

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2016 (13.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/162289 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 8/04007 (2016.01) H01M 8/04225 (2016.01)
H01M 8/04223 (2016.01) H01M 8/1004 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/057295

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. April 2016 (04.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 206 423.9
10. April 2015 (10.04.2015) DE

(71) Anmelder: VOLKSWAGEN AG [DE/DE]; Berliner Ring
2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: SCHNEITER, Manuel; c/o Ballard Power
Systems, 9000 Glenlyon Parkway, Burnaby, British
Columbia V5J 5J8 (CA).

(74) Anwalt: GULDE & PARTNER PATENT- UND
RECHTSANWALTSKANZLEI MBB; Wallstr. 58/59,
10179 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEMBRANE ELECTRODE UNIT WITH AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE ELEMENT

(54) Bezeichnung : MEMBRAN-ELEKTRODEN-EINHEIT MIT EINEM ELEKTRISCH LEITFÄHIGEN ELEMENT

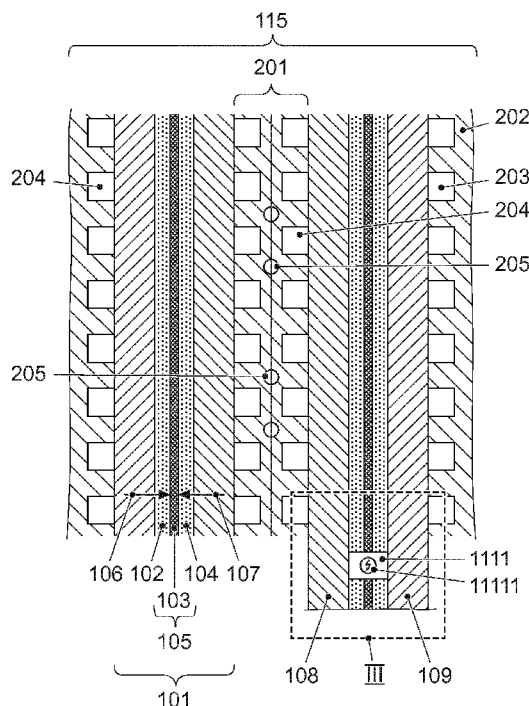


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a membrane electrode unit (101) comprising a membrane (103), an anode (102) arranged on a first membrane side (106), and a cathode (104) arranged on a second membrane side (107), wherein, when viewing the flat sides thereof, the membrane electrode unit (101) has a reaction region (112), at least one exchange region (114) in which at least one inlet opening (1101) and at least one outlet opening (1141) are formed for introducing and discharging gas (1103) and cooling fluid (1102), and at least one redirection region (111, 13) arranged between the reaction region (112) and exchange region (114), wherein the membrane electrode unit (101) has at least one first sealing region (1171) enclosing the redirection region (111) and the reaction region (112) for sealing the membrane electrode unit against a bipolar plate. According to the invention, at least one element (1111) is provided which has an electrical conductivity, depending on at least one parameter, for short-circuiting the anode (102) using the cathode (104) and is arranged within the first sealing region (1171).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Die Erfindung betrifft eine Membran-Elektroden-Einheit (101), umfassend eine Membran (103), eine an einer ersten Membranseite (106) angeordnete Anode (102) und eine an einer zweiten Membranseite (107) angeordnete Kathode (104), wobei die Membran-Elektroden-Einheit (101) in Aufsicht auf ihre Flachseiten einen Reaktionsbereich (112), mindestens einen Austauschbereich (114), in welchem mindestens eine Einlassöffnung (1101) und mindestens eine Auslassöffnung (1141) zum Ein- und Ausleiten von Gas (1103) und Kühlmittelflüssigkeit (1102) ausgebildet sind, und mindestens einen zwischen Reaktionsbereich (112) und Austauschbereich (114) angeordneten Weiterleitungsbereich (111, 13) aufweist, wobei die Membran-Elektroden-Einheit (101) mindestens einen den Weiterleitungsbereich (111) und den Reaktionsbereich (112) einschließenden ersten Dichtungsbereich (1171) zum Dichten der Membran-Elektroden-Einheit gegen eine Bipolarplatte aufweist. Es ist vorgesehen, dass mindestens ein Element (1111) vorhanden ist, das eine von mindestens einem Parameter abhängige elektrische Leitfähigkeit zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) aufweist und das innerhalb des ersten Dichtungsbereichs (1171) angeordnet ist.

Beschreibung

Membran-Elektroden-Einheit mit einem elektrisch leitfähigen Element

Die Erfindung betrifft eine Membran-Elektroden-Einheit, die mindestens einen Austauschbereich, einen Weiterleitungsbereich und einen Reaktionsbereich umfasst, wobei mindestens eine Einlassöffnung und mindestens eine Auslassöffnung zum Ein- und Ausleiten von Gas und Kühlmittelflüssigkeit im Austauschbereich ausgebildet sind und die Membran-Elektroden-Einheit mindestens eine Membran und mindestens eine Kathode und mindestens eine Anode zum Katalysieren des Gases an der Kathode oder der Anode umfasst, wobei die Kathode an einer ersten Membranseite angeordnet ist und die Anode an einer zweiten Membranseite angeordnet ist und wobei die Membran-Elektroden-Einheit mindestens einen Dichtungsbereich umfasst.

Brennstoffzellen nutzen die chemische Umsetzung eines Brennstoffs mit Sauerstoff zu Wasser, um elektrische Energie zu erzeugen. Hierfür enthalten Brennstoffzellen als Kernkomponente die sogenannte Membran-Elektroden-Einheit (MEA für membrane electrode assembly), die ein Verbund aus einer Ionen leitenden, insbesondere Protonen leitenden Membran und jeweils einer beidseitig an der Membran angeordneten Elektrode (Anode und Kathode) ist. Im Betrieb der Brennstoffzelle wird der Brennstoff, insbesondere Wasserstoff H_2 oder ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch der Anode zugeführt, wo eine elektrochemische Oxidation unter Abgabe von Elektronen stattfindet ($H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$). Über die Membran, welche die Reaktionsräume gasdicht voneinander trennt und elektrisch isoliert, erfolgt ein (wassergebundener oder wasserfreier) Transport der Protonen H^+ aus dem Anodenraum in den Kathodenraum. Die an der Anode bereitgestellten Elektronen e^- werden über eine elektrische Leitung der Kathode zugeleitet. Der Kathode wird Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch zugeführt, sodass eine Reduktion des Sauerstoffs unter Aufnahme der Elektronen stattfindet ($\frac{1}{2} O_2 + 2 e^- \rightarrow O^{2-}$). Gleichzeitig reagieren im Kathodenraum diese Sauerstoffanionen mit den über die Membran transportierten Protonen unter Bildung von Wasser ($2 H^+ + O^{2-} \rightarrow H_2O$).

In der Regel wird die Brennstoffzelle durch eine Vielzahl im Stapel (stack) angeordneter Membran-Elektroden-Einheiten gebildet, deren elektrische Leistungen sich addieren. Zwischen zwei Membran-Elektroden-Einheiten ist in einem Brennstoffzellenstapel jeweils eine Bipolarplatte angeordnet, die einerseits der Zuführung der Prozessgase zu der Anode beziehungsweise

Kathode der benachbarten Membran-Elektroden-Einheiten sowie andererseits der Abführung von Wärme dient.

Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) werden in Brennstoffzellen verbaut, die dem Antrieb von Fahrzeugen dienen. Damit sind sie den Witterungsbedingungen ausgesetzt, die diese Fahrzeuge erleiden. Tiefe Temperaturen, die unterhalb des Gefrierpunktes liegen, gefrieren Wasser und Produktwasser in Brennstoffzellen zu Eis. Dieses Eis verstopft unter anderem die Zu- und Abführungskanäle der Brennstoffzellenbetriebsgase. Diese Verstopfungen stören die Gaszufuhr und verhindern ein zuverlässiges Kaltstarten des Brennstoffzellenstapels. Darüber hinaus sind in einem Brennstoffzellenstapel Komponenten eingebaut beziehungsweise Werkstoffe verbaut, die teilweise Stoffe freisetzen. Deren Freisetzen resultiert aus einer Sensitivität der Komponenten beziehungsweise Werkstoffe für Wärme, Feuchtigkeit oder Wasserstoff. Diese Stoffe sind eine Verschmutzung beziehungsweise eine Verschmutzungsquelle für die MEA. Eine verschmutzte MEA leidet in ihrer Funktionalität oder nimmt Schaden. Somit bedrohen Verschmutzungen die Betriebssicherheit des Brennstoffzellenstapels. Daher werden Komponenten und Werkstoffe, die nicht zwingend Teil der MEA sind, üblicherweise außerhalb eines Dichtrings verbaut. Allerdings ist eine Kühlung außerhalb des Dichtrings limitiert oder sie steht nicht zur Verfügung. Der Dichtring dichtet die MEA entlang ihres Rahmen meist umlaufend.

Wenn Eis die Flusskanäle der Anode verstopft und damit einen Brennstoffmangel an der Anode verursacht, kann dieses zur Umpolung einzelner Zellen eines Brennstoffzellenstapels führen.

Die US 2010/0035090 A1 offenbart in Figur 2, dass zwischen zwei Bipolarplatten ein nichtlineares Element zu platzieren ist, um eine MEA-Degradation zu reduzieren. Die Schrift schlägt dabei vor, als nichtlineares Element einen PTC-Widerstand oder einen MOSFET-Widerstand zu verwenden. Dabei sind diese, nach Absatz [0023], außerhalb der Bipolarplatte in den Brennstoffstapel zu integrieren. Alternativ ist das nicht lineare Element in anderen Brennstoffzellenstapelstrukturen zu platzieren. Das nichtlineare Element kann auch als Komponente innerhalb einer Bipolarplatte, einer Gasdichtung oder elektrischen Isolationseinrichtung oder als Teil einer leitenden Schicht oder anderer Stützstrukturen verbaut werden.

Ein Nachteil des Vorschlags der US2010/0035090 ist die starke Wechselbelastung der Bipolarplatte in der nahen Umgebung des nichtlinearen Elements, dessen regelmäßiges Erwärmen und Abkühlen die Bipolarplatten belastet. Nachteilig ist die Komplexität von

Dichtungen. Deren Eignung für den Einsatz in Brennstoffzellen fordert ein hohes Wissen und Können. Geeignete gestanzte oder geschnittene Flachdichtungen beziehungsweise Dichtungen aus Dispensen zu produzieren, ist kompliziert.

Die DE 10 2007 048 869 A1 lehrt die Verwendung eines PTC-Elements als einen selbstregulierenden Widerstand im Zusammenhang mit einem Brennstoffzellenstapel. Die Schrift lehrt in Absatz [0011] dieses PTC-Element dazu zu verwenden, eine durch die Brennstoffzelle erzeugte Spannung so lange zu begrenzen, bis die Brennstoffzelle eine normale Betriebstemperatur erreicht hat. Zur Umsetzung dieser Aufgabe, ist das PTC-Element zwischen zwei Bipolarplatten verbaut. Denn dort schließt es beide Bipolarplatten miteinander elektrisch kurz, so lange der Schaltwiderstand des PTC-Elementes nicht erreicht ist. Die Schrift führt aus, ein PTC-Element, zum Beispiel in jede Bipolarplatte oder eine dazwischen liegende Membran, zu integrieren [0026].

Nachteilig ist allerdings, dass das PTC-Element mit Blattfedern zwischen die Bipolarplatten geklemmt wird. Ein Klemmen von Bauteilen ist unsicher. Ein zweiter Nachteil ist, dass der bevorzugte Ort für das PTC-Element nahe der Kühlmiteleinlass-Sammelleitung sein soll. Da dieser Ort jedoch keinen Kontakt zum Kühlmittel besitzt, ist die thermische Kopplung gering.

