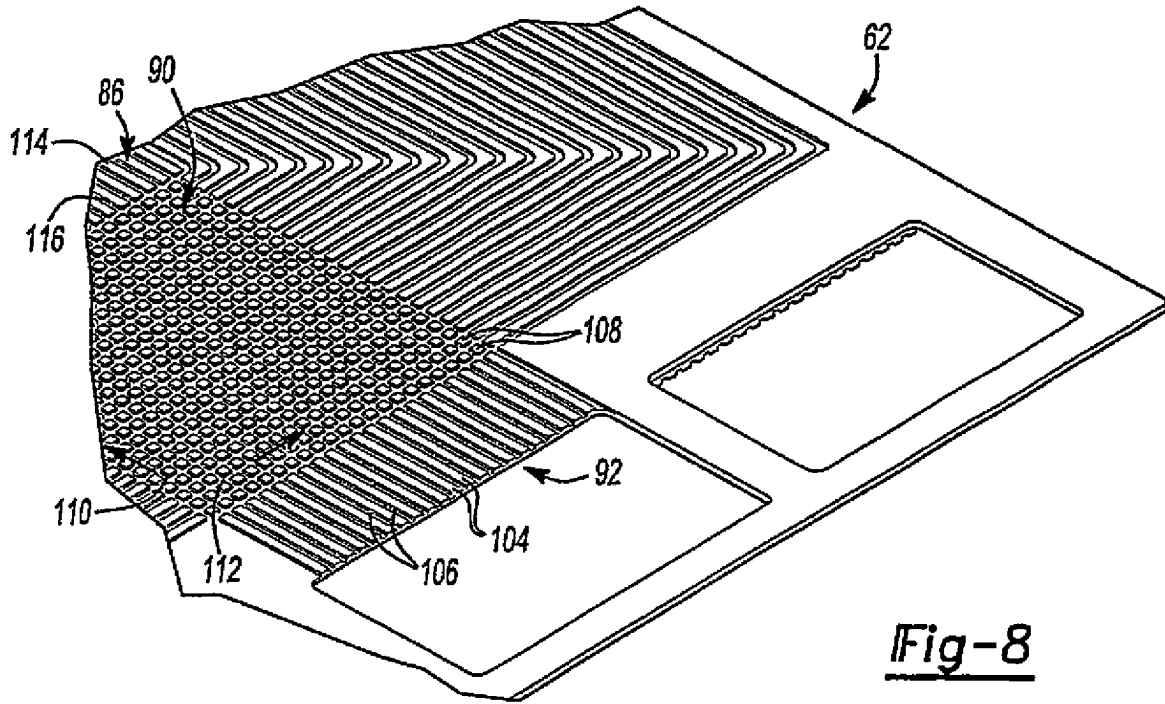


Fig-8

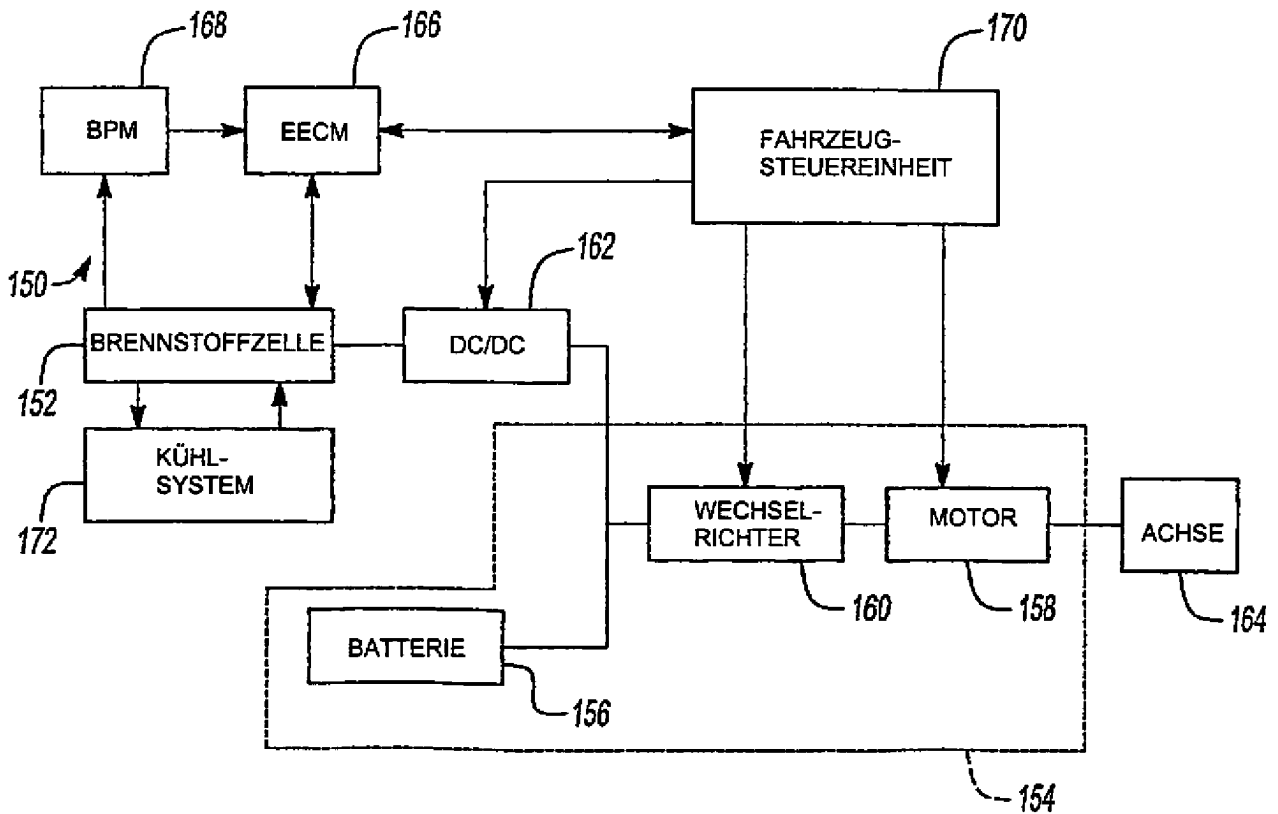


Fig-9