(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
28. Juni 2018 (28.06.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/114819 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/0258 (2016.01) *H01M 8/1018* (2016.01)
H01M 8/0267 (2016.01) *H01M 8/021* (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/083345

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2017 (18.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2016 107 302.2
22. Dezember 2016 (22.12.2016) DE

(71) Anmelder: **REINZ-DICHTUNGS-GMBH** [DE/—]; Reinzstraße 3-7, 89233 Neu-Ulm (DE).

(72) Erfinder: **SCHERER, Joachim**; Sachsenweg 67, 89075 Ulm (DE). **KUNZ, Claudia**; Neue Straße 125, 89073 Ulm (DE). **STÖHR, Thomas**; Kurt-Schumacher-Straße 17, 88471 Laupheim (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB**; Joachimsthaler Straße 10-12, 10719 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, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** SEPARATOR PLATE FOR AN ELECTROCHEMICAL SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** SEPARATORPLATTE FÜR EIN ELEKTROCHEMISCHES SYSTEM

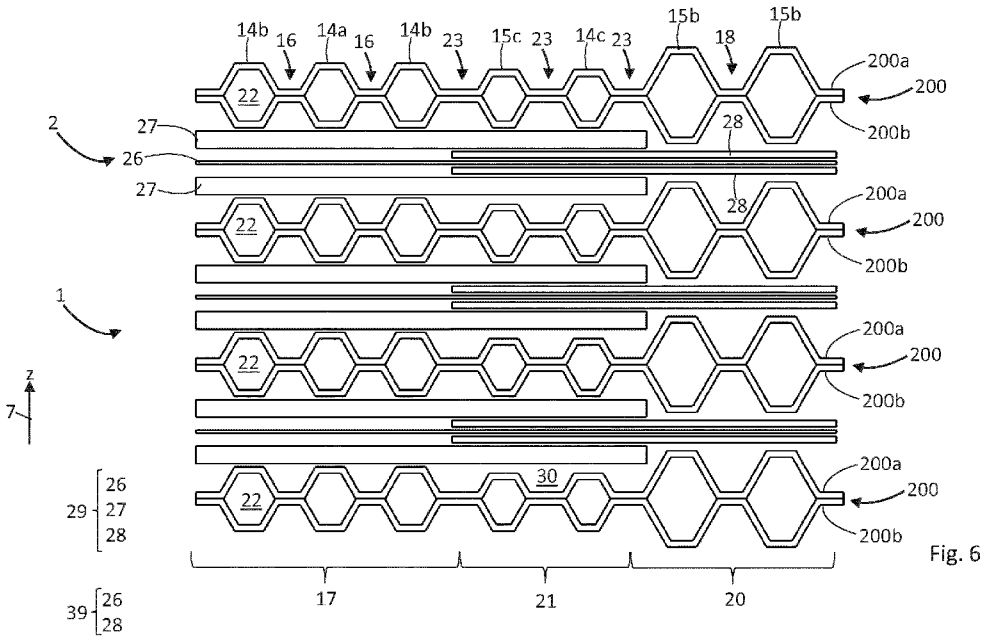

Fig. 6

(57) **Abstract:** The invention relates to a separator plate (100a) for an electrochemical system (1), comprising: at least one first opening (11a) in the plate to allow a medium to pass through the plate; a distribution or collection region (20) having a plurality of ridges (15b), and channels (18) which are formed between the ridges and are all in fluid connection with the opening (11a); a flow field (17), which is in fluid connection with the opening (11a) via the distribution or collection region (20) and comprises guide structures to guide a medium through the flow field (17), wherein the guide structures of the flow field (17) have a mean height h_1 measured perpendicular to the flat plane of the plate; and a continuous, sunken transition region (21) which is disposed

WO 2018/114819 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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)*

between the distribution or collection region (20) and the flow field (17) in such a way that, for each of the channels (18) of the distribution or collection region (20), medium flowing from the channel (18) into the flow field (17) or from the flow field (17) into the channel (18) flows through the transition region (21), the transition region (21) having a maximum height h_{max} measured perpendicular to the flat plane of the plate; and $h_{max} \leq 0.95 \cdot h_1$. The invention further relates to a bipolar plate comprising at least one separator plate of the aforementioned type, and to an electrochemical system having a plurality of bipolar plates.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Separatorplatte (100a) für ein elektrochemisches System (1), umfassend: wenigstens eine erste Durchgangsöffnung (11a) in der Platte zum Durchleiten eines Mediums durch die Platte; einen Verteil- oder Sammelbereich (20) mit einer Vielzahl von Stegen (15b) und zwischen den Stegen ausgebildeten Kanälen (18), die jeweils in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung (11a) sind; ein Strömungsfeld (17), das über den Verteil- oder Sammelbereich (20) in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung (11a) ist und das Leitstrukturen zum Leiten eines Mediums durch das Strömungsfeld (17) aufweist, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte mittlere Höhe h_1 haben; und einen zusammenhängenden, abgesenkten Übergangsbereich (21), der derart zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich (20) und dem Strömungs- feld (17) angeordnet ist, dass für jeden der Kanäle (18) des Verteil- oder Sammelbereichs (20) gilt, dass von dem Kanal (18) in das Strömungsfeld (17) oder von dem Strömungsfeld (17) in den Kanal (18) strömendes Medium den Übergangsbereich (21) durchströmt, wobei der Übergangsbereich (21) eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte maximale Höhe h_{max} hat; wobei gilt: $h_{max} \leq 0{,}95 \cdot h_1$. Die Erfindung betrifft ferner eine Bipolarplatte mit wenigstens einer Separatorplatte der zuvor genannten Art sowie ein elektrochemisches System mit einer Vielzahl von Bipolarplatten.

Separatorplatte für ein elektrochemisches System

Die Erfindung betrifft eine Separatorplatte für ein elektrochemisches System, eine Bipolarplatte für ein elektrochemisches System, die eine solche Separatorplatte enthält, sowie ein elektrochemisches System mit einer Vielzahl derartiger Separatorplatten oder Bipolarplatten. Das elektrochemische System kann insbesondere ein Brennstoffzellensystem, ein elektrochemischer Kompressor, ein Elektrolyseur oder eine Redox-Flow-Batterie sein.

Bekannte elektrochemische Systeme der genannten Art umfassen normalerweise einen Stapel elektrochemischer Zellen, die jeweils durch Bipolarplatten voneinander getrennt sind. Solche Bipolarplatten können z. B. der elektrischen Kontaktierung der Elektroden der einzelnen elektrochemischen Zellen (z. B. Brennstoffzellen) und/oder der elektrischen Verbindung benachbarter Zellen dienen (Serienschaltung der Zellen). Typischerweise sind die Bipolarplatten aus zwei zusammengefügten Einzelplatten gebildet, die im Rahmen dieses Dokuments auch als Separatorplatten bezeichnet werden. Die Einzelplatten können stoffschlüssig zusammengefügt sein, z. B. durch eine oder mehrere Schweißverbindungen, insbesondere durch eine oder mehrere Laserschweißverbindungen.

Die Bipolarplatten bzw. die Einzelplatten können jeweils Strukturen aufweisen oder bilden, die z. B. zur Versorgung der zwischen benachbarten Bipolarplatten angeordneten elektrochemischen Zellen mit einem oder mehreren Medien und/oder zum Abtransport von Reaktionsprodukten eingerichtet sind. Bei den Medien kann es sich um Brennstoffe (z. B. Wasserstoff oder Methanol), Reaktionsgase (z. B. Luft oder Sauerstoff) oder um Kühlmittel handeln. Ferner können die Bipolarplatten zum Weiterleiten der bei der Umwandlung elektrischer bzw. chemischer Energie in der elektrochemischen Zelle entstehenden Abwärme sowie zum Abdichten der verschiedenen Medien- bzw. Kühlkanäle gegeneinander und/oder nach außen ausgebildet sein.

Ferner weisen die Bipolarplatten üblicherweise jeweils wenigstens eine Durchgangsöffnung auf, durch die hindurch die Medien und/oder die Reaktionsprodukte zu den zwischen benachbarten Bipolarplatten des Stapels ange-

ordneten elektrochemischen Zellen geleitet oder von diesen weggeführt werden können. Die elektrochemischen Zellen umfassen typischerweise außerdem jeweils eine oder mehrere Membran-Elektrodeneinheiten (Membrane Electrode Assemblies bzw. MEA). Die MEA können eine oder mehrere Gasdiffusionslagen aufweisen, die üblicherweise zu den Bipolarplatten hin orientiert und z. B. als Metall- oder Kohlenstoffvlies ausgebildet sind.

Insbesondere in verstärkten Randbereichen der MEA kann es beim Verpressen der Bipolarplatten und der zwischen den Bipolarplatten angeordneten MEA zu verstärkten Verformungen der Bipolarplatten zur Überpressung der Gasdiffusionslage bzw. MEA und/oder zu einer Behinderung des Medienflusses kommen. Dies kann die Lebensdauer und die Effizienz des Systems verringern.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Separatorplatte für ein elektrochemisches System zu schaffen, die die oben genannten Nachteile möglichst vollständig überwindet und im Betrieb eine möglichst lange Lebensdauer und eine möglichst gute Effizienz gewährleistet. Ferner soll eine Bipolarplatte geschaffen werden, die eine derartige Separatorplatte enthält, sowie ein elektrochemisches System mit einer Mehrzahl entsprechender Separatorplatten oder Bipolarplatten.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Separatorplatte gemäß Anspruch 1, durch eine Bipolarplatte, die eine solche Separatorplatte enthält, sowie durch ein elektrochemisches System mit einer Vielzahl derartiger Separatorplatten oder Bipolarplatten. Spezielle Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Vorgeschlagen wird also eine Separatorplatte für ein elektrochemisches System, umfassend:

wenigstens eine erste Durchgangsöffnung in der Platte zum Durchleiten eines Mediums durch die Platte;

einen Verteil- oder Sammelbereich mit einer Vielzahl von Stegen und zwischen den Stegen ausgebildeten Kanälen, die jeweils in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung sind;

ein Strömungsfeld, das über den Verteil- oder Sammelbereich in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung ist und das Leitstrukturen zum Leiten eines Mediums durch das Strömungsfeld aufweist, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte mittlere Höhe h_1 haben; und

einen zusammenhängenden, abgesenkten Übergangsbereich, der derart zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich und dem Strömungsfeld angeordnet ist, dass für jeden der Kanäle des Verteil- oder Sammelbereichs gilt, dass von dem Kanal in das Strömungsfeld oder von dem Strömungsfeld in den Kanal strömendes Medium den Übergangsbereich durchströmt, wobei der Übergangsbereich eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte maximale Höhe h_{max} hat, wobei gilt: $h_{max} \leq 0{,}95 \cdot h_1$.