Ausgehend von der DE 10 2007 048 869 A1 weist der Stand der Technik den Nachteil auf, dass ein Erwärmen beziehungsweise Aufheizen einer Bipolarplattenanordnung beziehungsweise des Brennstoffzellenstapels beim Kaltstarten eines Fahrzeugs zu lange dauert. Um diesen Nachteil zu beseitigen, wurde bereits versucht, Brennstoffzellen mit trockener Luft zu spülen. Weder das Spülen noch ein Heizen von Ventilen oder Kühlmittel behob diesen Nachteil. Auch ein geschicktes, Eis tolerantes, Konstruieren der MEA schuf keine Abhilfe. Aufgrund des großen Wunsches der Fachwelt, den Nachteil zu beheben, wurde versucht, eine Verbrennung von H_2 und O_2 auszunutzen. Der zeitliche Verzug beim Kaltstarten von Fahrzeugen hält an.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, das Erwärmen eines Brennstoffzellenstapels bei dessen Kaltstart weiter zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch eine Membran-Elektroden-Einheit sowie durch einen Brennstoffzellenstapel mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Die erfindungsgemäße Membran-Elektroden-Einheit umfasst eine Membran, eine an einer ersten Membranseite angeordnete Kathode und eine an einer zweiten Membranseite

angeordnete Anode. Die Membran-Elektroden-Einheit weist in Aufsicht auf ihre Flachseiten jeweils einen Reaktionsbereich, mindestens einen Austauschbereich, in welchem mindestens eine Einlassöffnung und mindestens eine Auslassöffnung zum Ein- und Ausleiten von Gas (Anoden- und Kathodenbetriebsmedien) und Kühlmittelflüssigkeit ausgebildet sind, und mindestens einen zwischen Reaktionsbereich und Austauschbereich angeordneten Weiterleitungsbereich auf. Ferner weist die Membran-Elektroden-Einheit mindestens einen den mindestens einen Weiterleitungsbereich und den Reaktionsbereich einschließenden ersten Dichtungsbereich zum Dichten der Membran-Elektroden-Einheit gegen eine Bipolarplatte (im Montagezustand in einem Brennstoffzellenstapel) auf. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass mindestens ein Element vorhanden ist, das eine von mindestens einem Parameter abhängige elektrische Leitfähigkeit zum Kurzschließen der Kathode mit der Anode aufweist und das innerhalb des ersten Dichtungsbereichs angeordnet ist.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt einen Brennstoffzellenstapel, der eine Mehrzahl einander abwechselnd angeordneter Membran-Elektroden-Einheiten gemäß der Erfindung und Bipolarplatten umfasst. Der Brennstoffzellenstapel kann mit Vorteil in einem elektromotorisch betriebenen Fahrzeug eingesetzt werden, wobei der Brennstoffzellenstapel die elektrische Energie zum Betreiben des Elektromotors liefert.

Der Reaktionsbereich (auch als aktiver Bereich bezeichnet) ist ein Bereich, an dem die katalytischen Elektroden vorhanden sind. Im Montagezustand in einem Brennstoffzellenstapel grenzt der Reaktionsbereich der Membran-Elektroden-Einheit an jeweils eine benachbarte Bipolarplatte an, die in diesem Bereich ein offenes Strömungsfeld, beispielsweise offene Strömungskanäle aufweist, durch welche die Reaktantengase, also das Anoden- beziehungsweise das Kathodenbetriebsgas strömen. Im Reaktionsbereich finden somit im Betrieb der Brennstoffzelle die chemischen Brennstoffzellenreaktionen statt. Im Inneren der Bipolarplatte sind im Reaktionsbereich Strömungskanäle vorhanden, durch die das Kühlmittel strömt und die Reaktionswärme abführt. Der Austauschbereich ist ein Bereich, in dem die Öffnungen für die Zu- und Abfuhr der Betriebsmedien, also des Anoden- und Kathodenbetriebsmediums sowie des Kühlmittels vorhanden sind. Vorzugsweise weist die Membran-Elektroden-Einheit zwei Austauschbereiche auf, in denen jeweils drei Öffnungen (eine für jedes Betriebsmedium) ausgebildet sind und die einander gegenüberliegend beidseitig an dem Reaktionsbereich angeordnet sind. Im Brennstoffzellenstapel sind diese Öffnungen deckungsgleich mit korrespondierenden Öffnungen der Bipolarplatten angeordnet, wodurch Medienhauptkanäle ausgebildet werden, die den Stapel in Stapelrichtung durchsetzen. Seitens einer an die Membran-Elektroden-Einheit angrenzenden Bipolarplatte sind im Austauschbereich

in der Regel keine Strömungskanäle für die Reaktanten und das Kühlmittel vorhanden. Der Weiterleitungsbereich (auch Verteilerbereich genannt) bezeichnet einen Bereich, der zwischen dem Reaktionsbereich und einem Austauschbereich angeordnet ist. Der Weiterleitungsbereich dient der Fluidverbindung zwischen den Öffnungen des Austauschbereichs, also den Medienhauptkanälen, und den inneren und äußeren Kanalstrukturen des Reaktionsbereichs. Zu diesem Zweck sind auf einer im Montagezustand angrenzenden Bipolarplatte innere und äußere Strömungskanäle vorhanden, welche die entsprechenden Auslassöffnungen des Austauschbereichs mit den korrespondierenden inneren und äußeren Strömungskanälen der Bipolarplatte des Reaktionsbereichs verbinden. Da im Weiterleitungsbereich ebenso wie im Austauschbereich keine chemische Reaktionen stattfinden sollen, weist die Membran-Elektroden-Einheit in diesen Bereichen keine Elektrode beziehungsweise Elektrodenbeschichtung auf. In Abgrenzung zum aktiven Reaktionsbereich werden der Austauschbereich und Weiterleitungsbereich zusammengefasst auch als inaktiver Bereich bezeichnet. Die Begriffe Reaktionsbereich, Austauschbereich und Weiterleitungsbereich beziehen sich auf die Aufsicht auf eine der beiden Flachseiten der Membran-Elektroden-Einheit, wobei diese Bereiche auf beiden Flachseiten ausgebildet sind.

Dadurch, dass erfindungsgemäß jede Membran-Elektroden-Einheit durch das Element (nachfolgend auch als Kurzschlusselement bezeichnet) intern in Abhängigkeit von dem mindestens einen Parameter kurzgeschlossen werden kann, verliert die Membran-Elektroden-Einheit ihren Widerstand und wird durch elektrische Ströme durchflossen, wobei Wärme abgegeben wird. Der Stromdurchfluss ist dabei unabhängig von den elektrischen Widerständen anderer Brennstoffzellenstapelstrukturen. Er erwärmt alle Betriebsmedien, die im Brennstoffzellenstapel in Nähe des Einbauorts des Kurzschlusselements die benachbarte Bipolarplatte durchströmen. Da das Kurzschlusselement im Dichtungsbereich der Membran-Elektroden-Einheit angeordnet ist, also in einem Weiterleitungsbereich und/oder Reaktionsbereich, befindet sich das Element in unmittelbarer Nähe zu einem gekühlten Bereich einer angrenzenden Bipolarplatte, das heißt zumindest eines inneren Kühlmittelkanals derselben. Somit kommt es durch die Wärmeabgabe des Kurzschlusselements insbesondere zu einem Erwärmen des Kühlmittels, das wiederum die Wärme über die Bipolarplatte verteilt. Sofern sich nach einem Abschalten des Brennstoffzellenstapels in den Anoden- oder Kathodenkanälen der Bipolarplatte gefrorenes Produktwasser ausgebildet hat, welches zur Verstopfung dieser Kanäle führt, so wird dieses Eis schnell durch das Kurzschlusselement aufgetaut und die Kanäle werden frei. Daher produziert die erfindungsgemäße Brennstoffzelle beim Kaltstart schneller Strom. Dadurch wird der Brennstoffzellenstapel effektiver und benötigt weniger Zellen beziehungsweise Membran-Elektroden-Einheiten. Der Vorteil dieses

Effizienzgewinns ist ein Einsparen von Zellen und damit von Bauraum. Da die erfindungsgemäße Membran-Elektroden-Einheit durch das Kurzschlusselement erwärmt wird, muss das Kühlmittel beim Starten des Brennstoffzellenstapels weniger als im Stand der Technik erwärmt werden, wodurch ein Kühlmittelheizgerät gegebenenfalls entbehrlich ist. Auch andere Maßnahmen des Erwärmens können reduziert werden, wodurch Gewicht und Kosten verringert werden. Ein anderer Vorteil ist, dass jede Membran-Elektroden-Einheit und damit jede angrenzende Bipolarplatte separat erwärmt wird. Der gesamte Brennstoffzellenstapel erwärmt somit schnell, selbst dann, wenn einzelne Zellen noch ausfallen, weil Strömungskanäle benachbarter Bipolarplatten durch Eis blockiert sind. Der Brennstoffzellenstapel erwärmt sich folglich betriebssicher. Eine Stromentnahme aus dem Brennstoffzellenstapel kann somit erfolgen, sobald eine einzige Zelle frei von Eisblockaden ist, insbesondere sobald eine Mindestanzahl von Einzelzellen betriebsbereit ist.

Ein weiterer Vorteil des internen Kurzschlusses der Zellen ist darin zu sehen, dass sie gegenüber ihrer bestimmungsgemäßen Polung nicht umpolen, da elektrische Ladungen über das Element abgeführt und ausgeglichen werden. Da Umpolungen, die nach einem Abschalten des Brennstoffzellenstapels stattfinden können, sich beim Wiederstart schädigend auf das katalytische Material der Anode und insbesondere der Kathode auswirken, wird durch die erfindungsgemäße Membran-Elektroden-Einheit die schleichende Verringerung des Wirkungsgrades der Brennstoffzelle mit der Nutzungszeit vermindert.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die erfindungsgemäße Membran-Elektroden-Einheit robust gegenüber einer Kurzstreckennutzung ist. Wenn einige Zellen noch nicht eisfrei sind, sind diese während der Kurzstreckennutzung nicht in Betrieb. Sie werden geschont, aber ein Brennstoffzellenstapel ist durch die anderen, eisfreien Zellen trotzdem betriebsbereit.

Die Leitfähigkeit des Kurzschlusselements hängt von mindestens einem Parameter ab. Ein sinnvoller Parameter bildet die Witterung oder deren Änderungen ab, insbesondere das Vorliegen von Frostbedingungen.

Das Kurzschlusselement ist vorzugsweise so ausgebildet, dass es unter Betriebsbedingungen des Brennstoffzellenstapels eine niedrige oder keine elektrische Leitfähigkeit aufweist und somit kein Kurzschluss vorliegt. Außerhalb der Betriebsbedingungen des Brennstoffzellenstapels hingegen weist das Element eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf und schließt die Anode und Kathode elektrisch kurz. Vorzugsweise stellt sich dieses Leitfähigkeitsverhalten des Elements passiv in Antwort auf den Parameter ein.

Der Parameter ist in einer speziellen Ausführungsform ein Steuersignal, das von einer elektronischen Einheit gestellt wird. Die elektronische Einheit vermisst anhand unterschiedlicher Messgrößen die Umgebung der Brennstoffzelle. Dann kann sie aus den unterschiedlichen Messgrößen heraus ein Steuersignal abbilden. Im Betrieb von Fahrzeugen sind diese Umgebungsbedingungen Positionskoordinaten eines GPS-Systems, ein Gehalt an Frostschutzmittel im Scheibenwischerwasser, gespeicherten Daten einer Fahrhistorie, Temperaturen, Drücke oder historischen Daten über die Betriebsstundenanzahl der Brennstoffzelle.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Parameter eine Temperatur, eine Gaskonzentration oder eine Stromspannung. Wenn der Parameter eine Temperatur ist, ist das Element bevorzugt so ausgebildet, dass seine Leitfähigkeit sich im Bereich des Gefrierpunkts von Wasser stark ändert, also im Bereich um 0°C ($\pm 20^{\circ}\text{C}$, insbesondere $\pm 15^{\circ}\text{C}$). Wenn die Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes oder unterhalb einer über dem Gefrierpunkt liegenden Sicherheitsgrenze liegt, dann wird die Zelle kurzgeschlossen und somit beheizt. Der Parameter kann aber auch eine Gaskonzentration sein. Der Vorteil ist die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Standzeit eines Fahrzeugs, denn die Gaskonzentration, zum Beispiel von Wasserstoff, kann stark reduziert sein, wenn das Fahrzeug lange gestanden hat. Alternativ ist der Parameter eine Stromspannung. Dabei ist die Membran-Elektroden-Einheit bis zum Erreichen einer vorbestimmten Grenzspannung kurzgeschlossen. Sie hat damit keine Polung und kann damit nicht umpolen. Die Kathode mit der Anode über eine Diode zu verschalten, ist in diesem Zusammenhang eine Möglichkeit, denn diese verhindert innerhalb ihres Sperrbereichs einen elektrischen Strom in eine unerwünschte Richtung. Damit schützt sie vor einer Umpolung.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Element ein PTC-Element. Der Vorteil ist ein Kurzschließen der MEA in Abhängigkeit von der Temperatur ohne teure und aufwendige Elektronik. Jedes PTC-Element schaltet die ihm zugehörige MEA passiv in Abhängigkeit der an ihrer Position im Brennstoffzellenstapel vorherrschenden Bedingungen. Ein Verbau eines PTC-Elements innerhalb der MEA ermöglicht deren Kurzschließen ohne elektrische Widerstände anderer Brennstoffzellenstrukturen zu durchfließen.

