

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer:	GM 55/2017	(51) Int. Cl.:	H01M 8/0232	(2016.01)
(22) Anmeldetag:	16.03.2017		H01M 8/1231	(2016.01)
(24) Beginn der Schutzdauer:	15.09.2018		H01M 8/2432	(2016.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.09.2018		H01M 8/124	(2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2012264027 A1
DE 102007024225 A1
EP 1122806 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
PLANSEE SE
6600 REUTTE/TIROL (AT)

(72) Erfinder:
Bienert Christian
6600 Breitenwang (AT)
Schafbauer Wolfgang
6600 Reutte (AT)
Rüttinger Matthias
6600 Reutte (AT)

(54) **Funktionalisiertes, poröses Gasführungsteil für elektrochemisches Modul**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein poröses bzw. zumindest abschnittsweises poröses Gasführungsteil (10,10') für ein elektrochemisches Modul (20). Das elektrochemische Modul (20) weist mindestens eine elektrochemische Zelleinheit (21) aufweisend einen Schichtaufbau (23) mit mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht, und ein metallisches, gasdichtes Gehäuse (24;25) auf, welches mit der elektrochemischen Zelleinheit (21) einen gasdichten Prozessgasraum (26) bildet. Das Gehäuse (24;25) erstreckt sich auf mindestens einer Seite über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus, bildet dabei einen zur elektrochemischen Zelleinheit offenen Prozessgasführungsraum (27;27') und weist im Bereich des Prozessgasführungsraumes (27;27') mindestens eine Gasdurchtrittsöffnung (28;28') zur Zu- und/oder Ableitung der Prozessgase auf. Das Gasführungsteil (10,10') ist dabei zur Anordnung innerhalb des Prozessgasführungsraumes (27;27') angepasst und seine Oberfläche ist zur Wechselwirkung mit dem Prozessgas funktionalisiert.

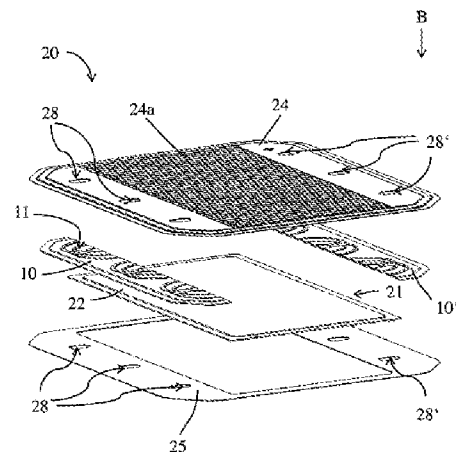


Fig. 2

Beschreibung

FUNKTIONALISIERTES, PORÖSES GASFÜHRUNGSTEIL FÜR ELEKTROCHEMISCHES MODUL

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein funktionalisiertes, poröses Gasführungsteil zur Anordnung in einem elektrochemischen Modul gemäß Anspruch 1 und Anspruch 4 und ein elektrochemisches Modul gemäß Anspruch 18.

[0002] Das erfindungsgemäße poröse Gasführungsteil wird in einem elektrochemischen Modul verwendet, welches unter anderem als Hochtemperatur-Brennstoffzelle bzw. Festoxidbrennstoffzelle (SOFC; solid oxide fuel cell), als Festoxid-Elektrolyse-Zelle (SOEC; solid oxide electrolyzer cell) sowie als reversible Festoxidbrennstoffzelle (R-SOFC) einsetzbar ist. In der Basiskonfiguration umfasst eine elektrochemisch aktive Zelle des elektrochemischen Moduls einen gasdichten Feststoffelektrolyten, der zwischen einer gasdurchlässigen Anode und gasdurchlässigen Kathode angeordnet ist. Die elektrochemisch aktiven Komponenten wie Anode, Elektrolyt und Kathode sind dabei häufig als vergleichsweise dünne Schichten ausgebildet. Eine dadurch notwendige mechanische Stützfunktion kann durch eine der elektrochemisch aktiven Schichten, wie z.B. durch den Elektrolyt, die Anode oder die Kathode, die dann jeweils entsprechend dick ausgebildet sind (man spricht in diesen Fällen von einer Elektrolyt-, Anoden- bzw. Kathoden-gestützten Zelle; engl. electrolyte, anode or cathode supported cell), oder durch eine von diesen funktionalen Schichten separat ausgebildete Komponente, wie z.B. ein keramisches oder metallisches Trägersubstrat, bereitgestellt werden. Bei letzterem Konzept mit einem separat ausgebildeten, metallischen Trägersubstrat spricht man von einer Metallsubstrat-gestützten Zelle (MSC; metal supported cell). Da bei einer MSC der Elektrolyt, dessen elektrischer Widerstand mit abnehmender Dicke und mit zunehmender Temperatur sinkt, vergleichsweise dünn ausgebildet werden kann (z.B. mit einer Dicke im Bereich von 2 bis 10 μm), können MSCs bei einer vergleichsweise niedrigen Betriebstemperatur von ca. 600°C bis 800°C betrieben werden (während z.B. Elektrolyt-gestützte Zellen zum Teil bei Betriebstemperaturen von bis zu 1.000 °C betrieben werden). Aufgrund ihrer spezifischen Vorteile sind MSCs insbesondere für mobile Anwendungen, wie beispielsweise zur elektrischen Versorgung von Personenkraftwagen oder Nutzfahrzeugen (APU - auxiliary power unit) geeignet.

[0003] Üblicherweise werden die elektrochemisch aktiven Zellen als ebene Einzelemente ausgebildet, welche in Verbindung mit entsprechenden (metallischen) Gehäuseteilen (z.B. Interkonnektor, Rahmenblech, Gasleitungen, etc.) zu einem Stapel (engl. stack) übereinander angeordnet und elektrisch in Serie kontaktiert werden. Entsprechende Gehäuseteile bewerkstelligen bei den einzelnen Zellen des Stacks die jeweils voneinander getrennte Zuleitung der Prozessgase, was im Falle einer Brennstoffzelle die Zuleitung des Brennstoffs (beispielsweise Wasserstoff oder kohlenwasserstoffhaltiger Brennstoffe wie Erd- oder Biogas) zur Anode und des Oxidationsmittels (Sauerstoff, Luft) zur Kathode bedeutet, sowie die anodenseitige und kathodenseitige Ableitung der bei der elektrochemischen Reaktion entstehenden Gase. Bezogen auf eine einzelne elektrochemische Zelle ist innerhalb eines Stacks an beiden Seiten des Elektrolyten jeweils ein Prozessgasraum ausgebildet, wobei es für die Funktionsweise des Stacks von essenzieller Bedeutung ist, dass diese zuverlässig voneinander gasdicht getrennt sind. Der Stack kann in geschlossener Bauweise, oder, wie beispielhaft in EP 1 278 259 B1 beschrieben, in offener Bauweise ausgeführt sein, bei dem nur ein Prozessgasraum, im Fall einer Brennstoffzelle beispielsweise der anodenseitige Prozessgasraum, in dem der Brennstoff zugeführt bzw. das Reaktionsprodukt abgeführt wird, gasdicht abgedichtet wird, während beispielsweise das Oxidationsmittel den Stack frei durchströmt.

[0004] Insbesondere im Betrieb des elektrochemischen Moduls als Brennstoffzelle mit kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen wie Erdgas treten in der Anwendung verschiedene Herausforderungen auf: Die Brennstoffzelle ist sehr empfindlich gegenüber Verunreinigungen des Brennstoffes mit beispielsweise Schwefel oder Chlor, welche die Effizienz und Lebensdauer erheblich beeinträchtigen und wofür entsprechende Vorkehrungen getroffen werden müssen. Des Weiter-

ren muss für die elektrochemische Reaktion aus dem kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoff Wasserstoffgas erzeugt werden. Ein dafür industriell etabliertes Verfahren ist die Dampfreformierung, bei der in einer endothermen Reaktion Wasserstoff freigesetzt wird und die meist in einem dem Stack vorgelagerten, davon räumlich getrennten Apparat abläuft. Neben dieser externen Reformierung ist eine sogenannte interne Reformierung bekannt, bei der die Wasserstoffherzeugung und die elektrochemische Reaktion zusammen an der Anode ablaufen und dazu der Reformierungskatalysator direkt an der Anode bzw. bei einer MSC direkt auf dem elektrochemisch aktiven metallischen Trägersubstrat, wo die elektrochemische Reaktion der Brennstoffzelle stattfindet, angeordnet ist. Ein Beispiel dafür ist in US 2012/0121999 A1 angegeben, bei dem der elektrochemisch aktive Bereich des Trägersubstrats mit einem Reformierungskatalysator funktionalisiert ist. Ein Vorteil der Verknüpfung dieser beiden Reaktionen liegt in der direkten Wärmeübertragung, da die elektrochemische Reaktion exotherm und die Reformierung endotherm verläuft. Nachteilig sind allerdings mögliche auftretende Kohlenstoffablagerungen bzw. Verkokungen im aktiven Bereich der Zelle, insbesondere an der Anode, welche die elektrochemische Funktionsweise der Zelle beeinträchtigen können.

[0005] Für einen hohen Wirkungsgrad des elektrochemischen Moduls ist eine gleichmäßige Versorgung der elektrochemisch aktiven Schichten durch die Prozessgase wichtig, d.h. einerseits eine gleichmäßige Zuleitung der Eduktgase bzw. eine gleichmäßige Ableitung der entstehenden Reaktionsgase. Es soll dabei nur ein möglichst geringer Druckabfall auftreten. Die Versorgung erfolgt innerhalb eines elektrochemischen Moduls in horizontaler Richtung mittels Verteilstrukturen, die in der Regel in den Interkonnektor integriert sind. Interkonnektoren, die auch die elektrische Kontaktierung angrenzender elektrochemischer Zellen bewerkstelligen, weisen zu diesem Zweck beidseitig Gasführungsstrukturen, die beispielsweise noppen-rippen- oder wellenförmig ausgebildet sein können, auf. Für viele Anwendungen wird der Interkonnektor durch ein entsprechend geformtes, metallisches Blechteil gebildet, welches analog zu anderen Komponenten im Stack zur Gewichtsoptimierung nach Möglichkeit möglichst dünn ausgeführt ist. Dies kann bei mechanischen Beanspruchungen, wie sie bei der Fertigung oder im Betrieb des Stacks auftreten, insbesondere am Randbereich leicht zu Deformationen bzw. Rissbildung bei Schweißnähten führen, wodurch die geforderte Gasdichtheit gefährdet ist.