Die mittlere Höhe h_1 kann dabei die mittlere maximale Höhe der Leitstrukturen des Strömungsfeldes bezeichnen. Sind die Leitstrukturen des Strömungsfeldes z. B. als Stege ausgebildet, so kann die maximale Höhe dieser Stege jeweils entlang eines Daches oder eines Scheitels dieser Stege bestimmt werden. Die Höhen h_{max} und h_1 bezeichnen dabei vorzugsweise jeweils den senkrecht zur Planflächenebene der Separatorplatte bestimmten Abstand zur Planflächenebene der Separatorplatte. Die Planflächenebene der Separatorplatte ist z. B. durch einen Rand der Separatorplatte oder durch diejenigen ebenen Bereiche eines Metallbleches, aus dem die Separatorplatte gebildet ist, gegeben, die nicht infolge eines Präge- oder Tiefziehprozesses zur Bildung der Leitstrukturen des Strömungsfeldes und/oder zur Bildung der Stege des Verteil- oder Sammelbereichs verformt sind.

Wenn die Separatorplatte in einem elektrochemischen System angeordnet ist, das eine Vielzahl von Separatorplatten der vorgeschlagenen Art und zwischen den Separatorplatten angeordnete MEA umfasst, so können sich am das Strömungsfeld umlaufenden Rand des Strömungsfeldes ein katalysatorbeschichtetes Ionomer, eine rahmenförmige Verstärkungslage und Gasdiffusionslage(n) überlappen, wodurch dieser Bereich der MEA eine größere Dicke aufweist als der übrige Bereich der MEA. Der abgesenkte Übergangsbereich kann dann zur Aufnahme dieses verstärkten Bereichs der an die Separatorplatte angrenzenden MEA dienen. So kann eine beim Verpressen

der Platte und der MEA auftretende Verpressung der MEA reduziert und deren Lebensdauer auf diese Weise verlängert werden. Ferner kann durch eine Aufnahme des verstärkten Randbereichs der MEA außerhalb des Strömungsfeldes und damit außerhalb des elektrochemisch aktiven Bereichs der Separatorplatte eine negative Beeinflussung des Medienflusses im Bereich des Strömungsfeldes reduziert oder unterbunden werden.

Die Stege des Verteil- oder Sammelbereichs können eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte mittlere Höhe h_2 haben. Dabei kann gelten: $h_{max} \leq 0{,}9 \cdot h_2$. Die mittlere Höhe h_2 kann die mittlere maximale Höhe der Stege des Verteil- oder Sammelbereiches bezeichnen, die z. B. jeweils entlang eines Daches oder Scheitels dieser Stege bestimmt wird. Die Höhe h_2 bezeichnet vorzugsweise wiederum den senkrecht zur Planflächenebene der Separatorplatte bestimmten Abstand zur Planflächenebene der Separatorplatte.

Der abgesenkte Übergangsbereich kann quer zur Strömungsrichtung des Mediums durch den Übergangsbereich oder im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des Mediums durch den Übergangsbereich einen geraden Verlauf haben. Mit anderen Worten weist der abgesenkte Übergangsbereich vorzugsweise eine im Wesentlichen rechteckige Form auf, wobei er sich in einer Richtung quer zur Richtung der Leitstrukturen des Strömungsfeldes wesentlich weiter erstrecken kann als in Richtung der Leitstrukturen des Strömungsfeldes.

Die Leitstrukturen des Strömungsfeldes können eine Vielzahl von Stegen und ggf. zwischen den Stegen ausgebildete Kanäle umfassen. Die Stege des Strömungsfeldes können sich wenigstens teilweise in den Übergangsbereich hinein erstrecken.

Die Stege des Verteil- oder Sammelbereichs können sich durch den Übergangsbereich hindurch erstrecken und in Stege des Strömungsfeldes übergehen. Diese sich durch den Übergangsbereich hindurch erstreckenden Stege sind dann gewöhnlich im Übergangsbereich abgesenkt.

Zwischen den Stegen des Strömungsfeldes, die in Stege des Verteil- oder Sammelbereichs übergehen, können im Bereich des Strömungsfeldes weitere Stege angeordnet sein. Diese weiteren Stege des Strömungsfeldes können sich in den abgesenkten Übergangsbereich hinein erstrecken. Z. B. kann sich wenigstens jeder zwölfte oder wenigstens jeder sechste dieser weiteren Stege des Strömungsfeldes in den abgesenkten Übergangsbereich hinein erstrecken.

Die Stege, die sich durch den Übergangsbereich hindurch erstrecken und/oder die sich in den Übergangsbereich hinein erstrecken, können im Übergangsgereich dieselbe maximale Höhe h_{max} haben.

Das Strömungsfeld kann eine Anzahl n_1 von Kanälen aufweisen, und der Verteil- oder Sammelbereich kann eine Anzahl n_2 von Kanälen aufweisen. Dabei kann gelten: $n_1 \geq 2 \cdot n_2$, vorzugsweise $n_1 \geq 3 \cdot n_2$.

Eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte Tiefe mindestens eines der Kanäle des Verteil- oder Sammelbereichs kann zur Beeinflussung der Strömungsrichtung des Mediums variieren. Wie im Verteil- oder Sammelbereich so können aber auch zwischen den Stegen, die im Übergangsbereich angeordnet sind oder die sich durch den Verteil- oder Sammelbereich hindurch erstrecken, Kanäle zur Medienführung ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich zu den Kanälen des Verteil- oder Sammelbereichs können auch die Kanäle im Übergangsbereich oder wenigstens einer der Kanäle im Übergangsbereich eine Tiefe haben, die zur Beeinflussung der Strömungsrichtung des Mediums variiert, wobei die Tiefe der Kanäle im Übergangsbereich wiederum senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmt wird.

Beispielsweise kann die Tiefe mindestens eines Kanals des Übergangsbereichs und/oder des Verteil- oder Sammelbereichs entlang seines Verlaufs variieren. Alternativ oder zusätzlich kann die Tiefe mindestens eines Kanals des Übergangsbereichs und/oder des Verteil- oder Sammelbereichs auch quer zur Strömungsrichtung des Mediums im Kanal oder durch den Kanal variieren.

Die Separatorplatte kann ferner eine Sicke aufweisen, die die Durchgangsöffnung in der Separatorplatte zum Abdichten der Durchgangsöffnung vollstän-

dig umschließt. Diese Sicke kann Durchführungen zum Durchleiten eines Mediums durch die Sicke aufweisen. Die Kanäle des Verteil- oder Sammelbereichs können dann über diese Durchführungen in der Sicke in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung sein.

Ferner wird eine Bipolarplatte für ein elektrochemisches System vorgeschlagen, die eine erste Separatorplatte der zuvor beschriebenen Art und eine zweiten Separatorplatte umfasst. Üblicherweise sind die erste und die zweite Separatorplatte zusammengefügt, vorzugsweise mittels einer oder mehrerer stoffschlüssiger Verbindungen. Die stoffschlüssigen Verbindungen können z. B. als Schweißverbindungen ausgebildet sein, insbesondere als Laserschweißverbindungen. Die zweite Separatorplatte weist wie die erste Separatorplatte ebenfalls wenigstens eine Durchgangsöffnung auf. Zur Ausbildung wenigstens einer Durchgangsöffnung in der Bipolarplatte sind die Durchgangsöffnungen der ersten und der zweiten Separatorplatte fluchtend angeordnet. Vorteilhafterweise weist die Bipolarplatte allerdings eine solche Anzahl Durchgangsöffnungen auf, dass für jedes Medium mindestens eine Zuführ- und eine Abführöffnung vorhanden ist, beispielsweise also je zwei Durchgangsöffnungen für Brennstoff, Reaktionsgas und Kühlmittel.

Es kann vorgesehen sein, dass nur die erste Separatorplatte wie zuvor beschrieben ausgebildet ist und zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich und dem Strömungsfeld einen abgesenkten Übergangsbereich aufweist. Für die maximale Höhe h_{max} des Übergangsbereichs der ersten Separatorplatte und für die maximale Höhe h_1 der Leitstrukturen des Strömungsfeldes der ersten Separatorplatte gilt dann vorzugsweise: $h_{max} \leq 0{,}9 \cdot h_1$.

Ebenso ist es denkbar, dass zusätzlich zur ersten Separatorplatte der Bipolarplatte auch die zweite Separatorplatte der Bipolarplatte wie zuvor beschrieben ausgebildet ist. In diesem Fall umfasst dann also auch die zweite Separatorplatte der Bipolarplatte:

einen Verteil- oder Sammelbereich mit einer Vielzahl von Stegen und zwischen den Stegen ausgebildeten Kanälen, die jeweils in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung der Bipolarplatte sind;

ein Strömungsfeld, das über den Verteil- oder Sammelbereich der zweiten Separatorplatte in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung der Bipolarplatte ist und das Leitstrukturen zum Leiten eines Mediums durch das Strömungsfeld aufweist, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes der zweiten Separatorplatte eine senkrecht zur Planflächenebene der zweiten Separatorplatte bestimmte mittlere Höhe h_{12} haben; und

einen zusammenhängenden, abgesenkten Übergangsbereich, der derart zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich der zweiten Separatorplatte und dem Strömungsfeld der zweiten Separatorplatte angeordnet ist, dass für jeden der Kanäle des Verteil- oder Sammelbereichs der zweiten Separatorplatte gilt, dass von dem Kanal in das Strömungsfeld der zweiten Separatorplatte oder von dem Strömungsfeld der zweiten Separatorplatte in den Kanal strömendes Medium den Übergangsbereich der zweiten Separatorplatte durchströmt, wobei der Übergangsbereich der zweiten Separatorplatte eine senkrecht zur Planflächenebene der zweiten Separatorplatte oder der Bipolarplatte bestimmte maximale Höhe $h_{max,2}$ hat, wobei gilt: $h_{max,2} \leq 0{,}95 \cdot h_{12}$.