Alternativ können die Kathode und die Anode über eine Folie miteinander verbunden werden, die eine Oxidschicht aufweist. Das hat den Vorteil, dass eine Wasserstoffinjektion in die Kathodenversorgung zur Reaktion an der Anode beim Starten eingespritzt werden kann, um die

MEA kurzuschließen. Denn dann schließt die Oxidschicht intern die MEA kurz. Dies hält die Anode vor jedweder Schadeinwirkung frei.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element eine Diode. Eine Diode, beispielsweise eine Verpolungsschutz-Diode (reverse-polarity protection diode), richtet den Strom zwischen der kurzgeschlossenen Kathode und Anode in eine Richtung. Ein Einsatz einer temperaturabhängigen Verpolungsschutz-Diode ermöglicht einen Betrieb eines Diodenheizgeräts.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element ein Feldeffekttransistor. Ein Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET) hat den Vorteil, im Falle des Kurzschlusses ein geringst möglicher Widerstand zu sein. Gleichzeitig bietet er den bestmöglichen Schutz vor Umpolung. Ein MOSFET erlaubt ferner, andere Schaltkreiskomponenten zu integrieren. Der Vorteil dieser Integration ist Spannungs- und Temperaturabhängigkeiten der Schaltkreiskomponenten in die MEA einzubauen.

In vorteilhafter Weise ist das Element im Weiterleitungsbereich der Membran-Elektroden-Einheit angeordnet. Der Weiterleitungsbereich verfügt über genügend Bauraum, um dünne und großflächige Kurzschlussmittel in die Membran-Elektroden-Einheit einzufügen. Sofern einer von zwei vorhandenen Weiterleitungsbereichen ein medienzuführender Bereich und der andere ein abführender Bereich ist, ist das Kurzschlusselement bevorzugt in dem zuführenden Weiterleitungsbereich positioniert. Auf diese Weise wird das Kühlmittel erwärmt, bevor dieses den Reaktionsbereich anströmt. Die Positionierung des Elements im medienabführenden Weiterleitungsbereich der Auslässe ermöglicht hingegen ein Erwärmen des Kühlmittels beim Austreten aus der MEA. Da bei der Brennstoffzellenreaktion Produktwasser entsteht, das aus dem Reaktionsbereich über den abführenden Weiterleitungsbereich mit dem Abgas abgeführt wird, ist die Gefahr des Gefrierens von Produktwasser im medienabführenden Weiterleitungsbereich besonders hoch. Der Vorteil des Erwärmens am Auslass, minimiert das Frostrisiko also nachhaltig am Ort des höchsten Risikos. Mit Vorteil kann sowohl im zu- als auch im abführenden Weiterleitungsbereich jeweils ein oder mehrere Kurzschlusselemente vorgesehen sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Element innerhalb des Reaktionsbereichs angeordnet. Der Reaktionsbereich weist in der Regel eine größere Fläche auf als der Weiterleitungsbereich sowie eine weniger stark überkreuzende Kanalstruktur seitens einer angrenzenden Bipolarplatte. Er weist daher einfachere Strömungsverhältnisse auf. Eine

Wärmeübertragung vom Reaktionsbereich zu dem in der benachbarten Bipolarplatte strömenden Kühlmittel kann bei vielen Plattengestaltungen direkter möglich sein als aus dem Weiterleitungsbereich. Eine Anordnung von zwei oder mehr Elementen im Bereich des Weiterleitungsbereichs sowie des Reaktionsbereichs ist vorteilhaft, da sich die Aufheizeffekte mehrerer Elemente summieren, sodass ein Brennstoffzellen-Fahrzeug beim Kaltstarten besonders schnell betriebsbereit ist.

Um die Anode mit der Kathode der Membran-Elektroden-Einheit kurzschließen zu können, ist das Kurzschlusselement die Membran durchdringend ausgeführt, also so, dass es in einer Öffnung der Membran angeordnet ist. In einer weiteren Ausgestaltung ist das Element einstückig in die Membran-Elektroden-Einheit eingefügt. Einstückig ist das Element mit der MEA verbunden, wenn es zum Beispiel stoffschlüssig mit dieser verbunden ist. Aber auch ein Einlassen des Elements in die MEA verbindet die zwei Bauteile zu einem Bauteil.

In einer weiteren Ausgestaltung ist mindestens ein zweites Kurzschlusselement vorhanden, dass eine Diode ist. Besonders bevorzugt ist die Kombination einer Diode mit einem PTC-Element. Dadurch, dass mindestens eine Diode und mindestens ein PTC-Element in der Membran-Elektroden-Einheit angeordnet sind, kann die Sensitivität der MEA an die Witterung noch besser angepasst werden, denn die Diode kann im zuführenden Weiterleitungsbereich, also nahe der Einlassöffnungen positioniert sein, das PTC-Element hingegen im ableitenden Weiterleitungsbereich nahe den Auslassöffnungen. Damit wird sowohl das zugeführte Gas von der Diode als auch das ausgelassene Gas vom PTC-Element erwärmt. Ein Vorteil dieses separaten, doppelten Erwärmens ist die Möglichkeit des Konfigurierens unterschiedlicher Schalttemperaturen der Diode und des PTC-Elements. Die Diode und PTC-Elemente können auf unterschiedliche Schalttemperaturen ausgelegt werden. Somit kann einströmendes Gas oder Kühlmittel bei einer anderen Temperatur erwärmt werden als auszulassendes Gas beziehungsweise Kühlmittel. Der Vorteil ist die Einsparung von Energie, denn auszulassendes Gas hat im Betrieb eine höhere Wärme als einzulassendes Gas und muss daher weniger beheizt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist in der Membran-Elektroden-Einheit mindestens ein zweites Kurzschlusselement vorhanden, das ein Feldeffekttransistor ist, vorzugsweise zusätzlich zu einer Diode. Ebenfalls vorteilhaft ist die Anordnung eines zweiten Kurzschlusselements in Form eines PTC-Elements, insbesondere in Kombination mit einem Feldeffekttransistor.

In einer weiteren Ausführungsform weist die Membran-Elektroden-Einheit mindestens eine Randverstärkung auf, die mindestens ein Element aufweist. Die Randverstärkung ist üblicherweise im nicht aktiven Bereich von Membran-Elektroden-Einheiten angeordnet, also des Austauschbereichs und des Weiterleitungsbereichs. Sie hat eine stabilisierende Funktion für die fragile Membran und ist beispielsweise als eine Kunststoffolie ausgeführt, welche die Membran in ihren elektrodenfreien Bereichen abstützt. Die Randverstärkung kann für den Einbau des Elements in vorteilhafter Weise genutzt werden, da die Membran hier besonders gut stabilisiert ist. In einer Ausführung ist das Element zwischen zwei Metallplatten in das Randverstärkungsmaterial eingelassen. Hierdurch ist das Element in Metallplatten eingehaust und gegen die Umwelt abgedichtet. Um das Element zwischen die Metallplatten zu klemmen, kann es durch eine leitfähige Druckschicht beziehungsweise ein Druckelement, wie zum Beispiel eine Druckfeder, zwischen den Metallplatten gehalten werden. Das Element klemmt besonders gut, wenn die Spalte zwischen den beiden Metallplatten umlaufend mit Dichtmasse geklebt sind.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element durch eine zweite Dichtung separat gedichtet. Somit ist das Element im Weiterleitungsbereich separat gegen eine Bipolarplattenhälfte gedichtet. Die separate Dichtung erhöht die Betriebssicherheit, denn die Dichtungsredundanz ist erhöht.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element innerhalb einer Dichtungsmasse einstückig ausgebildet. Dieses hat den Vorteil, dass das Element von den Betriebsgasen isoliert ist. Folglich wird es von diesen nicht angegriffen. Auch ist ein Eingießen des Elements in eine Dichtungsmasse, zum Beispiel die Randverstärkung, fertigungstechnisch einfach.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element und die Membran-Elektroden-Einheit einstückig ausgeführt. Einstückige Bauteile können einfach weiter verbaut werden und sind weniger anfällig.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass sich der Betriebszustand und damit eine Betriebsbereitschaft des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels an seiner Spannung ablesen lässt. Ein entsprechendes Verfahren wird nachfolgend anhand des Beispiels eines PTC-Elements als Kurzschlusselement erläutert.

Die Leerlaufspannung kann auch als sogenannter offener Stromkreis (OCV: Open Circuit Voltage) bezeichnet werden. Die Leerlaufspannung ist die maximale Spannung einer

Brennstoffzelle. Sie liegt vor, wenn die Brennstoffzelle ihre Betriebstemperatur erreicht hat und keine Last anliegt. Das Vorliegen einer Betriebstemperatur lässt sich somit über die Brennstoffzelle feststellen, wenn ihre maximale Spannung erreicht ist.

Dem Ansatz zum Ermitteln der Betriebsbereitschaft liegt der Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand als Wirkprinzip zugrunde.

Zum Erkennen der Betriebsbereitschaft werden Strom-Spannungs-Kennlinien des Brennstoffzellenstapels sowie des Kurzschlusselements bereitgestellt und beispielsweise in einem Steuergerät des Brennstoffzellenstapels hinterlegt.

Strom-Spannungs-Kennlinien des Brennstoffzellenstapels bilden den nicht linearen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung einer Zelle jeweils für eine konstante Anoden- und Kathodengasversorgung (konstante Zelldrücke beziehungsweise Massenströme der Betriebsmedien) und eine konstante Temperatur ab. Dabei nimmt mit zunehmender Stromstärke die Spannung ab. Die höchsten Zellspannungen liegen bei Stromstärken nahe Null vor. Andererseits verschiebt sich die Kennlinie mit zunehmenden Zelldrücken beziehungsweise Massenströmen der Betriebsmedien in Richtung höherer Spannungen und Stromstärken. Eine ähnliche Verschiebung der Kennlinien der Brennstoffzelle liegt in Abhängigkeit von der Temperatur vor.

Die Strom-Spannungs-Kennlinie des Kurzschlusselements, beispielsweise eines PTC-Elements, weist hingegen zumeist einen linearen Verlauf auf, bei dem die Spannung proportional mit der Stromstärke zunimmt und die Steigung der Geraden dem Widerstand des Elements entspricht. Das Element verändert seinen Widerstand in Abhängigkeit der Temperatur. Damit weist das Element für jede Temperatur eine Strom-Spannungs-Kennlinie auf, wobei die Steigung mit höheren Temperaturen zunimmt. Mit anderen Worten „wandert“ die Kennlinie mit zunehmender Temperatur in Richtung höherer Spannungen.