[0006] Eine gleichmäßige Versorgung mit Wasserstoff ist insbesondere bei der internen Reformierung bspw. wie in US 2012/0121999 A1 herausfordernd, da die Wasserstoffbildung von der Anströmung mit Brenngas abhängt und zudem eng an die Temperaturverteilung der Brennstoffzelle gekoppelt ist.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Weiterentwicklung eines elektrochemischen Moduls und in der Schaffung eines Gasführungsteils, mit dem die Leistungsfähigkeit des elektrochemischen Moduls bzw. dessen Lebensdauer positiv beeinflusst wird.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das Gasführungsteil gemäß Anspruch 1 und Anspruch 4 und ein elektrochemisches Modul gemäß Anspruch 18 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Das erfindungsgemäße Gasführungsteil wird für ein elektrochemisches Modul eingesetzt, welches als Hochtemperatur-Brennstoffzelle bzw. Festoxidbrennstoffzelle (SOFC; solid oxide fuel cell), als Festoxid-Elektrolyse-Zelle (SOEC; solid oxide electrolyzer cell) sowie als reversible Festoxidbrennstoffzelle (R-SOFC) einsetzbar ist. Der Grundaufbau eines derartigen elektrochemischen Moduls weist eine elektrochemische Zelleinheit auf, die einen Schichtaufbau mit mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht aufweist und auch ein Trägersubstrat mitumfassen kann. Als elektrochemisch aktive Schichten werden dabei unter anderem eine Anoden-, Elektrolyt- oder Kathodenschicht verstanden, ggf. kann der Schichtaufbau auch weitere Schichten (aus z.B. Cer-Gadolinium-Oxid zwischen Elektrolyt und Kathode) aufweisen. Es müssen dabei noch nicht alle elektrochemisch aktiven Schichten vorhanden sein, vielmehr kann der Schichtaufbau auch nur eine elektrochemisch aktive Schicht (z.B. die Anode), vorzugsweise zwei elektrochemisch aktive Schichten (z.B. Anode und Elektrolyt), aufweisen, und die weiteren Schichten, insbesondere diejenigen zur Vervollständigung einer elektrochemischen Zelleinheit,

können erst nachträglich aufgebracht werden. Die elektrochemische Zelleinheit kann als Elektrolyt-gestützte Zelle (electrolyte supported cell), Anoden- gestützte Zelle (anode supported cell) bzw. als Kathoden-gestützten Zelle (cathode supported cell) ausgebildet sein (die namensgebende Schicht ist dicker ausgeführt und übernimmt eine mechanisch tragende Funktion). Bei einer Metallsubstrat-gestützten Zelle (MSC), einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, ist der Schichtstapel auf einem porösen, plattenförmigen, metallischen Trägersubstrat mit einer bevorzugten Dicke typischerweise im Bereich von 170 μm bis 1,5 mm, insbesondere im Bereich von 250 μm bis 800 μm , in einem gasdurchlässigen, zentralen Bereich angeordnet. Das Trägersubstrat bildet dabei einen Teil der elektrochemischen Zelleinheit. Die Aufbringung der Schichten des Schichtstapels erfolgt in bekannter Weise vorzugsweise mittels PVD (PVD: Physikalische Dampfphasenabscheidung) wie z.B. mittels Sputtern, und/oder thermischer Beschichtungsverfahren wie z.B. Flamm-spritzen oder Plasmaspritzen und/oder mittels nasschemischer Verfahren wie z.B. Siebdruck, Nasspulverbeschichten, etc., wobei für die Realisierung des gesamten Schichtaufbaus einer elektrochemischen Zelleinheit auch mehrere dieser Verfahren kombiniert werden können. Üblicherweise ist die Anode die auf das Trägersubstrat nächstfolgende, elektrochemisch aktive Schicht, während die Kathode auf der dem Trägersubstrat abgewandten Seite des Elektrolyten ausgebildet ist. Alternativ ist aber auch eine umgekehrte Anordnung der beiden Elektroden möglich.

[0010] Sowohl die Anode (bei einer MSC z.B. gebildet aus einem Komposit bestehend aus Nickel und mit Yttriumoxid vollstabilisiertem Zirkoniumdioxid) als auch die Kathode (bei einer MSC z.B. gebildet aus gemischtleitenden Perovskiten wie $(\text{La},\text{Sr})(\text{Co},\text{Fe})\text{O}_3$) sind gasdurchlässig ausgebildet. Zwischen Anode und Kathode ist ein gasdichter Feststoffelektrolyt aus einem festen, keramischen Werkstoff aus Metalloxid (z.B. aus Yttriumoxid vollstabilisiertem Zirkoniumdioxid), der für Sauerstoffionen leitfähig ist, nicht aber für Elektronen, ausgebildet. Alternativ kann der Feststoffelektrolyt auch für Protonen leitfähig sein, wobei dies eine jüngere Generation von SOFCs betrifft (z.B. Feststoffelektrolyt aus Metalloxid, insbesondere aus Barium-Zirkonium-Oxid, Barium-Cer-Oxid, Lanthan-Wolfram-Oxid oder Lanthan-Niob-Oxid).

[0011] Das elektrochemische Modul weist ferner mindestens ein metallisches gasdichtes Gehäuse auf, welches mit der elektrochemischen Zelleinheit einen gasdichten Prozessgasraum bildet. Der Prozessgasraum wird im Bereich der elektrochemischen Zelleinheit durch den gasdichten Elektrolyten begrenzt. Auf der gegenüberliegenden Seite wird der Prozessgasraum üblicherweise durch den Interkonnektor begrenzt, welcher im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch als Teil des Gehäuses betrachtet wird. Der Interkonnektor ist mit dem gasdichten Element der elektrochemischen Zelleinheit, gegebenenfalls in Kombination mit zusätzlichen Gehäuseteilen, insbesondere umlaufenden Rahmenblechen oder dergleichen, welche die restliche Abgrenzung des Prozessgasraums bilden, gasdicht verbunden. Bei MSCs erfolgt die gasdichte Anbindung des Interkonnektors bevorzugt mittels Löt- und/oder Schweißverbindungen über zusätzliche Gehäuseteile, bspw. umlaufende Rahmenbleche, die wiederum mit dem Trägersubstrat gasdicht verbunden sind und so gemeinsam mit dem gasdichten Elektrolyten einen gasdichten Prozessgasraum bilden. Bei Elektrolyt-gestützten Zellen kann die Anbindung mittels gesinterter Verbindungen oder durch Auftragung von Dichtmasse (z.B. Glaslot) erfolgen.

[0012] „Gasdicht“ bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere, dass die Leckrate bei ausreichender Gasdichtigkeit standardmäßig $< 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 / \text{cm}^2 \text{ s}$ (hPa: Hektopascal, dm^3 : Kubikdezimeter, cm^2 : Quadratcentimeter, s: Sekunde) beträgt (gemessen unter Luft mit Druckanstiegsmethode mit dem Messgerät der Firma Dr. Wiesner, Remscheid, Typ: Integra DDV bei einer Druckdifferenz $\text{dp} = 100 \text{ hPa}$).

[0013] Das Gehäuse erstreckt sich auf mindestens einer Seite der elektrochemischen Zelleinheit über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit hinaus und bildet dabei als einen Unterraum des Prozessgasraums einen zur elektrochemischen Zelleinheit offenen Prozessgasführungsraum. Der Prozessgasraum untergliedert sich daher (gedacht) in zwei Teilbereiche, in einen inneren Bereich direkt unterhalb des Schichtaufbaus der elektrochemischen Zelleinheit und in einen, den inneren Bereich umgebenden Prozessgasführungsraum.

[0014] Im Bereich des Prozessgasführungsraums sind im Gehäuse Gasdurchtrittsöffnungen ausgebildet, die der Zu- und/oder Ableitung der Prozessgase dienen. Die Gasdurchtrittsöffnungen können beispielsweise im Randbereich des Interkonnektors und in Gehäuseteilen wie umlaufende Rahmenbleche integriert sein.

[0015] Die Versorgung der elektrochemischen Zelleinheit im inneren Bereich des Prozessgasraums erfolgt mittels Verteilstrukturen, die bevorzugt in den Interkonnektor integriert sind. Vorzugsweise wird der Interkonnektor durch ein entsprechend geformtes, metallisches Blechteil, das beispielsweise noppenrippen- oder wellenförmig ausgebildet ist, ausgeführt.

[0016] Im Betrieb des elektrochemischen Moduls als SOFC wird der Anode Brennstoff (beispielsweise Wasserstoff oder herkömmliche Kohlenwasserstoffe, wie Methan, Erdgas, Biogas, etc., ggf. vollständig oder teilweise vorreformiert) über die Gasdurchtrittsöffnung und Verteilstrukturen des Interkonnektors zugeführt und dort katalytisch unter Abgabe von Elektronen oxidiert. Die Elektronen werden aus der Brennstoffzelle abgeleitet und fließen über einen elektrischen Verbraucher zur Kathode. An der Kathode wird ein Oxidationsmittel (beispielsweise Sauerstoff oder Luft) durch Aufnahme der Elektronen reduziert. Der elektrische Kreislauf schließt sich, indem bei einem für Sauerstoffionen leitfähigen Elektrolyten die an der Kathode entstehenden Sauerstoffionen über den Elektrolyten zu der Anode fließen und an den entsprechenden Grenzflächen mit dem Brennstoff reagieren.