Für die maximale Höhe $h_{max,1}$ des Übergangsbereichs der ersten Separatorplatte und für die maximale Höhe h_{11} der Leitstrukturen des Strömungsfeldes der ersten Separatorplatte kann insbesondere auch gelten: $0{,}85\ h_{11} \leq h_{max,1} \leq 0{,}95 \cdot h_{11}$. Gleichzeitig kann dann für die maximale Höhe $h_{max,2}$ des Übergangsbereichs der zweiten Separatorplatte und für die maximale Höhe h_{12} der Leitstrukturen des Strömungsfeldes der zweiten Separatorplatte gelten: $0{,}85\ h_{12} \leq h_{max,2} \leq 0{,}95 \cdot h_{12}$.

Die erste Separatorplatte und die zweite Separatorplatte der Bipolarplatte können derart ausgebildet und zusammengefügt sein, dass sie einen Zwischenraum zur Kühlmittelführung einschließen. Die oben genannte Variation der Tiefe mindestens eines Kanals des Übergangsbereichs und/oder des Verteil- oder Sammelbereichs entlang oder quer zum Kanalverlauf kann insbesondere die Verteilung des Kühlmittels positiv beeinflussen. Prinzipiell kann eine solche Variation stetig oder stufenförmig erfolgen. Insbesondere kann der Boden eines Kanals quer zu seiner Erstreckungsrichtung schräg verlaufen.

Eine Verringerung der Tiefe eines Kanals resultiert in einer Vergrößerung des für die Kühlmittelführung zur Verfügung stehenden Raums.

Vorgeschlagen wird ferner ein elektrochemisches System, insbesondere ein Brennstoffzellensystem, ein elektrochemischer Kompressor, ein Elektrolyseur oder eine Redox-Flow-Batterie, mit einer Vielzahl von gestapelten Bipolarplatten der zuvor beschriebenen Art und mit einer Vielzahl von zwischen den gestapelten Bipolarplatten angeordneten MEA. Die MEA weisen jeweils einen aktiven Bereich mit einer ersten Dicke und einen verstärkten Bereich mit einer gegenüber der ersten Dicke vergrößerten zweiten Dicke auf. Die MEA und die Bipolarplatten sind derart angeordnet, dass der verstärkte Bereich der MEA jeweils im abgesenkten Übergangsbereich einer an die jeweilige MEA angrenzenden Bipolarplatte aufgenommen ist.

Typischerweise weisen die Membranelektrodeneinheiten im aktiven Bereich jeweils eine aus ein Ionomer und mindestens eine Katalysatorschicht umfassende Membranelektrode auf, vorzugsweise eine Membranelektrode und wenigstens eine Gasdiffusionslage (GDL). Im verstärkten Bereich können die Membranelektroden bzw. Kombinationen aus Membranelektroden und GDL(s) zusätzlich mindestens eine insbesondere rahmenförmige Verstärkungslage aufweisen, vorzugsweise mindestens eine Verstärkungslage und mindestens eine Klebeschicht. Die Klebeschicht kann dabei auch in die anderen Lagen eindringen. Üblicherweise bilden die Membranelektrode, die Gasdiffusionslage(n) und die Verstärkungslagen zusammen die Membranelektrodeneinheit (MEA).

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung ein elektrochemisches System mit einer Vielzahl von gestapelten Bipolarplatten und zwischen den Bipolarplatten angeordneten Membranelektrodeneinheiten;

Fig. 2 eine aus dem Stand der Technik bekannte Bipolarplatte in einer Draufsicht;

Fig. 3 in zwei Teilbildern jeweils ein Detail einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte in einer Draufsicht, wobei die Bipolarplatte einen Verteil- oder Sammelbereich mit Stegen und Kanälen, ein Strömungsfeld mit Stegen und Kanälen und einen zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich und dem Strömungsfeld angeordneten Übergangsbereich aufweist und wobei eine maximale Höhe des Übergangsbereiches gegenüber einer mittleren Höhe der Stege des Verteil- oder Sammelbereichs und gegenüber einer mittleren Höhe der Stege des Strömungsfeldes abgesenkt ist;

Fig. 4A ein Detail einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte mit einem abgesenkten Übergangsbereich in einer Draufsicht;

Fig. 4B eine Schnittdarstellung einer Einzelplatte der Bipolarplatte aus Fig. 4A entlang einer in Fig. 4A dargestellten Schnittlinie B-B;

Fig. 5 eine weitere Schnittdarstellung eines Abschnittes der Bipolarplatte;

Fig. 6 eine Schnittdarstellung durch ein erfindungsgemäßes elektrochemisches System entlang einer in Fig. 4A dargestellten Schnittlinie A-A;

Fig. 7 eine Schnittdarstellung durch ein erfindungsgemäßes elektrochemisches System gemäß einer weiteren Ausführungsform; sowie

Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch ein erfindungsgemäßes elektrochemisches System gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt ein elektrochemisches System 1 mit einem Stapel 2 mit einer Mehrzahl von baugleichen Bipolarplatten, die entlang einer z-Richtung 7 gestapelt und zwischen zwei Endplatten 3, 4 eingespannt sind. Die Bipolarplatten umfassen jeweils zwei miteinander verbundene Einzelplatten, in diesem Dokument auch Separatorplatten genannt. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich bei dem System 1 um einen Brennstoffzellenstapel. Je zwei benachbarte Bipolarplatten des Stapels 2 schließen also zwischen sich eine elektrochemische Zelle ein, die der Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie dient. Die elektrochemischen Zellen weisen z. B. jeweils eine Membranelektrodeneinheit (MEA) und Gasdiffusionslagen (GDL) auf. Bei alternativen Ausführungsformen kann das System 1 ebenso als Elektrolyseur, Kompressor oder als Redox-Flow-Batterie ausgebildet sein. Bei diesen elektrochemischen Systemen können ebenfalls Bipolarplatten verwendet werden. Der Aufbau dieser Bipolarplatten entspricht dem Aufbau der hier näher erläuterten Bipolarplatten, auch wenn sich die auf bzw. durch die Bipolarplatten geführten Medien unterscheiden können.

Die z-Achse 7 spannt zusammen mit einer x-Achse 8 und einer y-Achse 9 ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem auf. Die Endplatte 4 weist eine Vielzahl von Ports 5 auf, über die dem System 1 Medien zuführbar und über die Medien aus dem System 1 abführbar sind. Diese dem System 1 zuführbaren und aus dem System 1 abführbaren Medien können z. B. Brennstoffe wie molekularen Wasserstoff oder Methanol, Reaktionsgase wie Luft oder Sauerstoff, Reaktionsprodukte wie Wasserdampf oder Kühlmittel wie Wasser und/oder Glykol umfassen.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt einer aus dem Stand der Technik bekannten Bipolarplatte 10, die z. B. in einem elektrochemischen System nach der Art des Systems 1 aus Fig. 1 verwendbar ist. Hier und im Folgenden sind wiederkehrende Merkmale mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Die Bipolarplatte 10 ist aus zwei stoffschlüssig zusammengefügten Einzelplatten oder Separatorplatten 10a, 10b gebildet, von denen in Fig. 2 nur die erste Separatorplatte 10a sichtbar ist, die die zweite Separatorplatte 10b verdeckt. Die Separatorplatten 10a, 10b können jeweils aus einem Metallblech gefertigt sein, z. B. aus einem Edelstahlblech. Die Separatorplatten 10a, 10b weisen

miteinander fluchtende Durchgangsöffnungen auf, die Durchgangsöffnungen 11a, 11b, 11c der Bipolarplatte 10 bilden. Bei Stapelung einer Mehrzahl von Bipolarplatten von der Art der Bipolarplatte 10 bilden die Durchgangsöffnungen 11a-c Leitungen, die sich in der Stapelrichtung 7 durch den Stapel 2 erstrecken (siehe Fig. 1). Typischerweise ist jede der durch die Durchgangsöffnungen 11a-c gebildeten Leitungen jeweils in Fluidverbindung mit einem der Ports 5 in der Endplatte 4 des Systems 1. Beispielsweise dienen die von den Durchgangsöffnungen 11a, 11b gebildeten Leitungen der Versorgung der elektrochemischen Zellen des Brennstoffzellenstapels 2 mit Brennstoff und mit Reaktionsgas. Über die von der Durchgangsöffnung 11c gebildete Leitung dagegen kann Kühlmittel in den Stapel 2 eingeleitet oder aus dem Stapel 2 abgeleitet werden.

Zum Abdichten der Durchgangsöffnungen 11a-c gegenüber dem Inneren des Stapels 2 und gegenüber der Umgebung weist die erste Separatorplatte 10a Sicken 12a, 12b, 12c auf, die jeweils um die Durchgangsöffnungen 11a-c herum angeordnet sind und die die Durchgangsöffnungen 11a-c jeweils vollständig umschließen. Die zweite Separatorplatte 10b weist an der vom Betrachter der Fig. 2 abgewandten Rückseite der Bipolarplatte 10 entsprechende Sicken zum Abdichten der Durchgangsöffnungen 11a-c auf (nicht gezeigt).