Die Spannung und der Strom durch die Membran-Elektroden-Einheit sind bekannt, da sie über entsprechende Strom- beziehungsweise Spannungsmesseinrichtungen in Brennstoffzellensystemen ständig erfasst werden. Sie liegen auch am Element an. Der Widerstand des Elements lässt sich aus dieser Kenntnis berechnen, sodass ihm durch seine gespeicherte Kennlinie eine Temperatur zugeordnet werden kann. Die Brennstoffzelle wird beispielsweise bei Überschreiten einer Temperatur größer 0° Grad Celsius als betriebsbereit erkannt, da dann die Zelle eisfrei ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform zum Durchführen dieses Verfahrens umfasst mindestens eine Brennstoffzelle mit mindestens einem Element, wobei der elektrische Widerstand des Elements temperaturabhängig ist. Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- Bereitstellen zumindest einer Strom-Spannungs-Kennlinie einer Einzelzelle des Brennstoffzellenstapels, wobei die Kennlinie den Zusammenhang zwischen Spannung U und Strom I der Zelle wiedergibt. Alternativ wird eine Mehrzahl an Strom-Spannungs-Kennlinien bereitgestellt, wobei jede Kennlinie den Zusammenhang zwischen Spannung U und Strom I der Zelle für unterschiedliche Massenströme oder Betriebsdrücke der Anoden- und/oder Kathodenbetriebsmedien angibt,
- Ermitteln der Spannung U der Einzelzelle oder des Brennstoffzellenstapels, woraus die Spannung U jeder Einzelzelle des Stapels ermittelt werden kann.
- Bestimmen des Widerstands R des Kurzschlusselements in Abhängigkeit von der ermittelten Spannung U .
- Bestimmen der Temperatur T der Einzelzelle in Abhängigkeit von dem ermittelten Widerstand R des Kurzschlusselements.
- Feststellen der Betriebsbereitschaft, wenn die Temperatur eine vorbestimmte Temperaturschwelle erreicht oder überschreitet, vorzugsweise von 0°C .

Aus diesem Verfahren resultiert der Vorteil, dass eine direkte Rückkopplung vorliegt, ob eine Brennstoffzelle durch Eis blockiert ist. Diese Rückkopplung gilt damit auch für den Brennstoffzellenstapel. Weitere Messmittel, etwa Temperatursensoren sind damit nicht notwendig.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die verschiedenen in dieser Anmeldung genannten Ausführungsformen der Erfindung sind, sofern im Einzelfall nicht anders ausgeführt, mit Vorteil miteinander kombinierbar.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Schnittzeichnung eines Brennstoffzellenausschnitts,
- Figur 2 eine Membran-Elektroden-Einheit in einer Aufsicht,
- Figur 3 eine Vergrößerung einer Schnittzeichnung,
- Figur 4 eine perspektivische Ansicht auf eine MEA,
- Figur 5 einen Brennstoffzellenstapel mit Ausschnitt,
- Figur 6 eine schematische Darstellung von Kombinationen an Elementen,
- Figur 7 eine Schnittzeichnung durch einen Brennstoffzellenausschnitt.

Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Ausschnitts eines Brennstoffzellenstapels mit zwei exemplarischen Einzelzellen in einem Schnittbild.

Jede Einzelzelle weist eine Membran-Elektroden-Einheit (MEA) 101 auf. Die MEA 101 besteht aus einer Membran 103, die auf ihrer ersten Membranseite 106 eine Anodenschicht 102 aufweist und auf ihrer zweiten Membranseite 107 eine Kathodenschicht 104. Die Anoden- beziehungsweise Kathodenschichten 102, 104 können direkt auf die Membranseiten 106, 107 aufgebracht und ausgehärtet sein. In diesem Fall wird die MEA auch als katalytisch beschichtete Membran oder CCM (Catalyst Coated Membrane) bezeichnet.

Die CCM 105 ist beidseitig von einer elektrisch leitfähigen und gasdurchlässigen Gasdiffusionsschicht 108, 109 kontaktiert. Die erste Gasdiffusionsschicht 108 und auch die zweite Gasdiffusionsschicht 109 sind dazu auf die CCM 105 aufgelegt. Die Gasdiffusionsschichten 108, 109 grenzen an Bipolarplattenhälften 202 an.

Zwei Bipolarplattenhälften 202 bilden eine Bipolarplatte 201. In den Bipolarplattenhälften sind Kathodengaskanäle 203 zum Leiten von Kathodenbetriebsgas und Anodengaskanäle 204 zum Leiten von Anodenbetriebsgas vorhanden. Die Bipolarplattenhälften 202 haben darüber hinaus Kühlkanäle 205. Diese dienen einem Kühlen der Bipolarplatten 201 von innen.

Mehrere abwechselnd gestapelte Bipolarplatten 201 und Membran-Elektroden-Einheiten 101 bilden einen Brennstoffstapel 115.

Figur 2 zeigt eine Membran-Elektroden-Einheit 101 in einer Aufsicht. Die MEA 101 ist durch eine rahmenartige Randverstärkung 116 stabilisiert.

Von links nach rechts ist die Membran-Elektroden-Einheit 101 in fünf Bereiche gegliedert, die in der Figur jeweils durch eine umlaufende unterbrochene Linie markiert ist: In einen ersten Austauschbereich 110, einen ersten Weiterleitungsbereich 111, einen Reaktionsbereich 112, einen zweiten Weiterleitungsbereich 113 und einen zweiten Austauschbereich 114.

Die Figur 2 zeigt, dass in den ersten Austauschbereich 110 einzelne Einlassöffnungen 1101 eingelassen sind. Die Einlassöffnungen 1101 dienen zum Einleiten von Kühlmittel 1102 und den Anoden- und Kathodenbetriebsgasen 1103. Die Einlassöffnungen 1101 sind einzeln mit jeweils einer umlaufenden Dichtung (dicke Linie) gegen eine angrenzende Bipolarplattenhälfte (in Figur 2 nicht dargestellt) gedichtet. Zusätzlich können die Einlassöffnungen 1101 mit einer den gesamten Austauschbereich 110 umlaufenden Dichtung abgedichtet sein. Das Dichten der Einlassöffnungen 1101 einzeln und als Bereich erhöht die Sicherheit für den Fall einer Leckage.

Entsprechend weist der zweite Austauschbereich 114 Auslassöffnungen 1141 zum Ableiten des Kühlmittels 1102 und der Anoden- und Kathodenbetriebsgase 1103 auf sowie umlaufende Dichtungen 117.

Der erste Austauschbereich 110 stellt somit die Einlassseite der MEA 101 dar und wird auch als Inlet bezeichnet, während der zweite Austauschbereich 114 die Auslassseite bildet und als Outlet bezeichnet wird.

Der Reaktionsbereich 112, welcher auch als aktiver Bereich bezeichnet wird, beschreibt einen Bereich einer MEA 101, der zwischen dem ersten und zweiten Weiterleitungsbereich 111, 113 liegt und sich durch die Anwesenheit der Kathode und Anode, also der katalytischen Beschichtung auszeichnet. Somit finden im Betrieb der Brennstoffzelle im Reaktionsbereich 112 die Strom erzeugenden chemischen Reaktionen statt.

Im ersten Weiterleitungsbereich 111 werden das Anodenbetriebsgas 1103, wie Sauerstoff oder Luft, und das Kathodenbetriebsgas 1103, beispielsweise Wasserstoff oder ein anderer

Brennstoff, von den Einlassöffnungen 1101 zu den katalytischen Elektroden des Reaktionsbereichs 102 geführt und in diesen verteilt. Im zweiten Weiterleitungsbereich 113 werden das Anoden und Kathodenbetriebsgas 1103 aus dem Reaktionsbereich 102 abgeführt und den Auslassöffnungen 1141 zugeführt. Ebenso strömt das Kühlmittel 1102 innerhalb einer angrenzenden Bipolarplatte aus der entsprechenden Einlassöffnung 1101 und wird parallel zu dem ersten Weiterleitungsbereich 111, den Reaktionsbereich 102, den zweiten Weiterleitungsbereich 113 in die entsprechende Auslassöffnung 1141 geführt. In den Weiterleitungsbereichen 111, 114 findet keine chemische Reaktion der Reaktanten statt. Bevorzugt ist in den Weiterleitungsbereichen 111, 113 daher keine katalytische Beschichtung vorhanden. Jedoch kann die rahmenartige Randverstärkung 116 sich vorteilhaft bis über die Weiterleitungsbereiche 111, 113 erstrecken. Weiterleitungsbereiche 111, 113 werden auch als Plenum, Verteilerbereich, Übergangsbereich oder Kreuzflussregion bezeichnet.

Die Weiterleitungsbereiche 111, 113 werden zusammen mit den Austauschbereichen 110, 114 auch als sogenannte inaktive Bereiche bezeichnet.

Die ersten und zweiten Weiterleitungsbereiche 111, 114 sind zusammen mit dem Reaktionsbereich 102 ebenfalls separat durch eine umlaufende erste Dichtung 1112 gedichtet und bilden den hier sechseckigen Dichtungsbereich 1171 (in Figur 2 zusätzlich durch das sechseckige Symbol angedeutet). Die erste Dichtung 1112 ist beispielsweise als Vollgummilippe in eine vorgelaserte Dichtrille der Randverstärkung 116 (nicht dargestellt) eingelegt oder auf die Randverstärkung 116 aufgespritzt.

Erfindungsgemäß ist innerhalb des Dichtungsbereichs 1171 ein Element 1111 (Kurzschlusselement) angeordnet, das ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem geeigneten Parameter einen elektrischen Kurzschluss zwischen der Anode 102 und der Kathode 104 der Membran-Elektroden-Einheit herzustellen (siehe auch Figur 2). Das Kurzschlusselement 1111 kann in einem oder beiden Weiterleitungsbereichen 111, 113 und/oder in dem Reaktionsbereich 102 angeordnet sein. Zumindest im Fall der Anordnung in einem Weiterleitungsbereich 111, 113, wo keine Anoden- beziehungsweise Kathodenbeschichtung vorliegt, erfolgt der elektrische Kurzschluss über die angrenzenden Gasdiffusionsschichten 108 und 109. Das Element kann in unterschiedlichen Ausführungsformen eine Diode, ein Feldeffekttransistor oder ein PTC-Element sein. Kombinationen von diesen sind ebenfalls von Vorteil.

In dem in Figur 2 dargestellten Beispiel ist das Kurzschlusselement 1111 innerhalb des ersten Weiterleitungsbereichs 111 angeordnet und dort durch eine optionale zweite Dichtung 1113

separat gedichtet. Dazu ist es von zwei Metallplatten umgeben, die entlang ihres Randes miteinander gedichtet sind, sodass das Element 1111 gedichtet zwischen den Metallplatten liegt. Damit das Element 1111 zwischen den Metallplatten fixiert ist, ist es mit einer Feder zwischen den Metallplatten gespannt. Das Element 1111 durchbricht die MEA 101, sodass es die erste Gasdiffusionsschicht mit der zweiten Gasdiffusionsschicht verbindet (nicht dargestellt).

In einer weiteren Ausführungsform kann das Element auch mehrfach verbaut sein. Eine Möglichkeit ist der Verbau eines Elements auf der Einlassseite und eines zweiten Elementes auf der Auslassseite. Das zweite Element kann ebenfalls eine Diode, ein Feldeffekttransistor oder ein PTC-Element sein. Je nach Bedarfsfall können die Anzahl an Elementen und die Kombinatorik ihrer Ausführungen als Diode, Feldeffekttransistor oder PTC-Element verändert werden.

In der vorliegenden Ausführungsform ist das Element 1111 in den ersten Weiterleitungsbereich 111 eingegossen. Das ist alternativ oder zusätzlich auch im zweiten Weiterleitungsbereich 113 möglich. Die Ober- und die Unterseite des Elements 1111 liegen an der ersten und zweiten Gasdiffusionsschicht an (nicht dargestellt). Da die Gasdiffusionsschichten elektrisch leitfähig sind, kann das Element 1111 einen Kurzschluss zwischen der Kathode und der Anode schalten (nicht dargestellt). Dies tut es in Abhängigkeit einer bestimmten Temperatur, eines bestimmten Außendrucks, einer bestimmten Stromspannung oder einer bestimmten Gaskonzentration an Wasserstoff oder Sauerstoff. Das Element 1111 ist so ausgebildet, dass es unter normalen Betriebsbedingungen der Brennstoffzellen nicht elektrisch leitfähig ist.