[0017] Im Betrieb des elektrochemischen Moduls als Festoxid-Elektrolyse-Zelle (SOEC) wird unter Einsatz von elektrischem Strom eine Redoxreaktion erzwungen, beispielsweise eine Umwandlung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Der Aufbau der SOEC entspricht im Wesentlichen dem oben skizzierten Aufbau einer SOFC, wobei die Rolle von Kathode und Anode vertauscht ist. Eine reversible Festoxidbrennstoffzelle (R-SOFC) ist sowohl als SOEC als auch als SOFC betreibbar.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Gasführungsteil geschaffen, welches vorzugsweise pulvermetallurgisch hergestellt ist und daher porös bzw. zumindest abschnittsweise porös ist, falls es durch Verpressen oder lokales Aufschmelzen beispielsweise am Rand bzw. an der Oberfläche nachbehandelt wird. Das Gasführungsteil ist dabei im Bereich des Prozessgasführungsraums angeordnet. Die poröse Struktur des Gasführungsteils dient zur Vergrößerung der Oberfläche, mit der das Prozessgas im Bereich des Prozessgasführungsraums in Wechselwirkung treten kann. Die Oberfläche des Gasführungsteils ist zumindest abschnittsweise funktionalisiert, wodurch eine reaktive bzw. katalytisch wirksame Oberfläche für eine Manipulation der Prozessgase bereitsteht. Mit Hilfe der funktionalisierten Oberfläche können Gase auf der Eduktseite aufbereitet, insbesondere gereinigt und/oder reformiert werden und Gase auf der Produktseite nachbereitet, insbesondere gereinigt werden. Das Gasführungsteil wird funktionalisiert, indem ein mit dem Prozessgas katalytisch und/oder reaktiv wirkendes Material in das Material des Gasführungsteils eingebracht und/oder als oberflächliche Beschichtung aufgebracht wird. Das katalytisch und/oder reaktive Material kann also bereits dem Ausgangspulver für die Herstellung des gesinterten Gasführungsteils beigemischt werden („einlegieren“) und/oder nach dem Sintervorgang durch einen Beschichtungsprozess auf die Oberfläche des Gasführungsteils, die mit dem Prozessgas in Kontakt tritt, aufgebracht werden. Der Beschichtungsprozess kann dabei durch übliche, dem Fachmann bekannte Verfahren erfolgen, beispielsweise mittels verschiedener Abscheidungsverfahren aus der Gasphase (physikalische Gasphasenabscheidung, chemische Gasphasenabscheidung), mittels Tauchbeschichtung (bei dem das Bauteil mit einer Schmelze oder Lösung mit dem entsprechenden funktionalen Material infiltriert bzw. getränkt wird) oder mittels Auftragsverfahren von Suspensionen oder Pasten (insbesondere für die Funktionalisierung mit keramischen Materialien). Zwecks Oberflächenvergrößerung ist es vorteilhaft, wenn die poröse Oberflächenstruktur beim Beschichtungsprozess erhalten bleibt, d.h. es soll die poröse Oberfläche nicht mit einer Deckschicht überlagert werden, sondern primär nur die (Innen)Oberfläche der porösen Struktur beschichtet werden. Eine Funktionalisierung durch eine oberflächliche Beschichtung ist insgesamt besonders vorteilhaft, weil dadurch vergleichsweise weniger katalytisches und/oder reaktives Material benötigt wird als wenn das katalytische und/oder reaktive Material dem Material für das Gasführungsteil beigemischt wird.

[0019] Durch die Anordnung des funktionalisierten Gasführungsteils im Bereich des Prozessgasführungsraums laufen die chemischen Reaktionen zur Manipulation der Prozessgase getrennt von den elektrochemischen Reaktionen ab, die direkt an der elektrochemischen Zelleinheit stattfinden. Diese Trennung hat entscheidende Vorteile: Etwaige Ablagerungen bzw. Degradierungen am Gasführungsteil haben keinen unmittelbaren negativen Einfluss auf die Reaktionen in der elektrochemischen Zelleinheit. Darüber hinaus sind unterschiedliche Funktionalisierungen für den Bereich der Gaszuleitung und den Bereich der Gasableitung möglich und können unabhängig für die jeweilige Anforderung optimiert werden.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist das Gasführungsteil als separates Bauteil von der elektrochemischen Zelleinheit und dem Gehäuse ausgeführt. Das Gasführungsteil ist dabei zur Anordnung innerhalb des Prozessgasführungsraums angepasst, in anderen Worten ist seine Form an den Innenraum des Prozessgasführungsraums angepasst. Bevorzugt ist das Gasführungsteil dabei flächig ausgebildet und besitzt einen flachen Körper mit einer Hauptstreckungsebene. In einer vorteilhaften Variante ist das Gasführungsteil als Abstützelement in vertikaler Richtung (in Stapelrichtung der elektrochemischen Module) ausgeführt. Dabei ist seine Dicke entsprechend der Raum-Innenhöhe des Prozessgasführungsraums gewählt, so dass es mit seiner Oberseite an einem oberen Gehäuseteil des Prozessgasführungsraums und mit seiner Unterseite an einem unteren Gehäuseteil des Prozessgasführungsraums anliegt und daher bei Anlegen eines Anpressdrucks ein Zusammendrücken des Gehäuse-Randbereichs verhindert wird. Bei einer flächigen Ausgestaltung des Gasführungsteils wird zudem die Biege- und Torsionssteifigkeit des Gehäuse-Randbereichs erhöht und so der Gehäuse-Randbereich vor Verbiegungen oder anderen Deformationen geschützt. Dadurch können im Randbereich des Moduls zusätzliche Beanspruchungen der Schweißnähte oder anderer, beispielsweise gelöteter oder gesinterter Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Gehäuseteilen bzw. der elektrochemischer Zelleinheit, die in der Praxis häufig Schwachpunkte hinsichtlich der Gasdichtheit darstellen, vermieden werden.

[0021] Im Betrieb des elektrochemischen Moduls wird das separat ausgeführte Gasführungsteil innerhalb des Prozessgasführungsraums, vorteilhafterweise vollständig im Prozessgasführungsraum, d.h. im Prozessgasraum vollständig außerhalb des Bereichs direkt unterhalb des Schichtaufbaus der elektrochemischen Zelleinheit, angeordnet.

[0022] Anstatt eines separaten Bauteils, das im Innenraum des Prozessgasführungsraums angeordnet ist, kann das funktionalisierte Gasführungsteil in einer weiteren Ausführungsform als Abgrenzung des Prozessgasführungsraums bzw. eines Abschnitts davon (also als Teil des Gehäuses des Prozessgasführungsraums) ausgeführt sein. Die Funktionalisierung der Oberfläche erfolgt dabei durch Einlegieren oder an der dem Innenraum des Prozessgasführungsraums zugewandten Oberfläche des Gasführungsteils. Bei MSCs wird das Gasführungsteil bevorzugt durch den Randbereich des metallischen Trägersubstrats gebildet, welcher sich über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit hinaus erstreckt. Das Gasführungsteil wird also durch den randseitigen Teil des metallischen Trägersubstrats, auf dem keine elektrochemisch aktiven Schichten angeordnet sind, gebildet. Das Gasführungsteil ist dabei gemeinsam mit dem Trägersubstrat bevorzugt monolithisch, d.h. aus einem Stück, hergestellt. Die Funktionalisierung erfolgt dabei vorzugsweise mittels eines Elements bzw. einer Verbindung, das/die in dem Grundmaterial des Trägersubstrats noch nicht enthalten ist. Insbesondere ist bei einem Fe- und/oder Cr-enthaltenden Trägersubstrat noch ein zusätzliches Element oder eine zusätzliche Verbindung als Funktionalisierung vorgesehen. Damit das Gasführungsteil in diesem Bereich seine Funktion als Gehäuse erfüllen kann, muss natürlich das poröse Gasführungsteil gasdicht gemacht werden, was beispielsweise durch Verpressen und/oder lokales oberflächliches Aufschmelzen auf der dem Prozessgasführungsraum abgewandten Seite erzielt werden kann. In einer bevorzugten Variante wird das Gasführungsteil als integraler Teil des Trägersubstrats ausgeführt, wobei die Funktionalisierung nicht durch Einlegieren, sondern durch Beschichten der Oberfläche, insbesondere mittels Gasphasenabscheidungsverfahren, Tauchbeschichtung oder Auftragsverfahren von Suspensionen oder Pasten erfolgt. Man gewinnt dadurch Flexibilität, da die Funktionalisierung vergleichsweise kostengünstig für unterschiedliche Bereiche unterschied-

lich ausgestaltet und für die jeweilige Anforderung optimiert werden kann. Beispielsweise kann der Randbereich des Trägersubstrats, über dessen Gasdurchtrittsöffnungen das Prozessgas zugeleitet wird, unterschiedlich zum Randbereich des Trägersubstrats, über dessen Gasdurchtrittsöffnungen das Prozessgas abgeleitet wird, funktionalisiert werden.

[0023] Neben der Manipulation der Prozessgase und mechanischer Aufgaben (primär bei einem separat ausgeführten Gasführungsteil) kommt dem Gasführungsteil eine wichtige Aufgabe in der Verbesserung der Gasströmung innerhalb des Prozessgasführungsraums zu. Zur Optimierung der Gasströmung können am Gasführungsteil Gasleitungsstrukturen ausgebildet sein, die das durch die Gasdurchtrittsöffnungen einströmende Gas in den inneren Bereich des Prozessgasraums zu den Gasleitungsstrukturen des Interkonnektors weiterleiten bzw. ausströmendes Gas vom inneren Bereich des Prozessgasraums zu den ausleitenden Gasdurchtrittsöffnungen abführen. Die Gasleitungsstrukturen können dabei unterschiedlich ausgestaltet sein, je nachdem, ob das Gasführungsteil eine Gasverteiler- oder eine Gassammleraufgabe zu erfüllen hat. Die Funktionalisierung des Gasführungsteils kann mit der Form der Gasführungsstrukturen gekoppelt sein, d.h. sie kann gezielt in jenen Oberflächenbereichen, die einen intensiveren Kontakt mit dem Prozessgas haben, intensiver ausgeführt sein.

[0024] Im folgenden wird auf mögliche Optimierungen der Gasleitungsstrukturen am Beispiel eines separat ausgeführten Gasführungsteils eingegangen. Sofern passend lassen sich einzelne Aspekte natürlich auf Gasführungsteile übertragen, die als Teil des Gehäuses ausgeführt sind, und bei denen die funktionalisierte, dem Prozessgasführungsraum zugewandte Oberfläche mit entsprechenden Gasleitungsstrukturen versehen wird. In das Gasführungsteil können durchgehende Gasdurchtrittsöffnungen integriert sein, wobei in der Anordnung im elektrochemischen Modul die Gasdurchtrittsöffnungen des Gasführungsteils mit den Gasdurchtrittsöffnungen des Prozessgasführungsraums (Gehäuses) zueinander ausgerichtet sind, sodass ein vertikal durchgehender Gaskanal innerhalb des Stacks entsteht. Das Gasführungsteil ist zumindest in einer Richtung in der Hauptstreckungsebene von der Gasdurchtrittsöffnung bis zu einem seitlichen, dem inneren Prozessgasraum zugewandten Rand gasdurchlässig. Dazu kann das Gasführungsteil generell bzw. zumindest in dieser Richtung eine offene, durchgehende Porosität aufweisen, wobei in diesem Fall insbesondere die innere Oberfläche, an der das Prozessgas vorbeiströmt, funktionalisiert ist. Zwecks Optimierung der Gasströmung kann die Gasdurchlässigkeit (Porosität) des Gasführungsteils räumlich variieren (beispielsweise durch Gradierung der Porosität oder lokal unterschiedliche Verdichtung des Gasführungsteils, insbesondere durch inhomogenes Verpressen) bzw. für eine höhere Gasdurchsatzrate kann das Gasführungsteil alternativ oder ergänzend entlang der Hauptstreckungsebene mindestens einen Kanal bzw. eine Mehrzahl von Kanälen aufweisen. Der bzw. die Kanäle, deren Oberfläche vorteilhafterweise funktionalisiert sind, werden bevorzugt oberflächlich ausgebildet und können beispielsweise durch Fräsen, Pressen oder Walzen mit entsprechenden Strukturen in die Oberfläche des Gasführungsteils (sowohl als Gehäuseteil ausgeführtes Gasführungsteil als auch davon separat ausgeführtes Bauteil) eingearbeitet werden. Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird ein poröses Gasführungsteil mit geschlossener Porosität und einer oberflächlichen Kanalstruktur, die von der Gasdurchtrittsöffnung bis zu einem seitlichen Rand verläuft, auch als von der Gasdurchtrittsöffnung bis zum seitlichen Rand gasdurchlässig betrachtet. Es ist auch denkbar, dass sich der bzw. die Kanäle zumindest abschnittsweise über die gesamte Dicke des Gasführungsteils erstrecken, dass also die Kanäle nicht nur oberflächlich ausgebildet sind. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist eine höhere Gasdurchsatzrate, es muss aber darauf geachtet werden, dass das Bauteil einteilig bleibt und nicht auseinanderfällt. Um dem vorzubeugen, können die sich über die gesamte Dicke erstreckenden Kanäle über ihren Verlauf in oberflächliche Kanalstrukturen oder poröse Strukturen übergehen. Die Anzahl und Form der Kanäle wird hinsichtlich der Strömungseigenschaften und den gewünschten Reaktionen optimiert.