In einem elektrochemisch aktiven Bereich 13 der Bipolarplatte 10 weist die erste Separatorplatte 10a an ihrer dem Betrachter der Fig. 2 zugewandten Vorderseite ein Strömungsfeld 17 mit einer Vielzahl von Stegen 14, 15a und zwischen den Stegen 14, 15a verlaufenden und durch die Stege 14, 15a begrenzten Kanälen 16 auf. In Fig. 2 ist nur ein Ausschnitt des aktiven Bereichs 13 an der Vorderseite der Bipolarplatte 10 gezeigt. An der dem Betrachter der Fig. 2 zugewandten Vorderseite der Bipolarplatte 10 weist die erste Separatorplatte 10a zudem einen Verteil- oder Sammelbereich 20 auf, der Stege 15b und zwischen den Stegen 15b verlaufende und durch die Stege 15b begrenzte Kanäle 18 umfasst. Die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 sind dabei Fortführungen der Stege 15a des Strömungsfeldes 17. D. h., die Stege 15a des Strömungsfeldes 17 gehen in die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 über. Der Übersichtlichkeit halber sind in Fig. 2 nur einige der Stege 14, 15a, 15b und der Kanäle 16, 18 mit Bezugszeichen bezeichnet.

Die Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 der ersten Separatorplatte 10a sind über Durchführungen 13a durch die Sicke 12a in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung 11a bzw. mit der von der Durchgangsöffnung 11a gebildeten Leitung durch den Stapel 2. Wiederum der Übersichtlichkeit halber sind in Fig. 2 nur einige der Durchführungen 13a durch die Sicke 12a mit Bezugszeichen bezeichnet. Ebenso sind die Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 in Fluidverbindung mit den Kanälen 16 des Strömungsfeldes 17. So kann ein durch die Durchgangsöffnung 11a geführtes Medium über die Durchführungen 13a in der Sicke 12a und über die Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 in die Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17 im aktiven Bereich 13 der Bipolarplatte 10 geführt werden.

Die Durchgangsöffnung 11b bzw. die die von der Durchgangsöffnung 11b gebildete Leitung durch den Stapel 2 ist in entsprechender Weise in Fluidverbindung mit einem Verteil- oder Sammelbereich 20 und über diesen mit einem Strömungsfeld an der vom Betrachter der Fig. 2 abgewandten Rückseite der Bipolarplatte 10. Die Durchgangsöffnung 11c dagegen bzw. die von der Durchgangsöffnung 11c gebildete Leitung durch den Stapel 2 ist in Fluidverbindung mit einem von den Separatorplatten 10a, 10b eingeschlossenen oder umschlossenen Zwischenraum 22, der zum Führen eines Kühlmittels durch die Bipolarplatte 10 ausgebildet ist.

Schließlich weist die erste Separatorplatte 10a noch eine weitere Sicke 12d auf, die das Strömungsfeld 17, den Verteil- oder Sammelbereich 20 und die Durchgangsöffnungen 11a, 11b umläuft und diese, d.h. die Gasräume, gegenüber der Durchgangsöffnung 11c, d. h. gegenüber dem Kühlmittelkreislauf, und gegenüber der Umgebung des Systems 1 abdichtet. Die Stege 14, 15a, 15b und die Sicken 12a-d sind einteilig mit der Separatorplatte 10a ausgebildet und in die Separatorplatte 10a eingeformt, z. B. in einem Präge- oder Tiefziehprozess.

In Fig. 2 ist ferner ein rechteckiger Randbereich 19 des Strömungsfeldes 17 hervorgehoben, der an einem dem Verteil- oder Sammelbereich 20 zugewandten Ende des Strömungsfeldes 17 angeordnet ist und sich in Längsrich-

tung über das gesamte Strömungsfeld 17 erstreckt, hier quer zum Verlauf der Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17. Im Stapel 2 des Systems 1 dient dieser Randbereich 19 jeweils der Aufnahme eines verstärkten Bereichs der Membranelektrodeneinheiten (MEA), die jeweils zwischen zwei benachbarten Bipolarplatten 10 des Stapels 2 angeordnet sind. Die MEA sind hier nicht sichtbar. Aus diesem Grund ist der Randbereich 19 des Strömungsfelds mit einer Begrenzungslinie hervorgehoben und gekennzeichnet. Bei den bekannten Bipolarplatten 10 kommt es in diesem Randbereich 19 des Strömungsfeldes 17 daher gewöhnlich zu einer verstärkten Verpressung der hier nicht sichtbaren MEA, der Stege 15a und zu einer Verkleinerung des Strömungsquerschnitts der Kanäle 16. Dies kann z. B. einen unerwünscht starken Druckabfall zwischen den Kanälen 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 und den Kanälen 16 des Strömungsfeldes 17 zur Folge haben.

Die vorliegende Erfindung betrifft vorrangig eine Verbesserung, mit der die Nachteile, die mit der oben beschriebenen verstärkten Verpressung der bekannten Separatorplatte 10a oder Bipolarplatte 10 oder der MEA im Randbereich 19 des Strömungsfeldes 17 verbunden sein können, verringert oder beseitigt werden sollen.

Fig. 3 zeigt in zwei Teilbildern je einen Ausschnitt einer entsprechend verbesserten erfindungsgemäßen Separatorplatte 100a in einer Draufsicht. Die Separatorplatte 100a ist hier jeweils eine von zwei Einzelplatten einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte 100. Wie die bekannte Separatorplatte 10a ist auch die Separatorplatte 100a aus einem Metallblech gebildet, z. B. aus einem Edelstahlblech geprägt oder tiefgezogen. Dieses Metallblech kann z. B. eine Dicke von höchstens 150 µm, vorzugsweise von höchstens 100 µm, vorzugsweise von höchstens 90 µm, besonders vorzugsweise von höchstens 80 µm haben.

Fig. 3A zeigt insbesondere ein Strömungsfeld 17 und einen Verteil- oder Sammelbereich 20 der Separatorplatte 100a. Wie zuvor sind wiederkehrende Merkmale mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Das Strömungsfeld 17 weist eine Vielzahl von Stegen 14a', 14b, 15a und zwischen diesen Stegen angeordnete und durch diese Stege begrenzte Kanäle 16 auf. Der Verteil- oder

Sammelbereich 20 umfasst Stege 15b und zwischen den Stegen 15b angeordnete und durch diese Stege 15b begrenzte Kanäle 18. Die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 sind Fortführungen der Stege 15a des Strömungsfeldes 17 (oder umgekehrt). D. h., die Stege 15a des Strömungsfeldes 17 gehen kontinuierlich in die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereiches 20 über. Wie bei der in Fig. 2 gezeigten und aus dem Stand der Technik bekannten Separatorplatte 10a sind die Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 der Separatorplatte 100a z. B. in Fluidverbindung mit einer Durchgangsöffnung 11a der Separatorplatte 100a bzw. der Bipolarplatte 100 (in Fig. 3A nicht gezeigt), und die Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17 der Separatorplatte 100a sind in Fluidverbindung mit den Kanälen 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 18 der Separatorplatte 100a. Die Stege 14a', 14b, 15a sind im Bereich des Strömungsfeldes 17 parallel zueinander ausgerichtet. Ebenso sind die Stege 15b im Bereich des Verteil- oder Sammelbereichs 20 parallel zueinander ausgerichtet. In Fig. 3A schließt eine Verlaufsrichtung der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 mit einer Verlaufsrichtung der Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 einen Winkel α von ca. 70 Grad ein.

Gegenüber der bekannten Separatorplatte 10a gemäß Fig. 2 weist die erfindungsgemäße Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3A zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich 20 und dem Strömungsfeld 17 einen zusammenhängenden Übergangsbereich 21 auf. Die Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17 sind über den zusammenhängenden Übergangsbereich 21 in Fluidverbindung mit den Kanälen 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20. Wie insbesondere anhand der Figuren 4 und 6-8 näher erläutert wird, zeichnet sich der zusammenhängende Übergangsbereich 21 dadurch aus, dass seine maximale Höhe h_{max} gegenüber einer mittleren Höhe h_1 der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 abgesenkt ist. Hier ist die maximale Höhe h_{max} des Übergangsbereichs 21 zusätzlich gegenüber einer mittleren Höhe h_2 der Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 abgesenkt.

Die mittlere Höhe h_1 bezeichnet dabei die mittlere maximale Höhe der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17, die jeweils entlang eines Daches oder Scheitels der Stege 14a', 14b, 15a bestimmt wird. Ebenso bezeichnet die mitt-

lere Höhe h_2 die mittlere maximale Höhe der Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereiches 20, die jeweils entlang eines Daches oder Scheitels der Stege 15b bestimmt wird. Die Höhen h_{max}, h_1 und h_2 bezeichnen jeweils den senkrecht zur Planflächenebene der Separatorplatte 100a bestimmten Abstand zur Planflächenebene der Separatorplatte 100a. Die Planflächenebene der Separatorplatte 100a ist z. B. durch einen Rand der Separatorplatte 100a oder durch diejenigen ebenen Bereiche des Metallbleches, aus dem die Separatorplatte 100a gebildet ist, gegeben, die nicht infolge des oben beschriebenen Präge- oder Tiefziehprozesses zur Bildung der Stege 14a', 14b, 15a, 15b und der Sicken 12a-d verformt sind. Für die Höhen h_{max} und h_1 gilt typischerweise: $0{,}75 \cdot h_1 \leq h_{max} \leq 0{,}95 \cdot h_1$. Und für die Höhen h_{max} und h_2 gilt typischerweise: $0{,}5 \cdot h_2 \leq h_{max} \leq 0{,}75 \cdot h_2$.

Abweichend vom Randbereich 19 des Strömungsfeldes 17 der bekannten Separatorplatte 10a gemäß Fig. 2 dient der zusammenhängende und abgesenkte Übergangsbereich 21 der erfindungsgemäßen Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3A nicht nur zur Anlage sondern auch zur Aufnahme eines verstärkten Bereichs einer MEA, die im Stapel 2 zwischen benachbarten Separatorplatten von der Art der Separatorplatte 100a oder zwischen benachbarten Bipolarplatten von der Art der Bipolarplatte 100 angeordnet ist. Durch die Absenkung im Übergangsbereich 21 erfährt die Separatorplatte 100a bzw. die Bipolarplatte 100 ebenso wie die MEA gegenüber der bekannten Separatorplatte 10a bzw. gegenüber der bekannten Bipolarplatte 10 im Stapel 2 dann eine geringere Verpressung.