In einer weiteren Ausführungsform kann das Element 1111 nicht direkt durch einen Betriebsparameter, sondern durch einen Stellparameter einer elektronischen Einrichtung geschaltet werden. Der Stellparameter kann dabei von einer Vielzahl von Voraussetzungen abhängig sein. Im Fahrzeugbau ist dies zum Beispiel die Position des Fahrzeugs. Denn dieser beinhaltet den Breitengrad und/oder die Höhe über Normalnull. Die elektronische Einrichtung kennt ferner die Historie unterschiedlicher Fahrer, deren Fahrverhalten und deren gewünschtes Fahrzeugleistungsprofil. Bei Fahrern, die sich erst im Fahrzeug einrichten, der Zeit zwischen Türöffnen und Fahrzeugstart, kann ein langsames Erwärmen des Elements 1111 eingestellt werden.

Um eine hohe Druckstabilität zu erreichen, ist in einer weiteren Ausführungsform der erste Weiterleitungsbereich 111 in Teilen, Untersegmenten oder im Ganzen mit der ihn benachbarten

Bipolarplattenhälfte verklebt oder verschweißt (nicht dargestellt). Derartige gefügte Dichtungen halten hohen Temperaturen oder Gaskonzentrationen stand.

Der Reaktionsbereich 112 untergliedert sich in eine Membran (nicht dargestellt), sowie eine in der Aufsicht zu sehende darauf aufgetragene Kathode 102 beziehungsweise Kathodenbeschichtung 102. Die Kathode 102 ist also auf einer ersten Membranseite 106 (in der vorliegenden Ansicht die Oberseite der Membran) angebracht. Hingegen ist die Anode (nicht dargestellt) auf einer zweiten Membranseite 107 (in der vorliegenden Ansicht die Unterseite der Membran) angebracht.

Figur 3 zeigt eine Vergrößerung einer Schnittansicht einer Zelle eines Brennstoffzellenstapels 115. Figur 3 lehrt eine MEA 301. Ein elektrisch leitfähiges Element 307 ist im aktiven Bereich angeordnet. Die MEA 301 umfasst eine Membran 302, die beidseitig eine Katalysatorenbeschichtung 303 aufweist. Diese Katalysatorenbeschichtung ist jeweils von einer Gasdiffusionsschicht 304 umgeben. Die MEA 301 liegt zwischen zwei Bipolarplattenhälften 305. Die Figur lehrt, dass ein Element 306 in der MEA 301 eingesetzt ist. Das Element 306 durchbricht die Membran 302 und die Katalysatorenbeschichtung 303. Somit steht es mit der Katalysatorenbeschichtung 303 in elektrischem Kontakt 306. Ebenfalls liegt ein elektrischer Kontakt zwischen Element 306 und Gasdiffusionsschicht 304 vor. Wenn das Element 306 also keinen elektrischen Widerstand aufweist, dann schließt es die MEA 101 kurz. Im umgekehrten Fall, wenn es einen hohen elektrischen Widerstand aufweist, isoliert es die Katalysatorenbeschichtung 303, sodass zwischen ihnen ein Potential entsteht.

Die Funktion des Elements 306 ist in einem vergrößerten Ersatzschema dargestellt. Das Ersatzschema zeigt die Aufgabe des Elements 306. Die Aufgabe des Elements 306 entspricht der eines Potentiometers. Dieses ändert seine Leitfähigkeit 307 in Abhängigkeit eines Parameters, wie der Temperatur.

Das Element 306 produziert Wärme, sodass sich die MEA 301 erwärmt. Die Gesamtwärme der MEA 301 ist die Summe aus der elektrochemischen Ineffizienz. Sie summiert sich aus der Wärme, die von der Membran-Elektroden-Einheit 301 abgestrahlt wird und der Wärme des Elements 306.

Das Element 306 ist in der vorliegenden Ausführungsform ein PTC-Element. Daher ist die Gesamtwärme direkt proportional zur angelegten Last an die Membran-Elektronen-Einheit 301 und des PTC-Elements. Ein PTC-Element beschreibt ein Bauelement, das

temperaturabhängige Eigenschaften aufweist. Insbesondere beschreibt es temperaturabhängige elektrische Widerstände. Die Abkürzung PTC steht für Positiver Temperatur-Koeffizient. Andere bekannte Bezeichnungen für PTC-Elemente sind PTC-Heizelement oder PTC-Kurzschlusselement. Die Schalttemperatur ist die Temperatur bei der ein PTC-Element seinen Widerstand erhöht. Ein PTC-Element ändert seinen Widerstand in Abhängigkeit seiner Schalttemperatur. Die Schalttemperatur eines PTC-Elements liegt beim Betrieb von Brennstoffzellen für Fahrzeuge im Bereich von 50 bis 70°C.

Eine MEA muss erwärmt werden, damit sie eine Leerlaufspannung aufweist. Eine erwärmte MEA, das heißt eine MEA deren Kühlmittelflüssigkeit eine Temperatur größer 0°C aufweist, weist die Leerlaufspannung auf, wenn kein Verbraucher angeschlossen ist. Die Leerlaufspannung wird auch OPC genannt. Das Kürzel OCV bedeutet Open Circuit Voltage. Es beschreibt eine Leerlaufspannung. Die Leerlaufspannung einer Brennstoffzelle ist die Spannung, die an einer Zelle anliegt, wenn kein Verbraucher zugeschaltet ist. Eine Zelle beschreibt eine MEA zusammen mit den beiden ihr zugeordneten Gasdiffusionsschichten und Bipolarplattenhälften. Wenn das Element 306 gemäß einer alternativen Ausführungsform in einem inaktiven Weiterleitungsbereich (111, 113, Figur 2) angeordnet ist, sind in diesem Bereich keine Katalysatorbeschichtungen 303 vorhanden. In diesem Fall kontaktiert das Element 306 die beiden Gasdiffusionsschichten 304 (nicht dargestellt beziehungsweise 108, 109, Figur 1). Die Funktionsweise entspricht der vorgenannten.

Figur 4 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Membran-Elektroden-Einheit 401. Die Figur zeigt eine MEA 401 mit zwei Gasdiffusionsschichten 401, 402. Die MEA 401 wird von einer Randverstärkung 404 gehalten. Die Figur 4 lehrt unterschiedliche Positionen, um ein Element 403 zu platzieren.

Das Element 403 kann innerhalb der MEA 401 platziert sein (rechte Seite der Darstellung). Dazu ist es in die Membran 408 zwischen Kathode und der Anode geklemmt. Dann ist es automatisch auch im Reaktionsbereich 406 platziert. Das Element 401 ist separat gedichtet (nicht dargestellt)

In einer weiteren Ausführungsform ist das Element 403 auf einer Seite der Membran 408 im Weiterleitungsbereich 405 angeordnet, zum Beispiel aufgeklebt. Es durchbricht die Membran selber nicht. Eine Bohrung (nicht dargestellt) durch die Membran 408, die mit einem elektrisch leitfähigen Material gefüllt ist, übernimmt diese Aufgabe.

In einer weiteren Ausführungsform ist auch ein Platzieren des Elements 403 innerhalb der Randverstärkung 404 möglich (linke Seite der Darstellung). Damit liegt es im Weiterleitungsbereich 405. Die Randverstärkung dient in erster Linie der mechanischen Stützung der Membran und ist undurchlässig für die Betriebsmittel. Die Randverstärkung 404 kann eine Folie oder ein Blech sein, dass Öffnungen, sowie Ein- und Auslassöffnungen (1101, 1141, Figur 2), aufweist. In einigen Fällen ist die Randverstärkung 404 in Teilen oder ganz aus Gummi oder anderen nicht elektrisch leitenden Materialien 407 hergestellt.

Das Element 403 kann in der vorliegenden Ausführungsform ein PTC-Element, eine Diode oder Feldeffekttransistor sein.

Figur 5 lehrt eine Ausführungsform eines Brennstoffzellenstapels 501. Der Brennstoffzellenstapel 501 besteht aus Bipolarplatten 502, die MEA 504 zwischen sich lagern. Die Ausführungsform lehrt, dass die Membran 505 der MEA 504 von einem Element 503 durchbrochen ist. Das Element 505 liegt in einem Weiterleitungsbereich 506, wobei das Element 505 ein Schalter 5031, ein Feldeffekttransistor 5032, eine Diode 5033 oder ein Widerstand 5034 ist. Der Feldeffekttransistor ist ein MOSFET.

Figur 6 zeigt unterschiedliche Ausführungsformen der Elemente 601, wie Schalter, Dioden, Widerstände und Feldeffekttransistoren. Diese werden im Reaktionsbereich oder im Weiterleitungsbereich der MEA kombiniert. Die Einlassseite, erster Weiterleitungsbereich 111 in Figur 2, ist durch ein I (Inlet) gekennzeichnet, die Auslassseite, zweiter Weiterleitungsbereich 114 in Figur 2, ist mit einem O (Outlet) gekennzeichnet. Dargestellt sind unterschiedliche Kombinationen von PTC-Element, Diode, Feldeffekttransistor und offener Einlassöffnung beziehungsweise offener Auslassöffnung. Von oben nach unten zeigt Figur 6 die Kombination eines Schalters auf der Einlassseite mit einer Diode auf der Auslassseite.

Bei den Dioden handelt es sich um thermische Dioden. In der vorliegenden Ausführungsform handelt es sich um eine thermische Diode, die als Temperatursensor aus dem Personal Computer Betrieb als Schottky Diode bekannt ist. Diese Schottky-Dioden sind günstig in großem Volumen einkaufbar. Ferner weisen sie nach der US5955793 positive Eigenschaften auf. So erreichen die dort beschriebenen Dioden $>100\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ im Arbeitsbereich von 5°C - 20°C . In diesen Bereich werden zahlreiche Dioden als Temperatursensoren eingesetzt.

In einer alternativen Ausführungsform ist eine nicht thermisch antwortende Diode verbaut. Derartige Dioden sind bekannt, um vor einer Zellumpolung zu schützen.

In einer zweiten Kombination ist ein temperaturempfindlicher Widerstand, ein PTC-Element auf der Einlassseite und ein zweites PTC-Element auf der Auslassseite vorhanden. Mittels dieser Kombination aus zwei PTC-Elementen können Kühlmittelflüssigkeiten und Gase im Einlass- und Auslassbereich in unterschiedlichen Temperaturbereichen erwärmt werden. Denn die beiden PTC-Elemente schalten ihren Widerstand in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Schalttemperaturen unterschiedlich. Dieses ist im Diagramm rechts in Figur 5 erläutert. Das PTC-Element auf der Seite des Einlasses weist eine Schalttemperatur von -5°C bis 5°C auf. Das PTC-Element auf der Seite des Auslasses hingegen weist eine Schalttemperatur von 30°C auf.

In der dargestellten Ausführungsform ist ein PTC-Element in keramischer Ausführung dargestellt. Keramische PTC Elemente sind im Fahrzeugbau bekannt. Sie werden dort zum Entfrosten von Heckscheiben verwendet.

In weiterer Ausführungsform ist das PTC-Element eine Polymerausführung. Dabei handelt es sich um eine Matrix aus leitenden Partikeln, zum Beispiel Carbon, die in einem Polymer Halt findet. Derartige Polymerausführungen sind für hohe Stromspannungen ausgelegt.

In einer dritten Ausführungsform befindet sich auf der Einlassseite ein Schalter, hingegen ist die Auslassseite frei von Elementen 601.

Im vierten Fall ist die Einlassseite frei von Elementen 601, aber auf der Auslassseite befindet sich ein PTC-Element.