[0025] Das erfindungsgemäße Gasführungsteil wird pulvermetallurgisch hergestellt, wobei das Material für die Funktionalisierung bereits bei der Herstellung des gesinterten Bauteils dem Ausgangspulver hinzugefügt und/oder die Oberfläche des Bauteils erst nach dem Sintervorgang zumindest abschnittsweise damit belegt wird. Als Ausgangsmaterial für die Herstellung des

Gasführungsteils dient ein vorzugsweise metallhaltiges Pulver, bevorzugt ein Pulver aus einer korrosionsstabilen Legierung wie beispielsweise ein Pulver aus einer auf Cr (Chrom) und/oder Fe (Eisen) basierten Materialkombination, d.h. der Cr- und Fe-Anteil beträgt in Summe mindestens 50 Gew.%, bevorzugt in Summe mindestens 80 Gew.%, vorzugsweise mindestens 90 Gew.%. Das Gasführungsteil besteht in diesem Fall aus einer ferritischen Legierung. Die vorzugsweise pulvermetallurgische Herstellung des Gasführungsteils erfolgt auf bekannte Weise durch Pressen des Ausgangspulvers (gegebenenfalls mit Zusatz des Materials für die Funktionalisierung), gegebenenfalls unter Zusatz von organischen Bindemitteln, und anschließendem Sintervorgang.

[0026] Bei einer Verwendung des Gasführungsteils als separat ausgebildetes Bauteil in einer MSC besteht das Gasführungsteil bevorzugt aus dem gleichen oder einem weitgehend gleichen (d.h. nur mit Zusatz des Materials zur Funktionalisierung) Material wie das Trägersubstrat der MSC. Dies ist vorteilhaft, da in diesem Fall die Wärmeausdehnung gleich ist und keine temperaturinduzierten Spannungen auftreten.

[0027] Wie bereits erwähnt findet das erfindungsgemäße Gasführungsteil Verwendung bei einem elektrochemischen Modul, insbesondere bei einer MSC. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das elektrochemische Modul für die Zuleitung und Ableitung der Prozessgase jeweils unterschiedlich ausgebildete Gasführungsteile auf. Die Gasführungsteile können sich dabei hinsichtlich des verwendeten Materials, ihrer Form, Porosität, der Form der ausgebildeten Gasleitungsstrukturen wie der Kanalstrukturen, etc. unterscheiden. Insbesondere kann sich die Funktionalisierung bei den für die Zuleitung und Ableitung der Prozessgase verwendeten Gasführungsteilen unterscheiden und für die unterschiedlichen Aufgaben optimiert werden. Während das Gasführungsteil, das bei der Zuleitung von Prozessgasen (Eduktgase) eingesetzt wird, für die Aufbereitung der Eduktgase adaptiert ist, ist das Gasführungsteil, das für die Ableitung von Prozessgasen (Produktgase) eingesetzt wird, für die Nachbereitung der Produktgase angepasst.

[0028] Insbesondere bei Verwendung in einer SOFC kann das Gasführungsteil zur katalytischen Reformierung des Eduktgases funktionalisiert sein. Für die katalytische Reformierung haben sich folgende Materialien bewährt (insbesondere bei Verwendung eines Gasführungsteils aus einer pulvermetallurgisch hergestellten Legierung auf Basis von Eisen und/oder Chrom): Nickel (Ni), Platin (Pt), Palladium (Pd) und/oder Oxide dieser Metalle wie beispielsweise NiO. Bei einer homogenen Einlegierung sollte der Anteil dieser Metalle bzw. Metalloxide in Summe mindestens 1 Gew.%, vorzugsweise mindestens 2 Gew.%, betragen. Durch diese Funktionalisierung wird bei gleichbleibendem Eduktgasstrom zusätzlicher Wasserstoff für die elektrochemische Reaktion erzeugt. Für die bevorzugte Wirkung können diese Materialien in das Grundmaterial einlegiert bzw. mittels Beschichtungsverfahren auf die vom Prozessgas angeströmte bzw. überströmte Oberfläche aufgebracht werden (bspw. mittels Tauchbeschichtung (Suspensionstauchen) oder verschiedener Abscheideverfahren aus der Gasphase), wobei Einlegieren bzw. Gasphasenabscheideverfahren einem Tauchverfahren wegen Benetzungseffekten, die für die poröse Struktur nachteilig sind, vorzuziehen sind.

[0029] Das Gasführungsteil kann weiters zur Reinigung des Eduktgases gegenüber Verunreinigungen wie beispielsweise durch Schwefel, Chlor, Sauerstoff und/oder Kohlenstoff funktionalisiert werden. Die Verunreinigungen reagieren mit den eingebrachten Materialien, wodurch das Risiko möglicher Schädigungen an den elektrochemisch aktiven Schichten der Zelleinheit reduziert wird. Als Elemente (Getter-Atome) zur Reinigung des Eduktgases von Schwefel und/oder Chlor finden Verwendung: Ni, Kobalt (Co), Chrom (Cr), Scandium (Sc) und/oder Cer (Ce), wobei Ni aufgrund seiner oben angeführten Eigenschaften hinsichtlich der katalytischen Reformierung sowie Ce bevorzugt sind. Bevorzugte Elemente zur Reinigung des Eduktgases gegenüber Sauerstoff sind Cr, Kupfer (Cu) und/oder Titan (Ti), wobei Ti aufgrund seiner zurückhaltenden Wirkung für Kohlenstoff und somit wegen seiner gleichzeitigen Wirkung zur Vermeidung von Rußbildung besonders vorteilhaft ist. Obwohl diese Getter-Atome in der Regel nur Restmengen im ppm-Bereich zurückhalten können, wird dadurch die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des elektrochemischen Moduls messbar positiv beeinflusst. Das Einbringen der

Materialien erfolgt auch hier durch Einlegieren in das Grundmaterial, Tauchbeschichtung mit Suspensionen oder Abscheideverfahren aus der Gasphase, wobei aufgrund der Flexibilität Gasphasenabscheideverfahren bevorzugt werden.

[0030] Analog können funktionale Zentren zur Nachbereitung des Produktgases eingebracht werden. Das Produktgas (Abgas) kann durch ein entsprechend funktionalisiertes Gasführungsteil gereinigt werden, vor allem in Hinblick auf Verunreinigungen mit flüchtigen Cr-Ionen. Eine entsprechende Funktionalisierung gegenüber Cr-Verunreinigungen kann durch oxidische Keramiken wie beispielsweise Cu-Ni-Mn-Spinellen der Struktur AB_2O_4 erfolgen (wobei A ein Element aus der Gruppe Cu oder Ni und B das Element Mangan (Mn) ist), die mittels Gasphasenabscheideverfahren, Tauchverfahren oder Auftragsverfahren mit Suspensionen bzw. Pasten oder durch Umwandlung aus den metallischen Elementen erfolgen kann.

[0031] Zur Verhinderung von Rückdiffusion von Sauerstoff aus den Abgasleitungen kann das Gasführungsteil mit Sauerstoff-Gettern funktionalisiert sein. Diese sollen einer Oxidation der Anode Vorbeugen. Als Sauerstoff-Getter sind geeignet: Ti, Cu oder unterstöchiometrische Spinellverbindungen, wobei Ti und/oder Cu bevorzugt eingesetzt werden. Diese beiden Metalle werden bevorzugt durch ein Gasphasenabscheideverfahren auf die poröse Oberfläche des Gasführungsteils aufgebracht. Die Unterdrückung der Rückdiffusion kann gegebenenfalls zusätzlich durch geeignete Gasführungsstrukturen unterstützt werden.

[0032] Zusammengefasst kann insbesondere für den Einsatz in einer SOFC das Gasführungsteil auf der Eduktgasseite mit Ni, Pt, Pd (und/oder Oxiden dieser Metalle), Co, Cr, Sc, Cer, Cu und/oder Ti funktionalisiert werden. Mögliche Funktionalisierungen des Gasführungsteils auf der Produktseite umfassen Ti, Cu und/oder oxidische Keramiken, insbesondere Cu-Ni-Mn Spinellen. Bevorzugte Kombinationen für die Funktionalisierung der Gasführungsteile auf Eduktgasseite und Produktgasseite umfassen Ni bzw. NiO auf der Eduktgasseite und Ti auf der Produktgasseite, sowie Ni bzw. NiO auf der Eduktgasseite und Cu auf der Produktgasseite, etc..