In Fig. 3A ist deutlich zu erkennen, dass die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 jeweils kontinuierlich in ihre Fortführungen 15a im Strömungsfeld 17 übergehen. Dabei ist der kontinuierliche Übergang der Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 in die Stege 15a des Strömungsfeldes 17 durch Stegabschnitte 15c im Übergangsbereich 21 gegeben, wobei die maximale Höhe h_{max} der Stegabschnitte 15c im Übergangsbereich 21 gegenüber der maximalen Höhe h_1 der Stege 15a des Strömungsfeldes 17 und gegenüber der maximalen Höhe h_2 der Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs jeweils wie zuvor beschrieben abgesenkt ist. Da die Stegabschnitte 15c eine Verbindung zwischen Stegen 15a und 15b herstellen, deren Verlaufsrich-

tungen relativ zueinander angewinkelt sind, haben die Stegabschnitte 15c im Übergangsbereich 21 einen bogenförmigen Verlauf.

Fig. 3A ist weiter entnehmbar, dass es sich bei jedem vierten der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 um einen der Stege 15a handelt, die sich vom Strömungsfeld 17 kommend in Gestalt der Stegabschnitte 15c in den Übergangsbereich 21 hinein und vollständig durch den Übergangsbereich 21 hindurch erstrecken. Zwischen den Stegen 15a sind im Strömungsfeld 17 weitere Stege 14a', 14b angeordnet. Bei jedem zweiten der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 handelt es sich dabei um einen der Stege 14a', die sich nicht bzw. nur über eine Länge im Bereich ihrer Breite in den Übergangsbereich 21 hinein erstrecken. Und wiederum bei jedem vierten der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 handelt es sich um einen der Stege 14b, die kontinuierlich in abgesenkte Stegabschnitte 14c des Übergangsbereichs 21 übergehen. Die Stege 14b des Strömungsfeldes 17 reichen also in Gestalt der abgesenkten Stegabschnitte 14c wenigstens teilweise in den abgesenkten Übergangsbereich 21 hinein. Im Gegensatz zu den Stegabschnitten 15c des Übergangsbereichs 21 gehen die Stegabschnitte 14c des Übergangsbereichs 21 jedoch nicht in Stege des Verteil- oder Sammelbereichs 20 über, sondern enden am Übergang zwischen dem Übergangsbereich 21 und dem Verteil- oder Sammelbereich 20.

Die Stegabschnitte 14c, 15c sind im Übergangsbereich 21 abwechselnd angeordnet, so dass zwischen zwei Stegabschnitten 15c, die sich durch den Übergangsbereich 21 hindurch erstrecken und die beiderseits des Übergangsbereichs 21 kontinuierlich in die Stege 15a des Strömungsfeldes 17 und in die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 übergehen, jeweils einer der Stegabschnitte 14c angeordnet ist. Die Stegabschnitte 14c, 15c des Übergangsbereichs 21 haben dabei jeweils dieselbe maximale Höhe h_{max}. Dies gewährleistet beim Verpressen im Stapel 2 z. B. einen gleichmäßigen Krafteintrag in die Stegabschnitte 14c, 15c des Übergangsbereichs 21, wenn der verstärkte Bereich der Membranelektrodeneinheit, zu deren Aufnahme der abgesenkte Übergangsbereich 21 dient, entlang seines Verlaufs eine im Wesentlichen konstante Dicke hat.

Zwischen den abgesenkten Stegabschnitten 14c, 15c des Übergangsbereichs 21 sind im Übergangsbereich 21 Kanäle 23 ausgebildet, die durch die Stegabschnitte 14c, 15c begrenzt werden. Zwischen zwei benachbarten Stegen 15a des Strömungsfeldes 17, die in Gestalt der Stegabschnitte 15c im Übergangsbereich 21 in die Stege 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 übergehen, sind im Bereich des Strömungsfeldes 17 je drei weitere Stege angeordnet, nämlich jeweils zwei der Stege 14a', die kaum in den Übergangsbereich 21 hineinreichen, und einer der Stege 14b, die in Gestalt der Stegabschnitte 14c in den Übergangsbereich 21 hineinreichen. Im Übergangsbereich 21 ist zwischen zwei benachbarten Stegabschnitten 15c nur noch je ein weiterer Stegabschnitt 14c angeordnet. Und im Verteil- oder Sammelbereich 20 sind zwischen zwei benachbarten Stegen 15b keine weiteren Stege angeordnet.

Mit anderen Worten gilt bei der Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3A für die Anzahl n_S der Stege im Strömungsfeld 17, für die Anzahl n_U der Stege im Übergangsbereich 21 und für die Anzahl n_{VS} der Stege im Verteil- oder Sammelbereich 21: $n_S = 2 \cdot n_U$ und $n_U = 2 \cdot n_{VS}$. D. h., die Gesamtzahl der Stege 14a', 14b, 15a im Strömungsfeld 17 ist größer als die Gesamtzahl der Stege oder Stegabschnitte 14c, 15c im Übergangsbereich 21, und die Gesamtzahl der Stege oder Stegabschnitte 14c, 15c im Übergangsbereich 21 ist größer als die Gesamtzahl der Stege 15b im Verteil- oder Sammelbereich 20. Insbesondere gehen damit je zwei der Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17 in einen der Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 über, und je zwei der Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 gehen in einen der Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 über.

Entsprechend sind die Abstände unmittelbar benachbarter Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 und die Abstände unmittelbar benachbarter Stege oder Stegabschnitte 14c, 15c des Übergangsbereichs 21 in dem Bereich, in dem die Stege 14a' enden, jeweils unterschiedlich. Entsprechend sind auch die Breiten der Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17 und die Breiten der Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 in dem Bereich, in dem die Stege 14a' enden, jeweils unterschiedlich. So sind die Breiten der Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 größer als die Breiten der Kanäle 16 des Strömungsfeldes 17. Insbesondere ist der Gesamtströmungsquerschnitt aller Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 größer als der Gesamtströmungsquerschnitt aller Kanäle 16 des

Strömungsfeldes 17. Dies hat vorteilhaft zur Folge, dass bei der Separatorplatte 100a zwischen den Kanälen 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 und den Kanälen 16 des Strömungsfeldes 17 kein signifikanter Druckabfall erfolgt oder dass ein solcher Druckabfall jedenfalls wesentlich geringer ist als bei der bekannten Separatorplatte 10a gemäß Fig. 2.

Weiter wird aus Fig. 3A deutlich, dass sich die Breite der Kanäle 23 im Übergangsbereich 21 vom Verteil- oder Sammelbereich 20 bis zum Strömungsfeld 17 ändert. Ebenso ändert sich die Erstreckungsrichtung der Kanäle 23 und Stege 14c, 15c. Hierdurch lässt sich eine gezielte Lenkung der Gasströme vom Verteil- oder Sammelbereich 20 zum Strömungsfeld 17 erzielen, so dass die Gase möglichst gleichmäßig auf die Kanäle 16 des Strömungsfelds 17 verteilt werden können.

Wie der Randbereich 19 der bekannten Separatorplatte 10a gemäß Fig. 2 hat der Übergangsbereich 21 der Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3A z. B. eine rechteckige Form und erstreckt sich in seiner Längsrichtung, d. h. quer zur Verlaufsrichtung der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17, entlang der gesamten Ausdehnung des Strömungsfeldes 17. Eine parallel zur Verlaufsrichtung der Stege 14a', 14b, 15a des Strömungsfeldes 17 bestimmte Breite des Übergangsbereichs 21 entspricht z. B. wenigstens dem Doppelten oder wenigstens dem Dreifachen des Abstandes zweier unmittelbar benachbarter Stege des Strömungsfeldes 17.

Fig. 3B zeigt für eine alternative erfindungsgemäße Separatorplatte 100a einen Ausschnitt in Draufsicht, nämlich einen Abschnitt des Strömungsfeldes 17, einen Abschnitt des Übergangsbereichs 21 sowie einen Abschnitt des Verteil- oder Sammelbereichs 20. Das Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom vorhergehenden der Fig. 3A einerseits dadurch, dass die Stege 14a anders als die Stege 14a' an der Trennlinie zwischen Strömungsfeld 17 und Übergangsbereich 21 enden. Anders als in Fig. 3A ist hier einer von sechs einander benachbarten Stegen 14a, 14b, 15a als in den Verteil- oder Sammelbereich sich fortsetzender Steg 15a ausgebildet, zwei von sechs Stegen 14a, 14b, 15a enden im Übergangsbereich 21. Die Gruppe dieser Stege umfasst Stege unterschiedlicher Länge, nämlich Stege 14c', die nur über ein kurzes Stück in den

Übergangsbereich hineinragen, und Stege 14c, die eine etwas größere Erstreckung im Übergangsbereich 21 aufweisen. Wiederum jeder zweite der Stege 14a, 14b, 15a, nämlich der Steg 14a, verläuft nur im Strömungsfeld 17.

Andererseits ändert sich der Winkel α zwischen den Stegen 15a des Strömungsfeldes 17 und den Stegen 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 innerhalb des gezeigten Ausschnitts. Der Winkel α_1 ist größer als der Winkel α_2. Auch ändert sich die Breite der Kanäle 18 im gezeigten Ausschnitt. Sämtliche Kanäle 18 verbreitern sich von rechts oben nach links unten, d.h. in Richtung des Strömungsfeldes 17. Zudem weisen die weiter oben verlaufenden Kanäle 18 eine größere Breite auf als die weiter unten verlaufenden Kanäle 18. Sowohl die Winkeländerung als auch die Breitenänderung der Kanäle ermöglicht es, von einer hier nicht dargestellten, rechts oberhalb des dargestellten Ausschnitts liegenden Durchgangsöffnung Medium möglichst effizient auf ein Strömungsfeld 17 zu verteilen.