Figur 7 zeigt einen Ausschnitt eines Brennstoffzellenstapel 701. Innerhalb des Brennstoffzellenstapels 701 befinden sich zwei Bipolarplattenhälften 702, 703. Zwischen den Bipolarplattenhälften 702, 703 befindet sich eine Membran 706. Diese ist mittels der beiden Gasdiffusionsschichten 704, 705 mit den Bipolarplattenhälften verbunden. Die Figur 7 zeigt ferner, dass die Membran 706 von einem Element 709 durch eine Folie 707 getrennt ist. Die Folie 707 ist stoffundurchlässig. Sie kann auch keinen Strom leiten. Somit isoliert sie das Element 709 von der MEA. Oberhalb und unterhalb des Elements ist dieses über Einlagen 708 mit der Gasdiffusionsschicht 704, 705 verbunden. Die Einlage 708 ist stoffundurchlässig aber elektrisch leitfähig. Wenn also das Element 709, ein PTC-Element oder eine Diode oder ein MOSFET seinen Widerstand ändert und ein Strom fließt, ist die MEA (nicht dargestellt) kurzgeschlossen.

Vorschläge zu Bezeichnungen, Besonderheiten und Normen von Dichtungen sind in der DIN 3750 niedergelegt. Auch im Höischen, 29. Auflage S.311 wird das Thema Dichtungen kurz erläutert. Dort werden zum Beispiel unterschiedliche Dichtungsarten, wie Flachdichtungen oder Profildichtungen offenbart.

Bezugszeichenliste

101	Membran-Elektroden-Einheit
102	Kathode (Kathodenschicht)
103	Membran
104	Anode (Anodenschicht)
105	CCM
106	erste Membranseite
107	zweite Membranseite
108	erste Gasdiffusionsschicht
109	zweite Gasdiffusionsschicht
110	erster Austauschbereich
1101	Einlassöffnung
1102	Kühlmittelflüssigkeit
1103	Reaktantengas
111	erster Weiterleitungsbereich
1111	Element (Kurzschlusselement)
1112	erste Dichtung
1113	zweite Dichtung
112	Reaktionsbereich
113	zweiter Weiterleitungsbereich
114	zweiter Austauschbereich
1141	Auslassöffnung
115	Brennstoffzellenstapel
116	Rahmen
117	Dichtung
1171	erster Dichtungsbereich
201	Bipolarplatte

- 202 Bipolarplattenhälfte
- 203 Kathodengaskanäle
- 204 Anodengaskanäle
- 205 Kühlmittelkanal
- 301 MEA
- 302 Membran
- 303 Katalysatorenbeschichtung
- 304 Gasdiffusionsschicht
- 305 Bipolarplattenhälfte
- 306 Element
- 307 Leitfähigkeit

- 401 MEA
- 402 Gasdiffusionssicht
- 403 Element
- 404 Randverstärkung
- 405 Weiterleitungsbereich
- 406 Reaktionsbereich
- 407 nicht elektrisch leitendes Material

- 501 Brennstoffzellenstapel
- 502 Bipolarplattenhälfte
- 503 Element
- 5031 Schalter
- 5032 Feldeffekttransistor
- 5033 Diode
- 5034 Widerstand
- 504 MEA
- 505 Membran
- 506 Weiterleitungsbereich

- 601 Element

- 701 Brennstoffzellenstapel
- 702 Bipolarplattenhälfte
- 703 Bipolarplattenhälfte

- 704 Gasdiffusionsschicht
- 705 Gasdiffusionsschicht
- 706 Membran
- 707 Folie
- 708 Einlage
- 709 Element

Patentansprüche

1. Membran-Elektroden-Einheit (101), umfassend eine Membran (103), eine an einer ersten Membranseite (106) angeordnete Anode (102) und eine an einer zweiten Membranseite (107) angeordnete Kathode (104), wobei die Membran-Elektroden-Einheit (101) in Aufsicht auf ihre Flachseiten einen Reaktionsbereich (112), mindestens einen Austauschbereich (110, 114), in welchem mindestens eine Einlassöffnung (1101) und mindestens eine Auslassöffnung (1141) zum Ein- und Ausleiten von Gas (1103) und Kühlmittelflüssigkeit (1102) ausgebildet sind, und mindestens einen zwischen Reaktionsbereich (112) und Austauschbereich (110, 114) angeordneten Weiterleitungsbereich (111, 113) aufweist, wobei die Membran-Elektroden-Einheit (101) mindestens einen den Weiterleitungsbereich (111) und den Reaktionsbereich (112) einschließenden ersten Dichtungsbereich (1171) zum Dichten der Membran-Elektroden-Einheit gegen eine Bipolarplatte aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Element (1111) vorhanden ist, das eine von mindestens einem Parameter abhängige elektrische Leitfähigkeit zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) aufweist und das innerhalb des ersten Dichtungsbereichs (1171) angeordnet ist.
2. Membran-Elektroden-Einheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Parameter eine Temperatur, eine Gaskonzentration oder eine Stromspannung ist.
3. Membran-Elektroden-Einheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) ein PTC-Element ist.
4. Membran-Elektroden-Einheit nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) eine Diode ist.
5. Membran-Elektroden-Einheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) ein Feldeffekttransistor ist.
6. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) innerhalb des Weiterleitungsbereichs (111, 113) angeordnet ist, insbesondere in einem medienzuführenden Weiterleitungsbereich.

7. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) innerhalb des Reaktionsbereichs (112) angeordnet ist.
8. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein zweites Element zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) vorhanden ist, das eine Diode ist.
9. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein zweites Element zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) vorhanden ist, das ein Feldeffekttransistor ist.
10. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein zweites Element zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) vorhanden ist, das ein PTC-Element ist.
11. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran-Elektroden-Einheit (401) mindestens eine Randverstärkung (404) aufweist und die Randverstärkung (404) mindestens ein Element (403) zum Kurzschließen der Anode (102) mit der Kathode (104) aufweist.
12. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) durch eine zweite Dichtung (1113) separat gedichtet ist.
13. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (1111) innerhalb einer Dichtungsmasse einstückig ausgebildet ist.
14. Membran-Elektroden-Einheit nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element (709) in der Membran (706) einstückig ausgebildet ist.
15. Brennstoffzellenstapel, umfassend eine Mehrzahl einander abwechselnd angeordneter Membran-Elektroden-Einheiten (101) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 und Bipolarplatten (201).