[0033] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren, bei denen aus Zwecken der Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung die Größenverhältnisse nicht immer maßstabgetreu angegeben sind. In den verschiedenen Figuren werden für übereinstimmende Bauteile die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0034] Von den Figuren zeigen:

[0035] Fig. 1a: eine erste Ausführungsform eines funktionalisierten Gasführungsteils zur Verwendung in einem elektrochemischen Modul in perspektivischer Ansicht;

[0036] Fig. 1b: das Gasführungsteil von Fig. 1a in Aufsicht und

[0037] Fig. 1c: das Gasführungsteil von Fig. 1a in einer Seitenansicht;

[0038] Fig. 2: eine erste Ausführungsform des elektrochemischen Moduls mit jeweils einem Gasführungsteil gemäß Fig. 1a-c für den Prozessgasführungsraum zur Zu- bzw. Ableitung der Prozessgase in einer Explosionsdarstellung (es ist dabei zu beachten, dass das elektrochemische Modul in Fig. 2 im Vergleich zu den Modulen in Fig. 3 zwecks besserer Sichtbarkeit der Kanäle auf den Kopf gestellt dargestellt ist);

[0039] Fig. 3: einen Stack mit drei elektrochemischen Modulen gemäß Fig. 2 im Querschnitt;

[0040] Fig. 4: eine zweite Ausführungsform des elektrochemischen Moduls in einer Explosionsdarstellung und

[0041] Fig. 5: einen Stack mit drei elektrochemischen Modulen gemäß Fig. 4 im Querschnitt.

[0042] Fig. 1a zeigt in perspektivischer Darstellung eine erste Ausführungsform des funktionali-

sierten Gasführungsteils (10), welches als separates Bauteil ausgeführt ist und im elektrochemischen Modul, insbesondere in einer SOFC, innerhalb des Prozessgasführungsraums angeordnet wird. Eine mögliche Anordnung im Prozessgasführungsraum wird aus den nachfolgenden Fig. 2 und Fig.3 ersichtlich. Fig. 1b zeigt das Gasführungsteil (10) in Aufsicht und in Fig. 1c in einer Seitenansicht von der Seite (A), die in der Anordnung im elektrochemischen Modul (20) dem Inneren des Prozessgasraums zugewandt ist. Das Gasführungsteil (10) wurde pulvermetallurgisch aus einer Fe-Basis Legierung mit Fe >50 Gew. % und 15 bis 35 Gew. % Cr hergestellt. Es wurde ein Pulver mit einer Partikelgröße < 150 µm, insbesondere <100 µm gewählt, sodass nach dem Sinterprozess das poröse Gasführungsteil eine Porosität von vorzugsweise 20 bis 60%, insbesondere 40 bis 50% aufweist. Die Partikelgröße ist umso kleiner zu wählen, je dünner das Gasführungsteil auszubilden ist. Bevorzugt wird eine offene Porosität eingestellt (d.h. es ist ein Gasaustausch zwischen einzelnen benachbarten Poren möglich). Vorzugsweise weist es eine Dicke im Bereich von 170 µm bis 1,5 mm, insbesondere im Bereich von 250 µm bis 800 µm, auf. Das flächig ausgebildete Gasführungsteil weist eine Mehrzahl von Gasdurchtrittsöffnungen (11) auf, in der dargestellten Variante drei mittige Gasdurchtrittsöffnungen (11), durch die das Prozessgas im Betrieb des elektrochemischen Moduls zu- bzw. abgeleitet wird. Der Prozessgasstrom wird durch Gasleitungsstrukturen zusätzlich gelenkt, im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch sternförmige, oberflächlich ausgebildete Kanäle (12), die sich von den Gasdurchtrittsöffnungen bis an den seitlichen Rand (A) erstrecken. Kanäle, die von der Gasdurchtrittsöffnung (11) ursprünglich in eine dem inneren Prozessgasraum abgewandte Richtung abzweigen, sind dabei bogenförmig an den seitlichen Rand (A) in Richtung innerer Prozessgasraum umgelenkt. An den restlichen seitlichen Rändern (13) (außer seitlichen Rand (A)) ist das Gasführungsteil gasdicht verpresst. Im Betrieb des elektrochemischen Moduls strömt das Prozessgas von den Gasdurchtrittsöffnungen (11) durch die Kanäle (12) und die Poren an den seitlichen Rand (A) des Gasführungsteils, von wo es in den inneren Prozessgasraum weiterströmt, welcher durch die vielen Kanäle möglichst gleichmäßig versorgt wird. Bei Verwendung des Gasführungsteils zur Ableitung der Prozessgase strömt das Gas in umgekehrter Richtung.

[0043] Zur Funktionalisierung wurde die Oberfläche des Gasführungsteils auf der Seite mit den Kanälen in einer PVD Anlage mit einer Funktionsschicht (14) mit < 1 µm Dicke beschichtet. Es wurde dabei darauf geachtet, dass die poröse Oberflächenstruktur des Gasführungsteils beim Beschichtungsprozess erhalten bleibt, dh. die offen poröse Oberfläche nicht durch eine Deckschicht überlagert wird, sodass eine im Vergleich zu einer glatten Oberfläche große funktionalisierte Oberfläche bestehen bleibt. Es wurde auch darauf geachtet, dass insbesondere die Oberfläche der Kanäle, welche durch das Prozessgas überströmt wird und daher in einem vergleichsweise intensiven Kontakt mit dem Prozessgas steht, ausreichend beschichtet wurde.

[0044] Es wurden mehrere Gasführungsteile mit unterschiedlicher Funktionalisierung zur Aufbereitung bzw. Nachbereitung der Prozessgase hergestellt, die Gasführungsteile sind dabei für den Einsatz in einer SOFC gedacht. Ein erstes Ausführungsbeispiel des Gasführungsteils wurde mit Ni beschichtet, ein zweites mit NiO. Beide Gasführungsteile finden Anwendung bei der Aufbereitung der Brenngase; die funktionalisierte Oberfläche beider Ausführungsbeispiele dient als Katalysator für die Reformierung des Brenngases und hat zudem eine Getter-Wirkung gegenüber Chlor und Schwefel. Für das Gasführungsteil für die Abgas-Nachbereitung wurde eine Ti-Beschichtung gewählt, die eine Filterung des Abgasstroms gegenüber Cr-Ionen bewirkt.

[0045] In Fig. 2 und Fig. 3 wird die Anordnung der Gasführungsteile (10,10') im elektrochemischen Modul veranschaulicht. Fig. 2 zeigt in einer Explosionsdarstellung ein elektrochemisches Modul (20) mit entsprechend funktionalisierten Gasführungsteilen (10,10'), Fig. 3 stellt in einer Querschnittsdarstellung einen Stack (30) mit drei aufeinandergestapelten elektrochemischen Modulen (20) dar. Es ist zu beachten, dass in Fig. 2 das elektrochemische Modul im Vergleich zu den Modulen in Fig. 3 zwecks besserer Sichtbarkeit der Kanäle (12) auf den Kopf gestellt dargestellt ist. Die elektrochemischen Module (20) weisen jeweils eine elektrochemische Zelleinheit (21) auf, die aus einem pulvermetallurgisch hergestellten, porösen, metallischen Trägersubstrat (22) besteht, auf die in einem gasdurchlässigen Bereich ein Schichtaufbau (23) mit

mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht aufgebracht ist. Das Trägersubstrat (22) mit dem Schichtaufbau (23) ist am Rand gasdicht verpresst und hat eine plattenförmige Grundstruktur, die in Ausführungsvarianten zwecks Oberflächenvergrößerung auf einer kleineren Längenskala auch lokal gekrümmt, beispielsweise wellenförmig ausgebildet sein kann. Auf der dem Schichtaufbau gegenüberliegenden Seite des Trägersubstrats (22) befindet sich jeweils ein Interkonnektor (24), der im Bereich, wo er an das Trägersubstrat (22) anliegt, eine Rippenstruktur (24a) aufweist. Die Längsrichtung der Rippenstruktur verläuft dabei in der Querschnittsebene in Fig. 3. Der Interkonnektor (24) erstreckt sich an zwei gegenüberliegenden Seiten über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus und liegt an seinem äußeren Rand an einem die elektrochemischen Zelleinheit umlaufenden Rahmenblech (25) an. Das umlaufende Rahmenblech (25) ist am inneren Rand gasdicht mit der elektrochemischen Zelleinheit (21) und am äußeren Rand über eine umlaufende Schweißverbindung gasdicht mit dem Interkonnektor (24) verbunden. Das Rahmenblech (25) und der Interkonnektor (24) bilden so Bestandteile eines metallischen, gasdichten Gehäuses, welches mit der elektrochemischen Zelleinheit (21) einen gasdichten Prozessgasraum (26) begrenzt. Der Prozessgasraum (26) ist (gedacht) in zwei einander gegenüberliegende Unterräume - die beiden Prozessgasführungsräume (27, 27') - unterteilt, wobei sich die Unterräume jeweils über einen Bereich außerhalb des Bereichs der elektrochemischen Zelleinheit (21) erstrecken und in Richtung elektrochemischer Zelleinheit (21) offen sind. Dabei dient ein erster Prozessgasführungsraum (27) über entsprechende Gaseintrittsöffnungen (28) im Gehäuse (Rahmenblech und Interkonnektor) der Zuleitung der Prozessgase, während der gegenüberliegende Prozessgasführungsraum (27') über entsprechende Gasaustrittsöffnungen (28') die Ableitung der Prozessgase bewerkstelligt (die Gasdurchtrittsöffnungen sind in Fig. 3 nicht dargestellt, da sich der Schnitt seitlich der Gasdurchtrittsöffnungen befindet). Innerhalb des Stacks erfolgt die Gasführung in vertikaler Richtung (Stapelrichtung des Stacks (B)) durch entsprechende Kanalstrukturen, die im Bereich der Gasdurchtrittsöffnungen üblicherweise durch separate Einleger (29), Dichtungen sowie durch gezielte Auftragung von Dichtmasse (z.B. Glaslot) gebildet werden.

[0046] Innerhalb des Prozessgasführungsraums (27) für die Zuleitung ist ein Gasführungsteil (10) angeordnet, dessen Oberfläche für die Aufbereitung des Eduktgases (Reformierung, Reinigung) funktionalisiert ist. Das für die Nachbereitung der Produktgase funktionalisierte Gasführungsteil (10') ist innerhalb des gegenüberliegenden Prozessgasführungsraums (27') für die Ableitung der Produktgase angeordnet. Die für die Zuleitung und Ableitung verwendeten Gasführungsteile (10,10') haben also bevorzugt eine unterschiedliche Funktionalisierung. Die Gasführungsteile können sich natürlich auch hinsichtlich anderer Eigenschaften (Grundmaterial, Form, Porosität, Geometrie der Kanäle, etc.) unterscheiden und für ihren Einsatzzweck unabhängig voneinander optimiert werden.