Fig. 4A zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Separatorplatte 200a, die eine Einzelplatte einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte 200 ist. Eine weitere Separatorplatte 200b der Bipolarplatte 200, die mit der Separatorplatte 200a stoffschlüssig verbunden ist, ist in Fig. 4A durch die Separatorplatte 200a verdeckt. Bei der Separatorplatte 200a gemäß Fig. 4A handelt es sich um eine abgewandelte Ausführungsform der Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3, der Ausschnitt ist funktionell etwa dem mit einer gestrichelten Linie gekennzeichneten Ausschnitt C der Separatorplatte 10a gemäß Fig. 2 vergleichbar. Auch die Separatorplatte 200a gemäß Fig. 4A hat einen Übergangsbereich 21, der zwischen dem Strömungsfeld 17 und dem Verteil- oder Sammelbereich 20 angeordnet ist und dessen maximale Höhe h_{max} gegenüber der mittleren Höhe h_1 der Stege des Strömungsfeldes 17 und gegenüber der mittleren Höhe h_2 der Stege des Verteil- oder Sammelbereichs 20 wie zuvor in Bezug auf die Separatorplatte 100a beschrieben abgesenkt ist. Für die Höhen h_{max}, h_1 und h_2 kann also auch bei der Separatorplatte 200a gelten: $0{,}75 \cdot h_1 \leq h_{max} \leq 0{,}95 \cdot h_1$ und $0{,}5 \cdot h_2 \leq h_{max} \leq 0{,}75 \cdot h_2$.

Die Separatorplatte 200a gemäß Fig. 4A unterscheidet sich von der Separatorplatte 100a gemäß Fig. 3 dadurch, dass im Übergangsbereich 21

zwischen zwei benachbarten Stegen oder Stegabschnitten 15c, die sich vollständig durch den Übergangsbereich 21 hindurch erstrecken, je zwei Stege oder Stegabschnitte 14c angeordnet sind, die nur teilweise in den Übergangsbereich 21 hineinreichen oder die am Übergang zwischen dem Übergangsbereich 21 und dem Verteil- oder Sammelbereich 20 auslaufen.

Fig. 4B zeigt eine Schnittdarstellung der Separatorplatte 200a aus Fig. 4A, die einer in Fig. 4A eingezeichneten, geraden Schnittlinie 24 (B-B) folgt. Die Schnittlinie 24 erstreckt sich teilweise durch den Verteil- oder Sammelbereich 20 und schließt mit den geraden Stegen 15b und Kanälen 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 einen Winkel von ca. 60 Grad ein. Die Schnittebene ist dabei senkrecht zur Planflächenebene der Separatorplatte 200a ausgerichtet.

Die Schnittdarstellung der Fig. 4B zeigt, dass wenigstens einer der Kanäle 18 des Verteil- oder Sammelbereichs 20 zur Beeinflussung der Strömungsrichtung des Mediums durch diesen Kanal 18 in einem mit 24 bezeichneten Bereich eine variierende Tiefe hat, wobei die Tiefe des Kanals 18 senkrecht zur Planflächenebene der Separatorplatte 200a bestimmt wird. Sie entspricht damit dem Abstand von der Berührebene E, in der die gezeigte Separatorplatte im verbauten Zustand auf einer benachbarten Separatorplatte zu liegen kommt. Gleichzeitig beeinflusst die variierende Tiefe des Kanals 18 im Bereich 24 damit auch eine Strömungsrichtung eines Kühlmittels in oder durch den Zwischenraum 22 an der vom Betrachter der Fig. 4A abgewandten Rückseite der Separatorplatte 200a. Die Tiefe des Kanals 18 kann im Bereich 24 entlang des Verlaufs des Kanals 18 und/oder quer zum Verlauf des Kanals 18 variieren. In ganz analoger Weise kann auch die Tiefe wenigstens eines der Kanäle 23 des Übergangsbereichs 21 entlang einer Strömungsrichtung eines Mediums durch den Übergangsbereichs 21 und/oder quer zur Strömungsrichtung des Mediums durch den Übergangsbereich 21 variieren.

Fig. 5 illustriert einen Schnitt, der dem in Fig. 4B dargestellten Schnitt ähnlich ist, wobei jedoch ein Abschnitt mit vier Stegen 15b dargestellt ist. Hier sind die Tiefen der Kanäle weiter variiert, so dass die Kanaltiefe der Kanäle 18‘ und insbesondere 18‘‘ wesentlich geringer ist als diejenige des Kanals 18. Hier-

durch wird auf der Rückseite, d.h. der der Ebene E zugewandten Seite der Separatorplatte 200a mehr Platz für den dort im verbauten Zustand verlaufenden kühlmittelführenden Zwischenraum 22 geschaffen. Zudem verlaufen die Böden der Kanäle 18‘, 18‘‘ schräg relativ zur Ebene E, was eine gezielte Führung von Kühlmittel aber auch von in den Kanälen 18‘, 18‘‘ geführten Medien erlaubt, so dass ein möglichst geringer Druckabfall resultiert. Auch parallel zur Ebene E versetzte Kanalböden sind grundsätzlich möglich.

In Fig. 4A ist weiterhin eine Schnittlinie 25 (A-A) hervorgehoben, die sich jeweils teilweise durch das Strömungsfeld 17, den abgesenkten Übergangsbereich 21 und den Verteil- oder Sammelbereich 20 erstreckt, wobei die Schnittlinie 25 jeweils wenigstens abschnittweise quer zu den Stegen und Kanälen des Strömungsfeldes 17, des Übergangsbereichs 21 und des Verteil- oder Sammelbereichs 20 verläuft.

Fig. 6 zeigt eine Schnittdarstellung eines Abschnitts des Stapels 2 eines erfindungsgemäßen elektrochemischen Systems 1, z. B. des Systems 1 aus Fig. 1. Der Stapel 2 umfasst eine Mehrzahl von baugleichen Bipolarplatten 200 nach der Art der Bipolarplatte 200 gemäß der Fig. 4. Die Schnittebene ist senkrecht zu den Planflächenebenen der Bipolarplatten 200 bzw. der Separatorplatten 200a, 200b ausgerichtet und folgt der in Fig. 4A hervorgehobenen Schnittlinie 25, d.h. der Linie A-A. Hervorgehoben sind insbesondere die Strömungsfelder 17, die Übergangsbereiche 21 und die Verteil- oder Sammelbereiche 20 der Separatorplatten 200a.

Zwischen zwei benachbarten Bipolarplatten 200 des Stapels 2 ist jeweils ein Membranverbund 29 angeordnet, der jeweils eine ein Ionomer und mindestens eine Katalysatorschicht umfassende Membranelektrode 26, beiderseits der Membranelektrode 26 angeordnete Gasdiffusionslagen 27 sowie beiderseits der Membranelektrode 26 angeordnete Verstärkungslagen 28 aufweist. Die Membranelektrode 26, die Gasdiffusionslage(n) 27 und die Verstärkungslagen 28 bilden zusammen die Membranelektrodeneinheit (MEA) 39. Nur der Übersichtlichkeit halber zeigt Fig. 6 den Stapel 2 in einem Zustand, in dem die Bipolarplatten 200 und die Membranverbünde 29 entlang der z-Richtung 7, d.

h. senkrecht zu den Planflächenebenen der Bipolarplatten 200 bzw. der Separatorplatten 200a, 200b, nicht vollständig verpresst sind.

Die Membranverbünde 29 umfassen im Bereich des Strömungsfeldes 17, d. h. im elektrochemisch aktiven Bereich der Bipolarplatten 200, jeweils nur die Membranelektrode 26 und die beiderseits der Membranelektrode angeordneten Gasdiffusionslagen 27. Das Membranelektrode 26 weist dabei, wie bereits eingangs genannt beidseitig eine Katalysatorbeschichtung auf. Im Bereich des Verteil- oder Sammelbereichs 20 umfassen die Membranverbünde 29 jeweils nur die Membranelektrode 26 und die beiderseits der Membranelektrode angeordneten Verstärkungsschichten 28. Nur im Übergangsbereich 21 der Separatorplatten 200a haben die Membranverbünde 29 jeweils einen verstärkten Bereich 30, der jeweils die Membranelektrode 26, die beiderseits der Membranelektrode 26 angeordneten Verstärkungsschichten 28 und die beiderseits der Membranelektrode 26 und beiderseits der Verstärkungsschichten 28 angeordneten Gasdiffusionslagen 27 umfasst. Typischerweise bildet der verstärkte Bereich des Membranverbundes 29 einen Rand des Membranverbundes 29. In diesem verstärkten Bereich 30 haben die Membranverbünde 29 eine vergrößerte Dicke, die entlang der Stapelrichtung bzw. entlang der z-Richtung 7 bestimmt wird. Beispielsweise kann die Dicke der Membranverbünde 29 im verstärkten Bereich 30 gegenüber dem aktiven Bereich jeweils um wenigstens 10 Prozent oder um wenigstens 25 Prozent vergrößert sein.

In Fig. 6 ist zu erkennen, dass jeweils nur die erste Separatorplatte 200a der Bipolarplatten 200 einen zusammenhängenden Übergangsbereich 21 aufweist, dessen maximale Höhe h_{max} gegenüber der mittleren Höhe h_1 der Stege des Strömungsfeldes und gegenüber der mittleren Höhe h_2 der Stege des Verteil- oder Sammelbereichs 20 wie zuvor beschrieben abgesenkt ist. Der entsprechende Bereich der zweiten Separatorplatten 200b ist bei der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform der Bipolarplatten 200 wenigstens gegenüber dem Strömungsfeld 17 nicht abgesenkt.