1/7

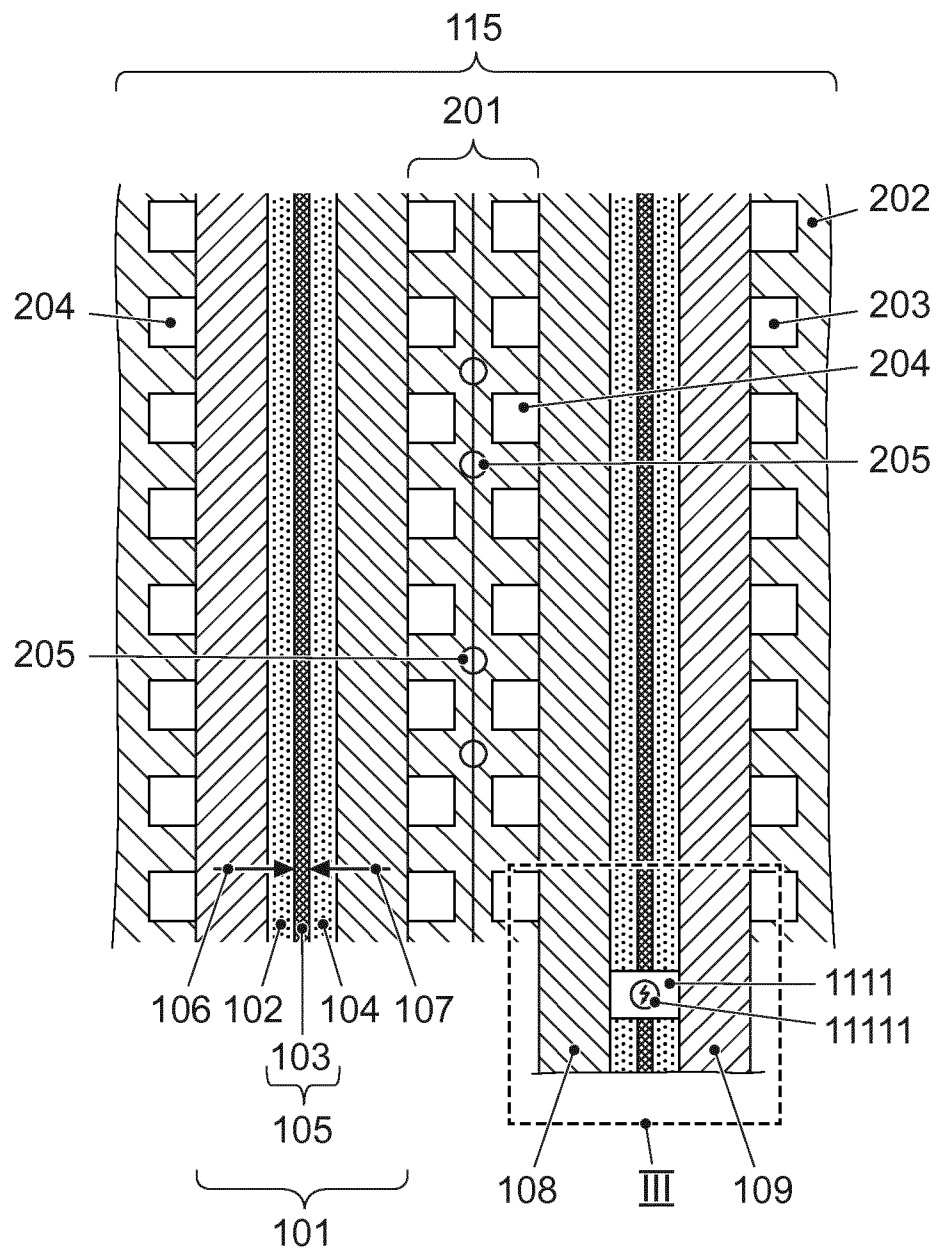


FIG. 1

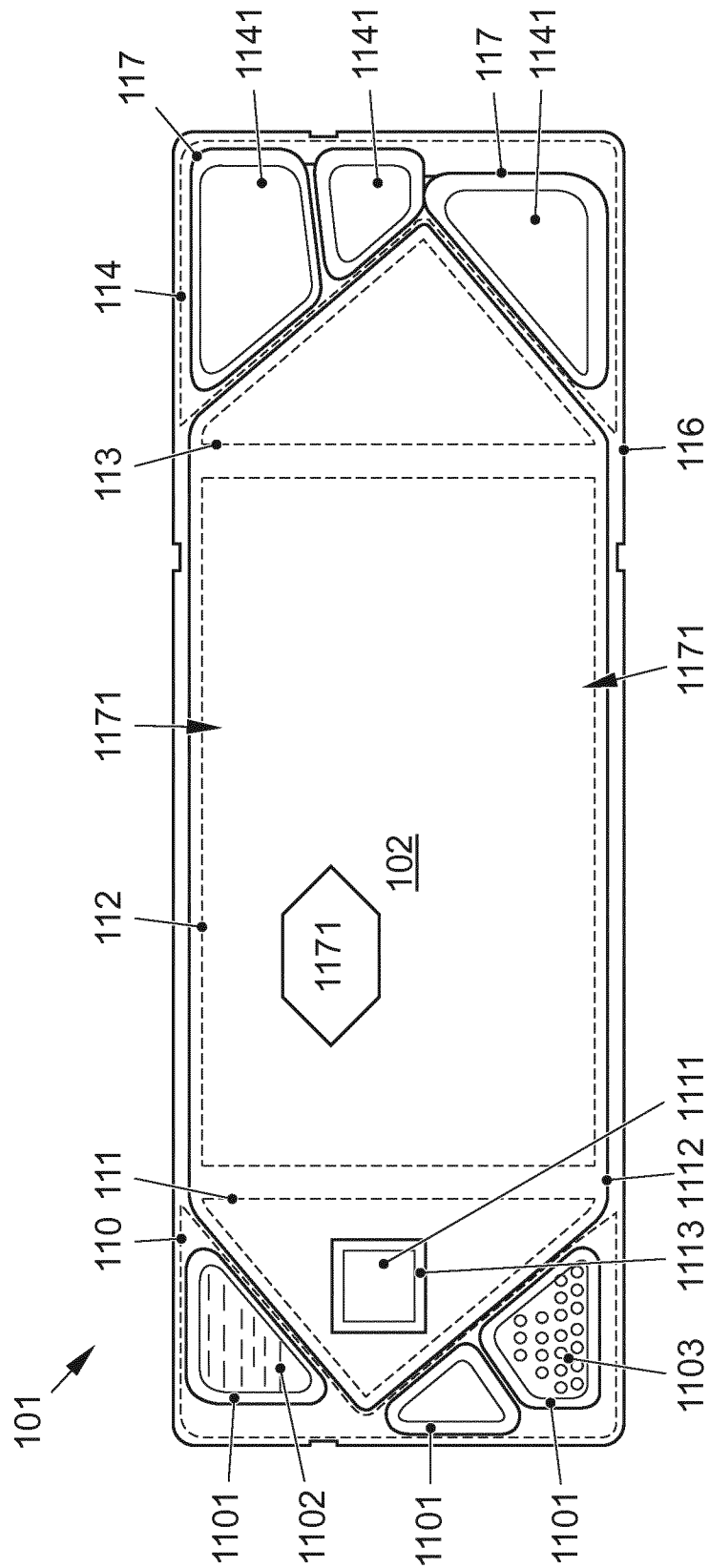


FIG. 2

3/7

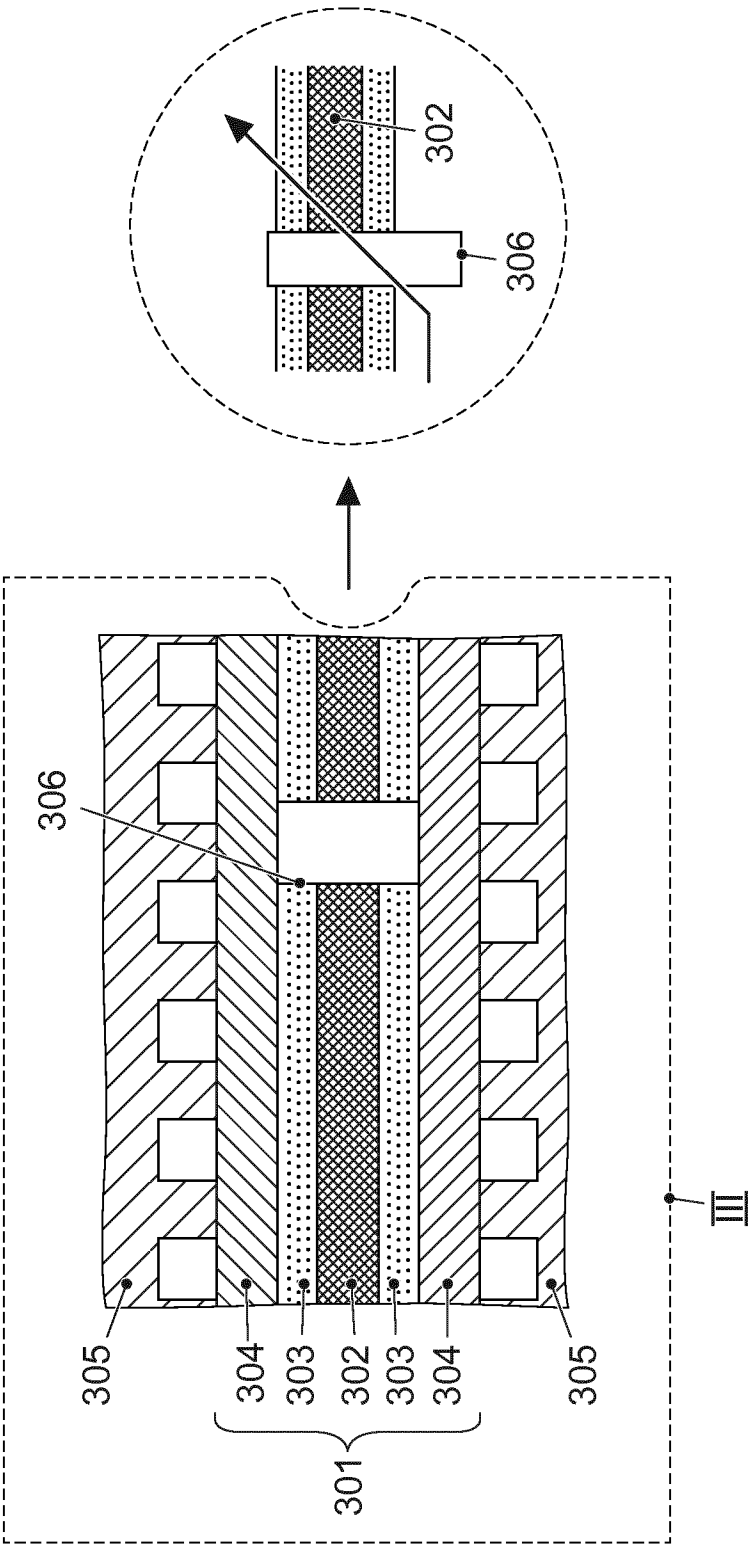
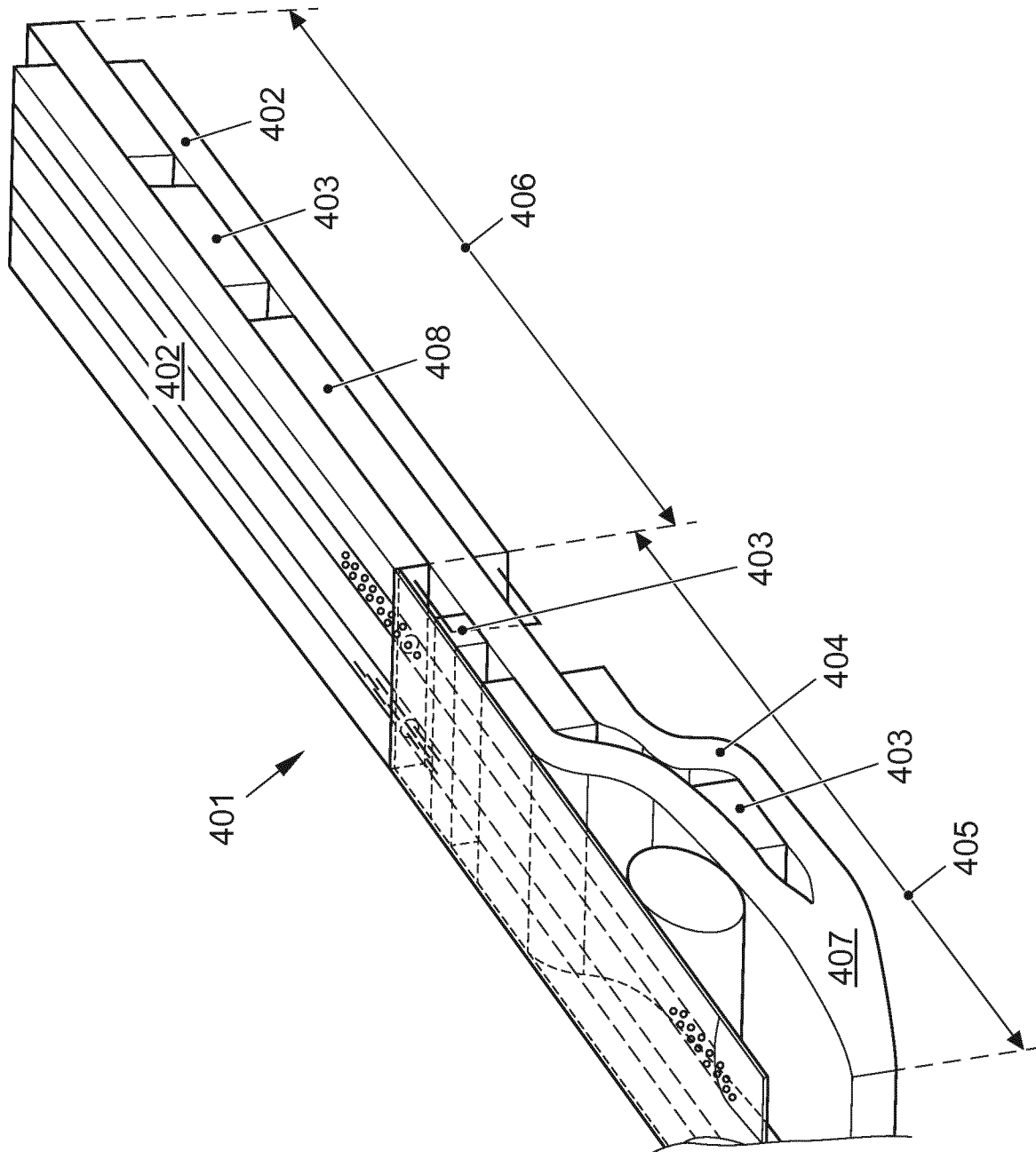