[0047] Bevorzugt sind die Gasführungsteile (10,10') als Abstützelement in Stapelrichtung (B) der elektrochemischen Module ausgeführt. Dazu ist die Form des Gasführungsteils jeweils an den Innenraum des jeweiligen Prozessgasführungsraums angepasst. Die Gasführungsteile (10,10') liegen jeweils mit ihrer Oberseite am Rahmenblech (25), der oberen Abgrenzung des jeweiligen Prozessgasführungsraums (27, 27'), und mit ihrer Unterseite am Interkonnektor (24), der unteren Abgrenzung des jeweiligen Prozessgasführungsraums, an. Vorteilhaft ist insbesondere eine flächige Anlage an der Oberseite und/oder an der Unterseite des jeweiligen Gasführungsteils. Die Dicke des Gasführungsteils entspricht daher der Raum-Innenhöhe des jeweiligen Prozessgasführungsraums (27,27'). Die oberflächlich ausgebildeten Kanäle (12) befinden sich an der Unterseite der Gasführungsteile (10,10'). Durch die flächige Ausgestaltung der Gasführungsteile wird die Biege- und Torsionssteifigkeit des Gehäuse-Randbereichs, das aus einem dünnen Rahmenblech (25) und dünnen Interkonnektor (24) besteht, entscheidend erhöht und so die Gefahr von Rissbildungen in den Schweißnähten bei mechanischen Belastungen reduziert. In einer vorteilhaften Ausführungsvariante werden die funktionalisierten Gasführungsteile punktweise am Gehäuse angeschweißt und so fixiert.

[0048] Fig. 4 und Fig. 5 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel des elektrochemischen Moduls (20'), bei dem die Gasführungsteile (10'',10''') einen Teil des Gehäuses bilden und integral mit

dem Trägersubstrat (22') ausgeführt sind. Das poröse Trägersubstrat (22') ist an zwei gegenüberliegenden Seiten jeweils am Randbereich, in welchen jeweils Gasdurchtrittsöffnungen (11,11') integriert sind, gasdicht verpresst. Es kann der Randbereich auch an der dem Schichtaufbau (23) zugewandten Seite durch einen Aufschmelzprozess bspw. mittels Laserstrahlschmelzen gasdicht gemacht werden. Diese gegenüberliegenden Randbereiche des Trägersubstrats sind außerhalb des gasdurchlässigen Bereiches mit dem Schichtaufbau (23). Sie stellen jeweils ein Gasführungsteil (10'',10''') dar und grenzen die beiden Prozessgasführungsräume (27,27') nach oben ab. Beim Pressvorgang können optional Gasleitungsstrukturen (12) an der Unterseite (dem Inneren des Prozessgasführungsraums zugewandten Seite) des Randbereichs des Trägersubstrats integriert sein. In der realisierten Variante ist der der Zuleitung des Brenngases zugeordnete Randbereich (10'') des Trägersubstrats an seiner Unterseite mit Ni beschichtet, der der Ableitung des Abgases zugeordnete Randbereich (10''') ist an seiner Unterseite mit Ti beschichtet. Es wird eine zum Ausführungsbeispiel von Fig. 1 bis Fig. 3 analoge Aufbereitung der Brenngase und Reinigung der Abgase erzielt.

[0049] Sowohl für das in Fig. 1 bis Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel mit einem separat ausgebildeten Gasführungsteil als auch für das in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellte Ausführungsbeispiel mit dem integrierten Gasführungsteil sind natürlich andere Funktionalisierungen als die Ni bzw. NiO und die Ti Beschichtung denkbar. Für den Einsatz in einer SOFC kann das Gasführungsteil auf der Eduktgasseite neben Ni bzw. NiO mit Pt, Pd (und/oder Oxiden dieser beiden Metalle), Co, Cr, Sc, Cer, Cu und/oder Ti funktionalisiert werden. Mögliche Funktionalisierungen des Gasführungsteils auf der Produktseite umfassen Ti, Cu und/oder oxidische Keramiken, insbesondere Cu- Ni-Mn Spinelle.

Ansprüche

1. Poröses bzw. zumindest abschnittsweise poröses Gasführungsteil (10,10') für ein elektrochemisches Modul (20),
wobei das elektrochemische Modul (20)
mindestens eine elektrochemische Zelleinheit (21) aufweisend einen Schichtaufbau (23) mit mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht, und ein metallisches, gasdichtes Gehäuse (24;25) aufweist, das mit der elektrochemischen Zelleinheit (21) einen gasdichten Prozessgasraum (26) bildet,
wobei sich das Gehäuse (24;25) auf mindestens einer Seite über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus erstreckt, dabei einen zur elektrochemischen Zelleinheit offenen Prozessgasführungsraum (27;27') bildet und im Bereich des Prozessgasführungsraumes (27;27') mindestens eine Gasdurchtrittsöffnung (28;28') zur Zu- und/oder Ableitung der Prozessgase aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gasführungsteil (10,10') zur Anordnung innerhalb des Prozessgasführungsraumes (27;27') angepasst ist und die Oberfläche des Gasführungsteils zur Wechselwirkung mit dem Prozessgas funktionalisiert ist.
2. Gasführungsteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10') als separates Bauteil von der elektrochemischen Zelleinheit (21) ausgebildet ist.
3. Gasführungsteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10') zur Abstützung des Gehäuses nach beiden Seiten entlang einer Stapelrichtung des elektrochemischen Moduls angepasst ist.
4. Poröses bzw. zumindest abschnittsweises poröses Gasführungsteil (10'',10''') für ein elektrochemisches Modul (20'),
wobei das elektrochemische Modul (20')
mindestens eine elektrochemische Zelleinheit (21) aufweisend einen Schichtaufbau (23) mit mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht, und ein metallisches, gasdichtes Gehäuse aufweist, das mit der elektrochemischen Zelleinheit einen gasdichten Prozessgasraum (26) bildet,
wobei sich das Gehäuse auf mindestens einer Seite über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus erstreckt, dabei einen zur elektrochemischen Zelleinheit offenen Prozessgasführungsraum (27;27') bildet und im Bereich des Prozessgasführungsraumes mindestens eine Gasdurchtrittsöffnung (28;28') zur Zu- und/oder Ableitung der Prozessgase aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gasführungsteil (10'',10''') als Gehäuseteil des Prozessgasführungsraumes (27;27') ausgebildet ist und die dem Prozessgasführungsinnenraum zugewandte Oberfläche des Gasführungsteils zur Wechselwirkung mit dem Prozessgas funktionalisiert ist.
5. Gasführungsteil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10'',10''') integral mit einem metallischen Trägersubstrat (22) der elektrochemischen Zelleinheit (21) ausgebildet ist.
6. Gasführungsteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10';10'',10''') zur katalytischen Reformierung eines Eduktgases funktionalisiert ist.
7. Gasführungsteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur katalytischen Reformierung durch Einbringen von Nickel, Platin und/oder Palladium und/oder Oxiden dieser Metalle erfolgt.
8. Gasführungsteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10';10'',10''') zur Reinigung des Eduktgases, insbesondere zur Reinigung gegenüber Schwefel, Chlor, Sauerstoff und/oder Kohlenstoff funktionalisiert ist.

9. Gasführungsteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur Reinigung des Eduktgases gegenüber Schwefel und/oder Chlor durch Einbringen von Nickel, Kobalt, Chrom und/oder Cer erfolgt.
10. Gasführungsteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur Reinigung des Eduktgases gegenüber Sauerstoff durch Einbringen von Chrom, Kupfer und/oder Titan erfolgt.
11. Gasführungsteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur Reinigung des Eduktgases gegenüber Kohlenstoff (Russ) durch Einbringen von Titan erfolgt.
12. Gasführungsteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10';10'',10''') zur Reinigung des Produktgases, insbesondere zur Reinigung gegenüber Chrom und/oder Sauerstoff funktionalisiert ist.
13. Gasführungsteil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur Reinigung des Produktgases gegenüber Chrom durch Einbringen von oxidischen Keramiken, insbesondere durch Cu-Ni-Mn Spinelle, erfolgt.
14. Gasführungsteil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionalisierung zur Reinigung gegenüber Sauerstoff durch Einbringen von Ti und/oder Cu oder unterstöchiometrischen Spinell-Verbindungen erfolgt.
15. Gasführungsteil nach einem der Ansprüche 7,9, 10,11, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einbringen durch Einlegieren oder ein Beschichtungsverfahren, insbesondere mittels einem Gasphasenabscheidungsverfahren, Tauchbeschichtung oder einem Auftragsverfahren von Suspensionen oder Pasten erfolgt.
16. Gasführungsteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Grundmaterial für das Gasführungsteil (10,10';10'',10''') eine pulvermetallurgisch hergestellte, auf Eisen und/oder Chrom basierte ferritische Legierung ist.
17. Gasführungsteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasführungsteil (10,10';10'',10''') mindestens eine Gasleitungsstruktur (12) aufweist.
18. Elektrochemisches Modul (20; 20'), aufweisend:
eine im Wesentlichen plattenförmige elektrochemische Zelleinheit (21) aufweisend einen Schichtaufbau (23) mit mindestens einer elektrochemisch aktiven Schicht, und ein metallisches, gasdichtes Gehäuse (24; 25), das mit der elektrochemischen Zelleinheit (21) einen gasdichten Prozessgasraum (26) bildet, wobei sich das Gehäuse (24;25) auf mindestens einer Seite über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus erstreckt, das Gehäuse (24; 25) dabei einen zur elektrochemischen Zelleinheit offenen Prozessgasführungsraum (27;27') bildet und mindestens eine Gasdurchtrittsöffnung (28;28') im Bereich des Prozessgasführungsraumes (27;27') zur Zu- und/oder Ableitung der Prozessgase aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Prozessgasführungsraumes (27;27') im Bereich der Gasdurchtrittsöffnungen mindestens ein Gasführungsteil (10,10') nach Anspruch 1 oder einem der von Anspruch 1 abhängigen Ansprüche 2, 3, 6 bis 17 angeordnet ist, welches der Abstützung des Gehäuses entlang der Stapelrichtung (B) des elektrochemischen Moduls (20;20') dient
und/oder das Gehäuse des Prozessgasführungsraumes zumindest abschnittsweise durch mindestens ein Gasführungsteil (10'',10''') nach Anspruch 4 oder einem der von Anspruch 4 abhängigen Ansprüche 5 bis 17 gebildet ist.
19. Elektrochemisches Modul nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Gehäuse (24;25) auf mindestens zwei Seiten über den Bereich der elektrochemischen Zelleinheit (21) hinaus erstreckt, wodurch ein erster Prozessgasführungsraum (27) mit mindestens einer Gaseintrittsöffnung (28) für ein Eduktgas, dem mindestens ein erstes Gasfüh-

zungsteil (10;10^{''}) zugeordnet ist, und ein zweiter Prozessgasführungsraum (27') mit mindestens einer Gasaustrittsöffnung (28') für ein Produktgas, dem mindestens ein zweites Gasführungsteil (10';10^{'''}) zugeordnet ist, gebildet ist, wobei sich die Funktionalisierung des ersten, dem ersten Prozessgasführungsraum zugeordneten Gasführungsteils (10; 10^{''}) von der Funktionalisierung des zweiten, dem zweiten Prozessgasführungsraum zugeordneten Gasführungsteils (10';10^{'''}) unterscheidet.