Der verstärkte Bereich 30 der Membranverbünde ist jedoch jeweils wenigstens zu einer Seite hin (in Fig. 6 jeweils an der Unterseite) in dem abgesenkten

Übergangsbereich 21 der jeweils angrenzenden Separatorplatte 200a aufgenommen. Bei der Verpressung des Stapels 2 entlang der z-Richtung 7 kommt es bei den erfindungsgemäßen Separatorplatten 200 gemäß Fig. 6 daher zu einer wesentlich geringeren Verpressung der Membranelektrodeneinheit und einer geringeren Verformung der Stege des Übergangsbereichs 21, als dies bei den bekannten Separatorplatten 100 gemäß Fig. 2 im Bereich 19 der Fall ist. Wie oben beschrieben hat das erfindungsgemäße System 1 mit den Bipolarplatten 200 gemäß Fig. 6 im Übergangsbereich 21, wo jeweils der verstärkte Bereich 30 der Membranverbünde 29 aufgenommen ist, selbst im verpressten Zustand einen Strömungsquerschnitt, der gegenüber dem Strömungsquerschnitt bekannter Systeme im Bereich 19 (siehe Fig. 2) deutlich vergrößert ist, so dass ein unerwünschter Druckabfall in diesem Bereich bei dem erfindungsgemäßen System stark verringert oder vollständig unterbunden werden kann. Auch bei dem erfindungsgemäßen System 1 gemäß Fig. 6 kann die Dickenzunahme der Membranverbünde 29 im verstärkten Bereich 30 jedoch ggf. geringfügig größer ausfallen als die Höhenreduktion in den Übergangsbereichen 21 der Separatorplatten 200a.

Fig. 7 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektrochemischen Systems 1 gemäß Fig. 6, und zwar wiederum in der bereits in Fig. 6 gezeigten Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie 25 in Fig. 5. Das System 1 gemäß Fig. 7 umfasst wiederum eine Mehrzahl gestapelter Bipolarplatten 200 und zwischen den Bipolarplatten 200 angeordnete Membranverbünde 29, wobei ein verstärkter Bereich 30 der Membranverbünde 29 jeweils im abgesenkten Übergangsbereich 21 einer an den jeweiligen Membranverbund 29 angrenzenden Separatorplatte 200a, 200b aufgenommen ist.

Von der Ausführungsform des Systems 1 gemäß Fig. 6 unterscheidet sich die Ausführungsform des Systems 1 gemäß Fig. 7 lediglich dadurch, dass in Fig. 7 auch die zweite Separatorplatte 200b der Bipolarplatten 200 jeweils entsprechend der ersten Separatorplatte 200a ausgebildet ist und einen wie oben beschrieben gegenüber dem Strömungsfeld 17 und/oder gegenüber dem Verteil- oder Sammelbereich 20 abgesenkten Übergangsbereich 21 aufweist.

Fig. 8 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektrochemischen Systems 1 gemäß Fig. 7, und zwar wiederum in der bereits in Fig. 6 gezeigten Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie 25 in Fig. 5. Das System 1 gemäß Fig. 8 umfasst wiederum eine Mehrzahl gestapelter Bipolarplatten 200 und zwischen den Bipolarplatten 200 angeordnete Membranverbünde 29, wobei ein verstärkter Bereich 30 der Membranverbünde 29 jeweils im abgesenkten Übergangsbereich 21 einer an den jeweiligen Membranverbund 29 angrenzenden Separatorplatte 200a, 200b aufgenommen ist.

Von der Ausführungsform des Systems 1 gemäß Fig. 7 unterscheidet sich die Ausführungsform des Systems 1 gemäß Fig. 8 lediglich dadurch, dass in Fig. 8 die Gasdiffusionslagen 27 parallel zur Planflächenebene der Bipolarplatten 200 bzw. der Separatorplatten 200a, 200b von den Stegen 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 beabstandet sind und nicht an die Stege 15b heranreichen. Beispielsweise kann der Abstand der Gasdiffusionslagen 27 von den Stegen 15b im Wesentlichen einer Kanalbreite 18 entsprechen. Auf diese Weise entsteht zwischen den Gasdiffusionslagen 27 und den Stegen 15b des Verteil- oder Sammelbereichs 20 jeweils ein Volumen 31 zur Aufnahme und zum Abtransport von Kondenswasser.

Patentansprüche

1. Separatorplatte (100a) für ein elektrochemisches System (1), umfassend:

wenigstens eine erste Durchgangsöffnung (11a) in der Platte zum Durchleiten eines Mediums durch die Platte;

einen Verteil- oder Sammelbereich (20) mit einer Vielzahl von Stegen (15b) und zwischen den Stegen ausgebildeten Kanälen (18), die jeweils in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung (11a) sind;

ein Strömungsfeld (17), das über den Verteil- oder Sammelbereich (20) in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung (11a) ist und das Leitstrukturen zum Leiten eines Mediums durch das Strömungsfeld (17) aufweist, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte mittlere Höhe h_1 haben; und

einen zusammenhängenden, abgesenkten Übergangsbereich (21), der derart zwischen dem Verteil- oder Sammelbereich (20) und dem Strömungsfeld (17) angeordnet ist, dass für jeden der Kanäle (18) des Verteil- oder Sammelbereichs (20) gilt, dass von dem Kanal (18) in das Strömungsfeld (17) oder von dem Strömungsfeld (17) in den Kanal (18) strömendes Medium den Übergangsbereich (21) durchströmt, wobei der Übergangsbereich (21) eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte maximale Höhe h_{max} hat;

wobei gilt: $h_{max} \leq 0{,}95 \cdot h_1$.

2. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 1, wobei die Stege (15b) des Verteil- oder Sammelbereichs (20) eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte mittlere Höhe h_2 haben, wobei gilt: $h_{max} \leq 0{,}9 \cdot h_2$.

3. Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der abgesenkte Übergangsbereich (21) quer zur Strömungsrichtung des Mediums durch den Übergangsbereich (21) oder im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des Mediums durch den Übergangsbereich (21) einen geraden Verlauf hat.

4. Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) Stege (14b, 15a) umfassen, die sich wenigstens teilweise in den Übergangsbereich (21) hinein erstrecken.

5. Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) eine Vielzahl von Stegen (14a', 14b, 15a) und zwischen den Stegen ausgebildete Kanäle (16) umfassen.

6. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Stege (15b) des Verteil- oder Sammelbereichs (20) in Stege (15a) des Strömungsfeldes (17) übergehen, sich als Stege (15c) durch den Übergangsbereich (21) hindurch erstrecken und im Übergangsbereich (21) abgesenkt sind.

7. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 6, wobei zwischen den aus dem Strömungsfeld (17) in den Verteil- oder Sammelbereich (20) übergehenden Stegen (15a) im Bereich des Strömungsfeldes (17) weitere Stege (14a', 14b) angeordnet sind, von denen sich zumindest ein Teil in den abgesenkten Übergangsbereich (21) hinein erstreckt.

8. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 7, wobei sich wenigstens jeder zwölfte der weiteren Stege (14b) des Strömungsfeldes (17) in den abgesenkten Übergangsbereich (21) hinein erstreckt.

9. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 7 oder 8, wobei sich wenigstens jeder sechste der weiteren Stege (14b) des Strömungsfeldes (17) in den Verteilbereich hinein erstreckt.

10. Separatorplatte (100a) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei die sich durch den Übergangsbereich (21) hindurch erstreckenden Stege (15a) und/oder die sich in den Übergangsbereich (21) hinein erstreckenden Stege (14b) im Übergangsgereich dieselbe maximale Höhe haben.

11. Separatorplatte (100a) nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei das Strömungsfeld (17) eine Anzahl n_1 von Kanälen (16) umfasst und wobei der Verteil- oder Sammelbereich (20) eine Anzahl n_2 von Kanälen (18) umfasst, wobei gilt: $n_1 \geq 2 \cdot n_2$, vorzugsweise $n_1 \geq 3 \cdot n_2$.

12. Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine senkrecht zur Planflächenebene der Platte bestimmte Tiefe mindestens eines Kanals zur Beeinflussung der Strömungsrichtung des Mediums im Übergangsbereich (21) und/oder Verteil- oder Sammelbereich (20) variiert.

13. Separatorplatte (100a) nach Anspruch 12, wobei die Tiefe mindestens eines Kanals entlang seines Verlaufs im Übergangsbereich (21) und/oder Verteil- oder Sammelbereich (20) variiert.

14. Separatorplatte (100a) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei die Tiefe mindestens eines Kanals im Übergangsbereich (21) und/oder Verteil- oder Sammelbereich (20) quer zur Strömungsrichtung des Mediums variiert.

15. Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer die Durchgangsöffnung (11a) vollständig umschließenden Sicke (12a) zum Abdichten der Durchgangsöffnung (11a), wobei die Sicke (12a) Durchführungen (13a) zum Durchleiten eines Mediums durch die Sicke (12a) aufweist und wobei die Kanäle (18) des Verteil- oder Sammelbereichs (20) über die Durchführungen (13a) in der Sicke (12a) in Fluidverbindung mit der Durchgangsöffnung (11a) sind.

16. Bipolarplatte (100; 200) für ein elektrochemisches System (1), mit einer ersten Separatorplatte (100a) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und mit einer zweiten Separatorplatte (100b), die wenigstens eine zweite Durchgangsöffnung aufweist, wobei die erste Separatorplatte (100a) und die zweite Separatorplatte (100b) zusammengefügt sind und wobei die wenigstens eine erste Durchgangsöffnung (11a) der ersten Separatorplatte (100a) und die wenigstens eine zweite Durchgangsöffnung der zweiten Separatorplatte (100b) zur Ausbildung wenigstens einer Durchgangsöffnung (11a) in der Bipolarplatte (100; 200) fluchtend angeordnet sind.

17. Bipolarplatte (100; 200) nach Anspruch 16, wobei nur die erste Separatorplatte (100a) einen abgesenkten Übergangsbereich (21) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 aufweist und wobei für die maximale Höhe h_{max} des Übergangsbereichs (21) der ersten Separatorplatte (100a) und für die maxi-

male Höhe h_1 der Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) der ersten Separatorplatte (100a) vorzugsweise gilt: $h_{max} \leq 0{,}9 \cdot h_1$.

18. Bipolarplatte (100; 200) nach Anspruch 16, wobei auch die zweite Separatorplatte (100b) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 ausgebildet ist.