FIG. 3

4/7



4
G
LL

5/7

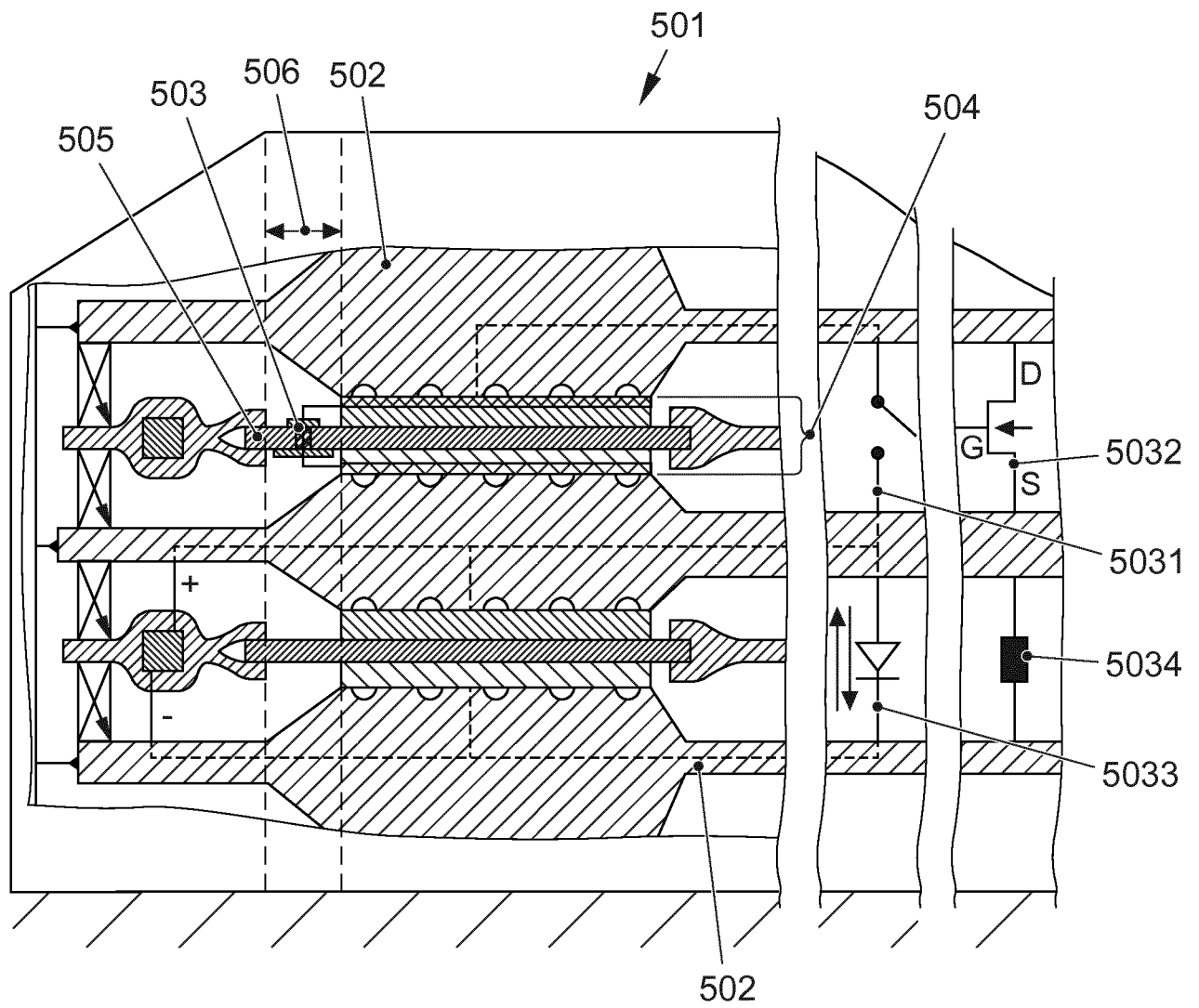


FIG. 5

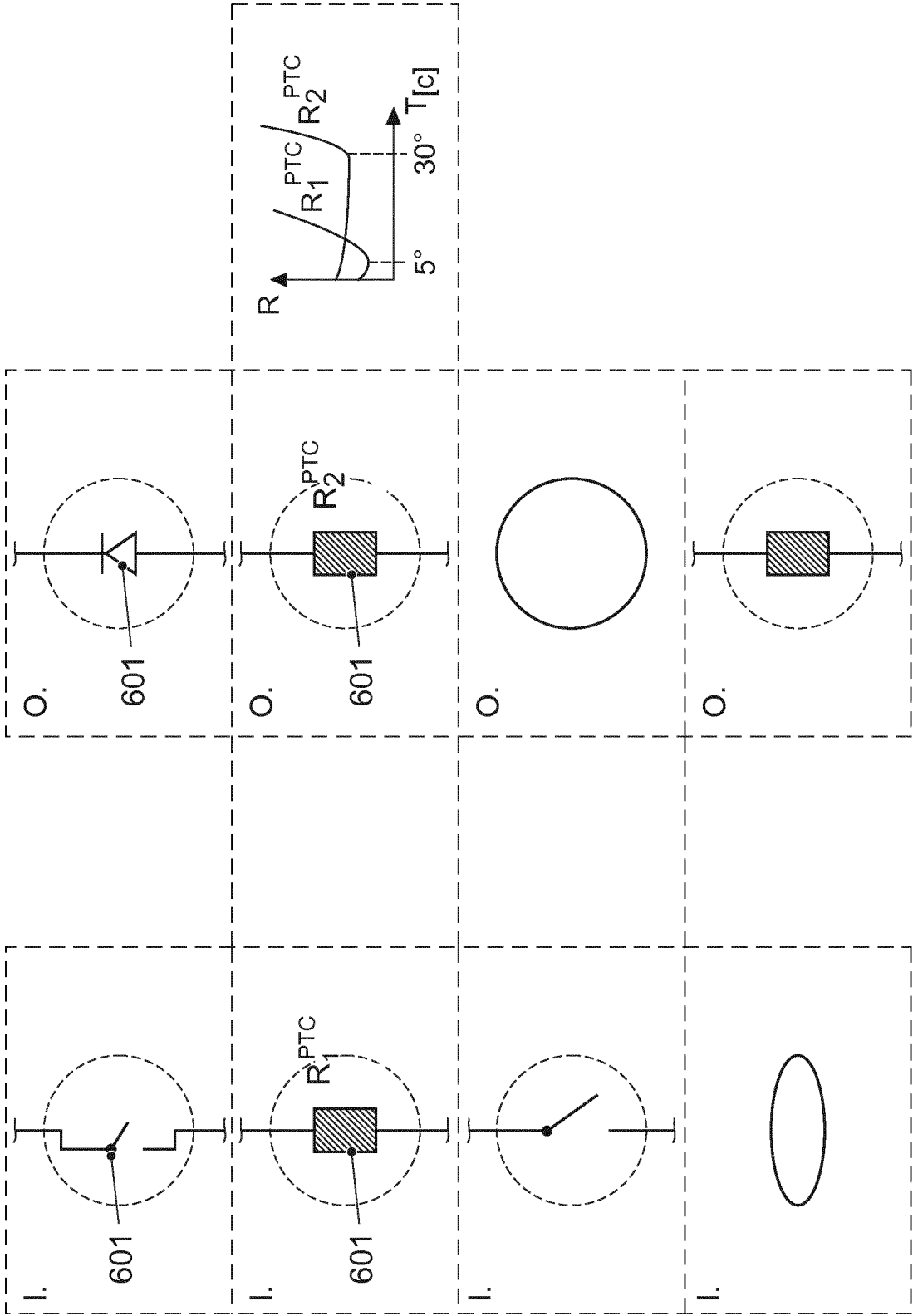


FIG. 6

7/7

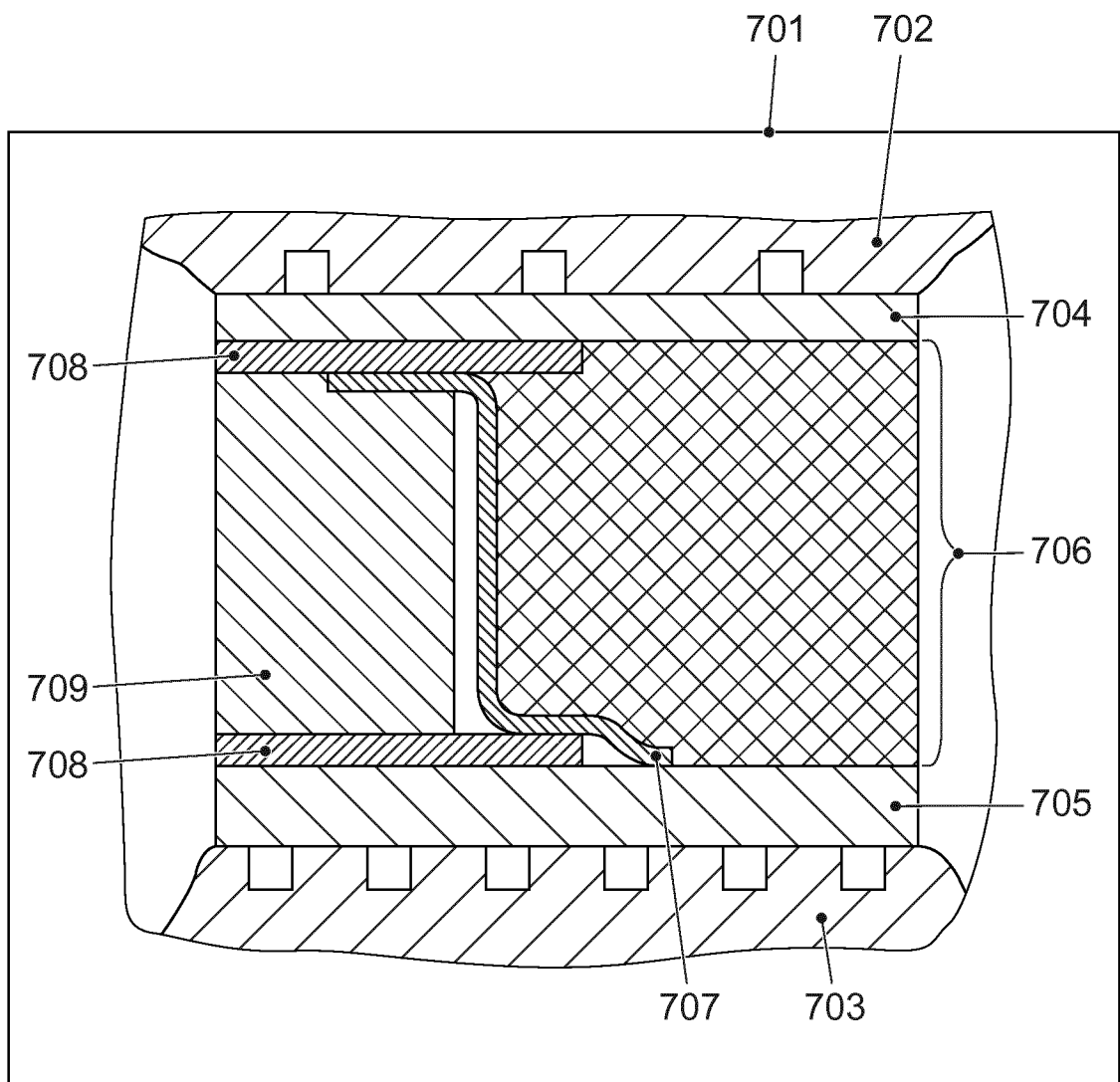


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/057295

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01M8/04007 H01M8/04223 H01M8/04225
 ADD. H01M8/1004

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2007 048869 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 30 April 2008 (2008-04-30) cited in the application	1-4,6, 11-15
A	paragraphs [0021], [0026], [0028]; figure 5	5,7,9,10
X	DE 10 2011 088613 B3 (HAMBURG INNOVATION GMBH [DE]; HELMUT SCHMIDT UNI [DE]) 6 December 2012 (2012-12-06)	1,2,5,7
A	paragraphs [0046] - [0049]; figures 2, 5a	3,4,6, 8-15
X	WO 03/038936 A1 (MOTOROLA INC [US]) 8 May 2003 (2003-05-08)	1-3,7
A	page 5, line 3 - line 25; figure 2	4-6,8-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 2016

Date of mailing of the international search report

06/06/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hofer, Astrid

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/057295

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007048869 A1	30-04-2008	CN 101165950 A	23-04-2008
		CN 101916870 A	15-12-2010
		DE 102007048869 A1	30-04-2008
		JP 4871243 B2	08-02-2012
		JP 2008124010 A	29-05-2008
		US 2008187802 A1	07-08-2008

DE 102011088613 B3	06-12-2012	CA 2859292 A1	20-06-2013
		CN 104093885 A	08-10-2014
		DE 102011088613 B3	06-12-2012
		EP 2791392 A2	22-10-2014
		JP 2015502644 A	22-01-2015
		KR 20140102740 A	22-08-2014
		US 2014370414 A1	18-12-2014
		WO 2013087507 A2	20-06-2013

WO 03038936 A1	08-05-2003	CN 1602560 A	30-03-2005
		US 2003082420 A1	01-05-2003
		US 2004185311 A1	23-09-2004
		WO 03038936 A1	08-05-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01M8/04007 H01M8/04223 H01M8/04225
 ADD. H01M8/1004

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2007 048869 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 30. April 2008 (2008-04-30) in der Anmeldung erwähnt	1-4,6, 11-15
A	Absätze [0021], [0026], [0028]; Abbildung 5	5,7,9,10
X	DE 10 2011 088613 B3 (HAMBURG INNOVATION GMBH [DE]; HELMUT SCHMIDT UNI [DE]) 6. Dezember 2012 (2012-12-06)	1,2,5,7
A	Absätze [0046] - [0049]; Abbildungen 2, 5a	3,4,6, 8-15
X	WO 03/038936 A1 (MOTOROLA INC [US]) 8. Mai 2003 (2003-05-08)	1-3,7
A	Seite 5, Zeile 3 - Zeile 25; Abbildung 2	4-6,8-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Mai 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/06/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hofer, Astrid

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/057295

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007048869 A1	30-04-2008	CN 101165950 A	23-04-2008
		CN 101916870 A	15-12-2010
		DE 102007048869 A1	30-04-2008
		JP 4871243 B2	08-02-2012
		JP 2008124010 A	29-05-2008
		US 2008187802 A1	07-08-2008

DE 102011088613 B3	06-12-2012	CA 2859292 A1	20-06-2013
		CN 104093885 A	08-10-2014
		DE 102011088613 B3	06-12-2012
		EP 2791392 A2	22-10-2014
		JP 2015502644 A	22-01-2015
		KR 20140102740 A	22-08-2014
		US 2014370414 A1	18-12-2014
		WO 2013087507 A2	20-06-2013

WO 03038936 A1	08-05-2003	CN 1602560 A	30-03-2005
		US 2003082420 A1	01-05-2003
		US 2004185311 A1	23-09-2004
		WO 03038936 A1	08-05-2003