20. Elektrochemisches Modul nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Gasführungsteils (10;10^{''}) zur Aufbereitung des Eduktgases und/oder das zweite Gasführungsteil (10';10^{'''}) zur Nachbereitung des Produktgases funktionalisiert ist.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

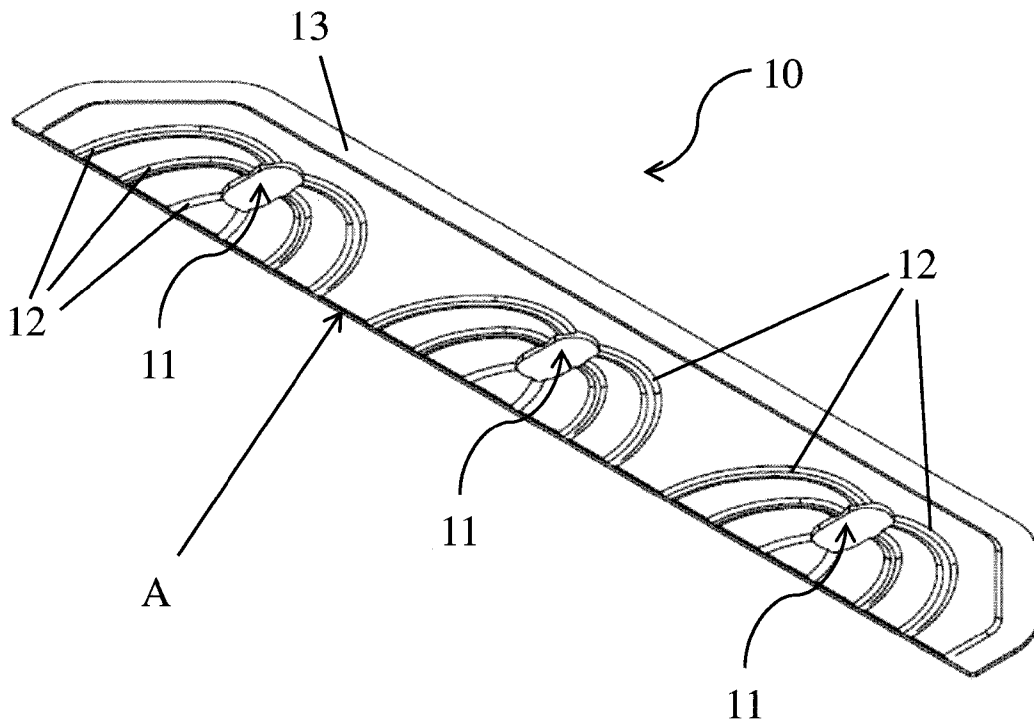


Fig. 1a

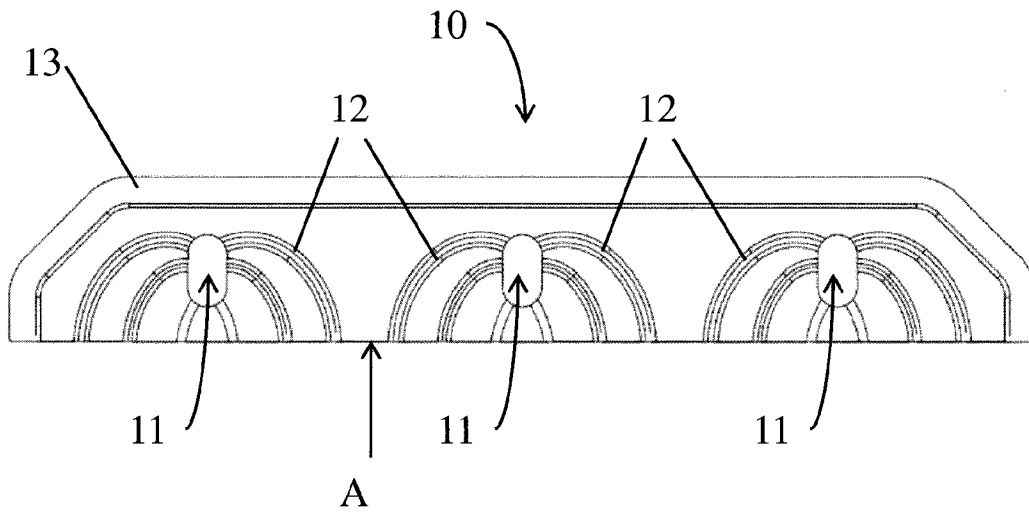


Fig. 1b

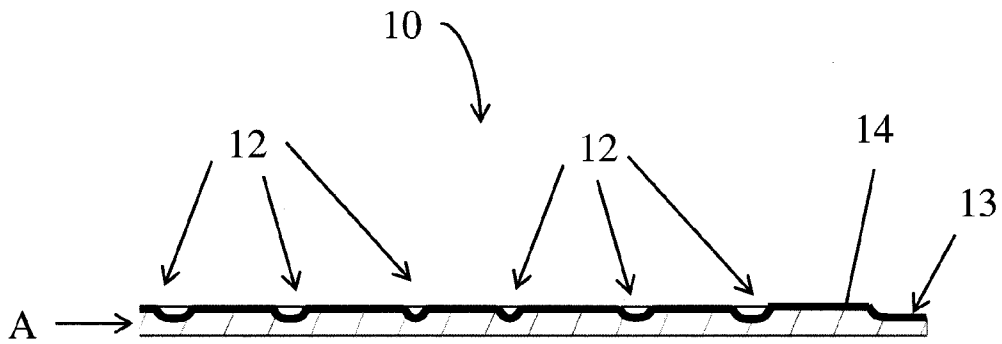


Fig. 1c

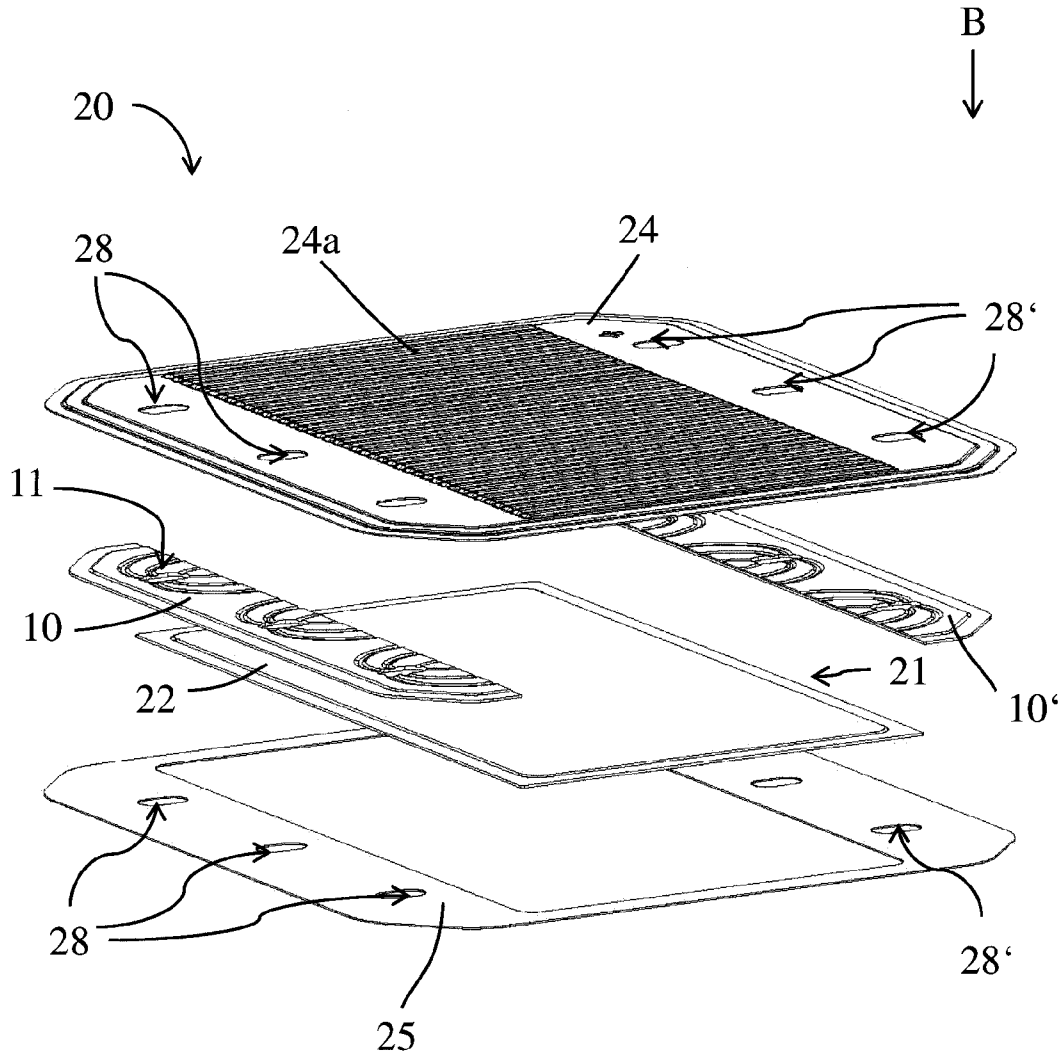


Fig. 2

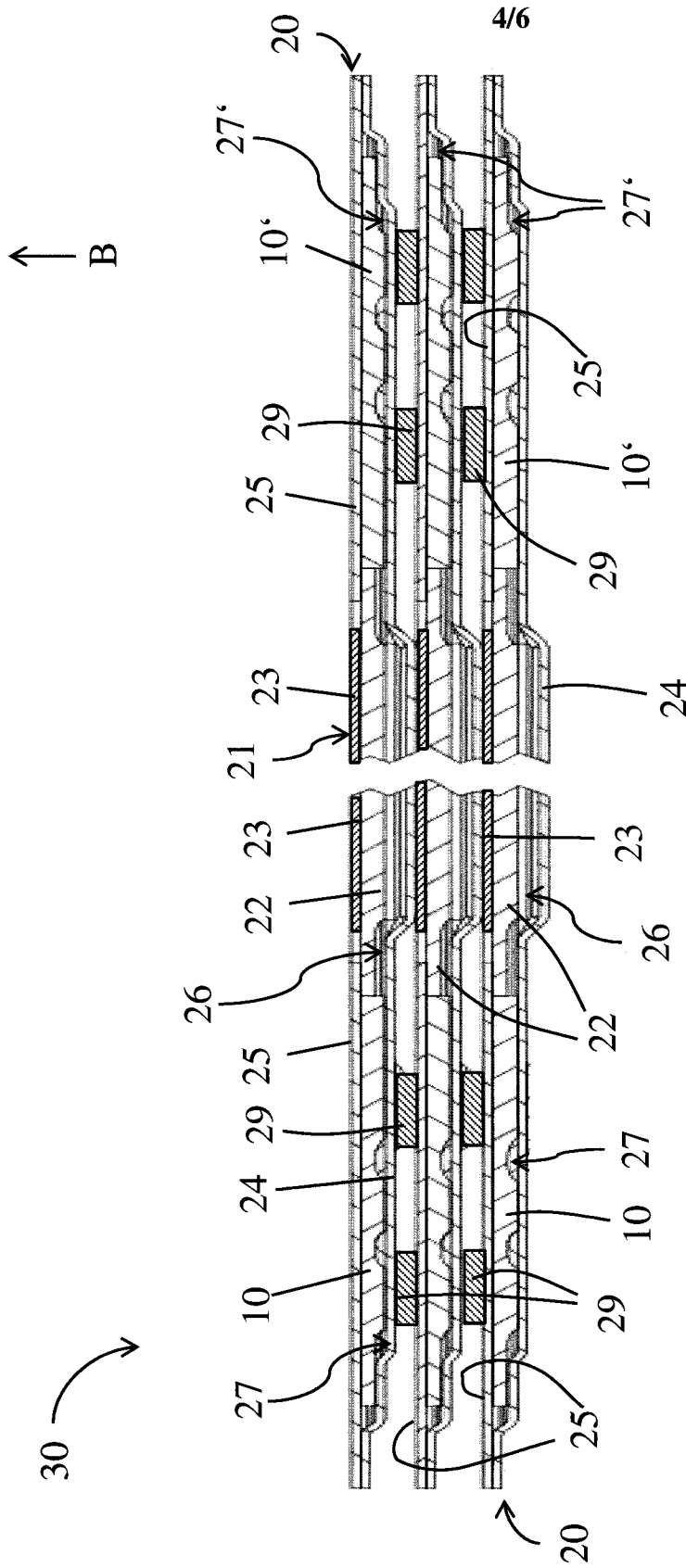


Fig. 3

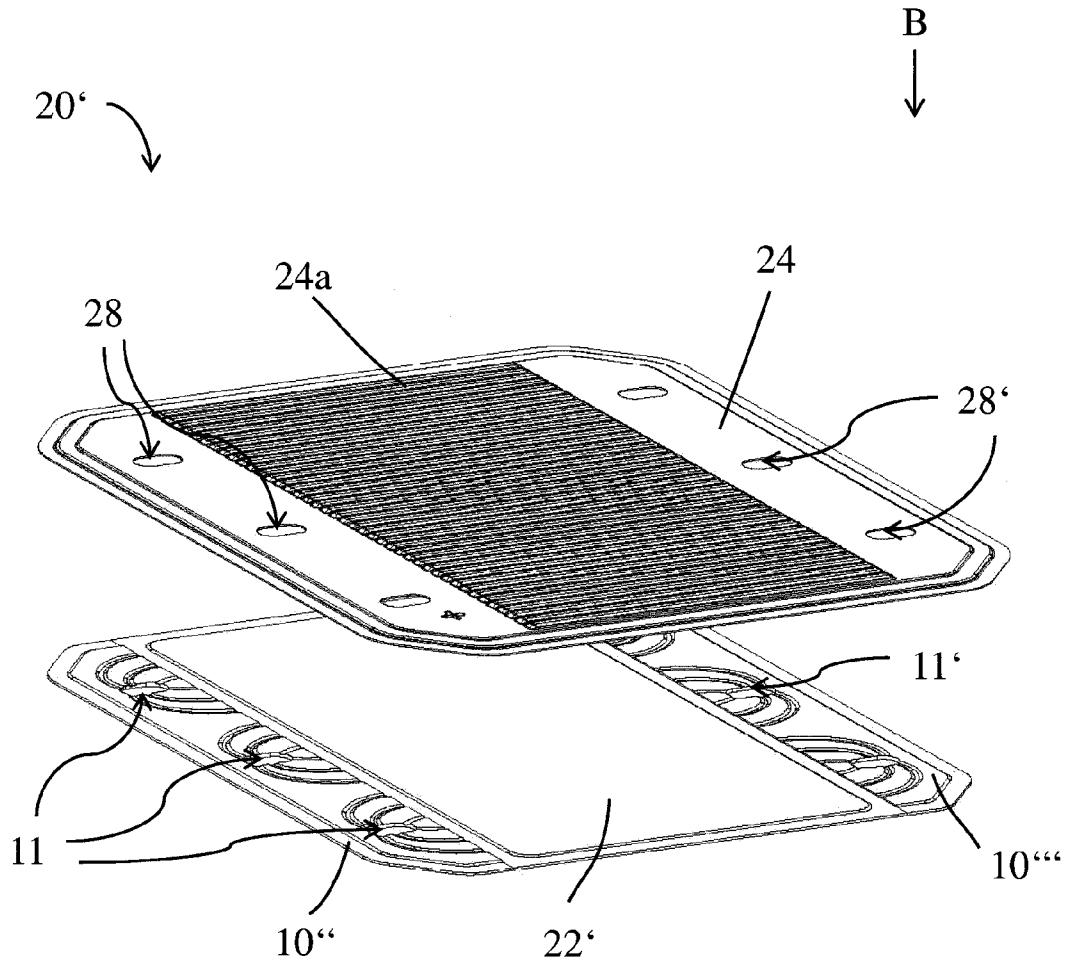


Fig. 4

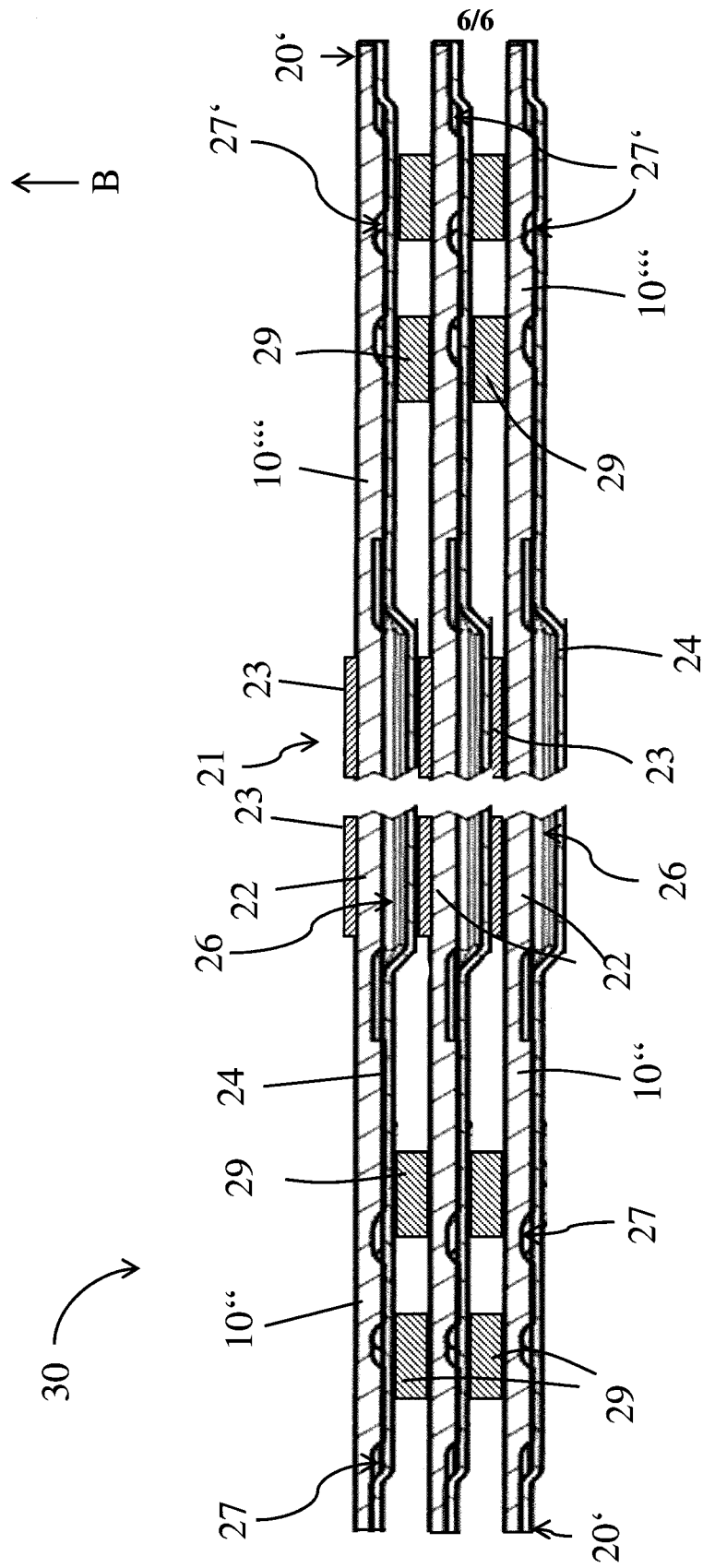


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H01M 8/0232 (2016.01); **H01M 8/1231** (2016.01); **H01M 8/2432** (2016.01); **H01M 8/124** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H01M 8/0232 (2016.02); **H01M 8/1231** (2016.02); **H01M 8/2432** (2016.02); **H01M 2008/1293** (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 H01M

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC, WPIAP, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **16.03.2017** eingereichten Ansprüchen **1-20** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2012264027 A1 (MIZUKAMI TAKAAKI et al. [JP]) 18. Oktober 2012 (18.10.2012) [0043]-[0071]; Figuren	1-20
A	DE 102007024225 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- & RAUMFAHRT E.V. [DE]) 13. November 2008 (13.11.2008) [0115]-[0124]; Figur 7	1-20
A	EP 1122806 A1 (HALDOR TOPSOE A/S [DK]) 08. August 2001 (08.08.2001) Das ganze Dokument	1-20

Datum der Beendigung der Recherche: 23.01.2018	Seite 1 von 1	Prüfer(in): ENGLISCH Julia
---	---------------	-------------------------------

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmelungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmelungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein **„älteres Recht“** hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.