19. Bipolarplatte (100; 200) nach Anspruch 18, wobei für die maximale Höhe $h_{max,1}$ des Übergangsbereichs (21) der ersten Separatorplatte (100a) und für die maximale Höhe h_{11} der Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) der ersten Separatorplatte (100a) gilt: $0{,}85\ h_{11} \leq h_{max,1} \leq 0{,}95 \cdot h_{11}$; und wobei für die maximale Höhe $h_{max,2}$ des Übergangsbereichs (21) der zweiten Separatorplatte (100b) und für die maximale Höhe h_{12} der Leitstrukturen des Strömungsfeldes (17) der zweiten Separatorplatte (100b) gilt: $0{,}85\ h_{12} \leq h_{max,2} \leq 0{,}95 \cdot h_{12}$.

20. Bipolarplatte (100; 200) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die erste Separatorplatte (100a) und die zweite Separatorplatte (100b) einen Zwischenraum (22) zur Kühlmittelführung einschließen.

21. Elektrochemisches System (1), insbesondere Brennstoffzellen-System (1), elektrochemischer Kompressor, Elektrolyseur oder eine Redox-Flow-Batterie, mit einer Vielzahl von gestapelten Bipolarplatten (100; 200) nach einem der Ansprüche 16 bis 20 und mit einer Vielzahl von zwischen den gestapelten Bipolarplatten (100; 200) angeordneten Membranelektrodeneinheiten (39), wobei die Membranelektrodeneinheiten (39) jeweils einen aktiven Bereich mit einer ersten Dicke und einen verstärkten Bereich (30) mit einer gegenüber der ersten Dicke vergrößerten zweiten Dicke aufweisen und wobei die Membranelektrodeneinheiten (39) und die Bipolarplatten (100; 200) derart angeordnet sind, dass der verstärkte Bereich (30) der Membranelektrodeneinheiten (39) jeweils im abgesenkten Übergangsbereich (21) einer an die jeweilige Membranelektrodeneinheit (39) angrenzenden Bipolarplatte (100; 200) aufgenommen ist.

22. Elektrochemisches System (1) nach Anspruch 21, wobei die Membranelektrodeneinheiten (39) im aktiven Bereich jeweils eine Membranelektrode (26) aufweisen, vorzugsweise eine Membranelektrode

(26) und wenigstens eine Gasdiffusionslage (27), und wobei die Membranelektrodeneinheiten (39) im verstärkten Bereich zusätzlich mindestens eine Verstärkungslage (28) aufweisen, vorzugsweise mindestens eine Verstärkungslage (28) und mindestens eine Klebeschicht.

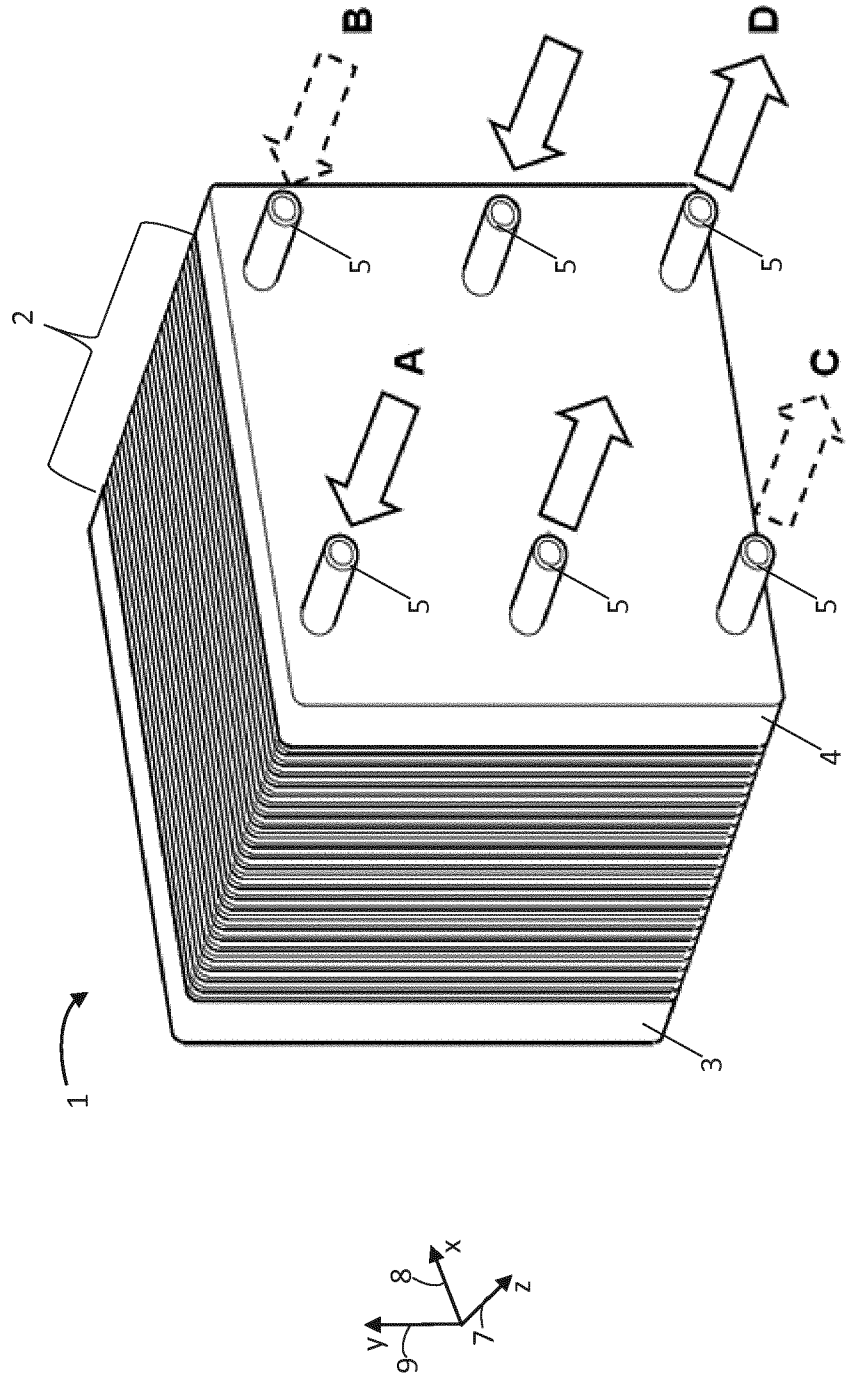

Fig. 1

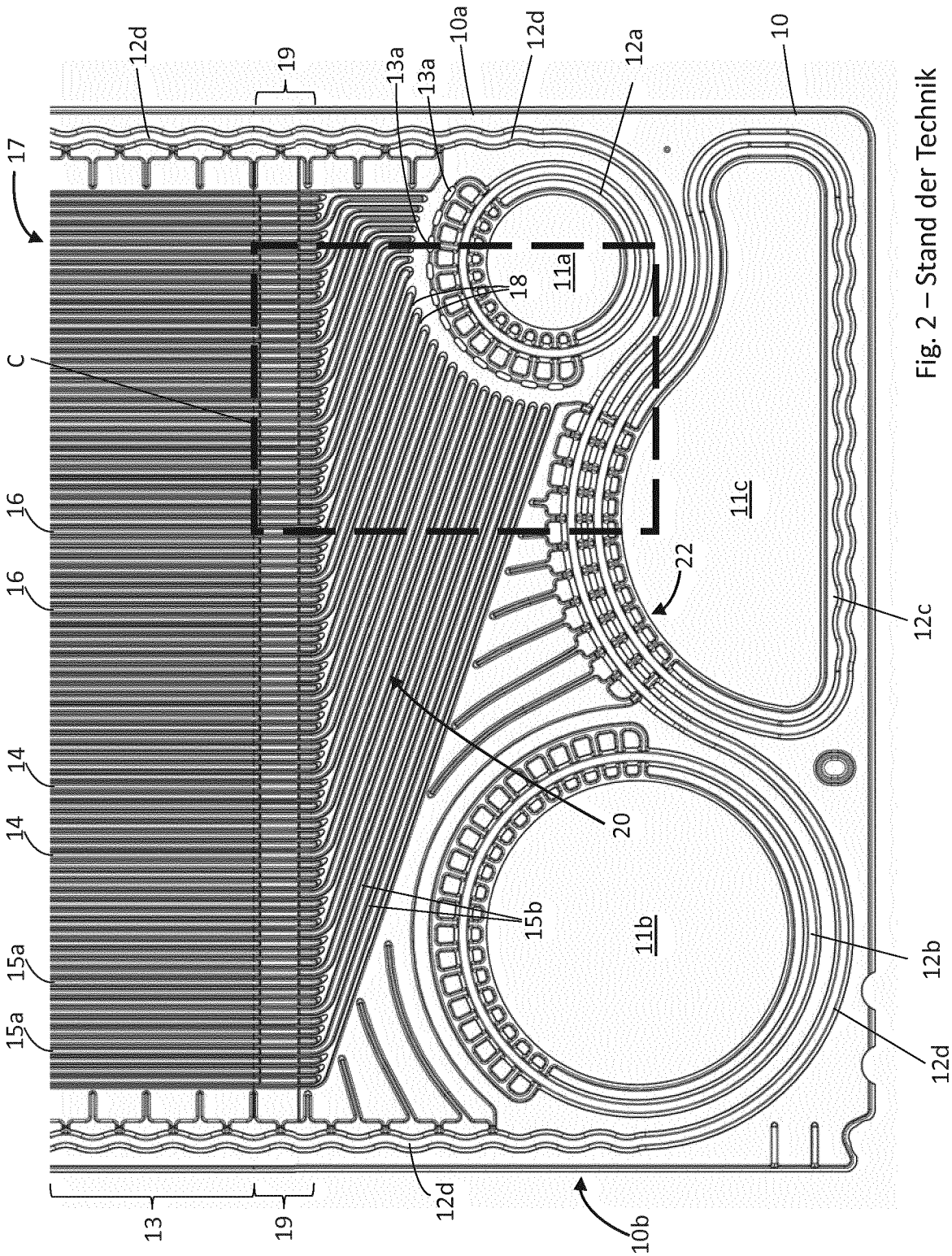

Fig. 2 – Stand der Technik

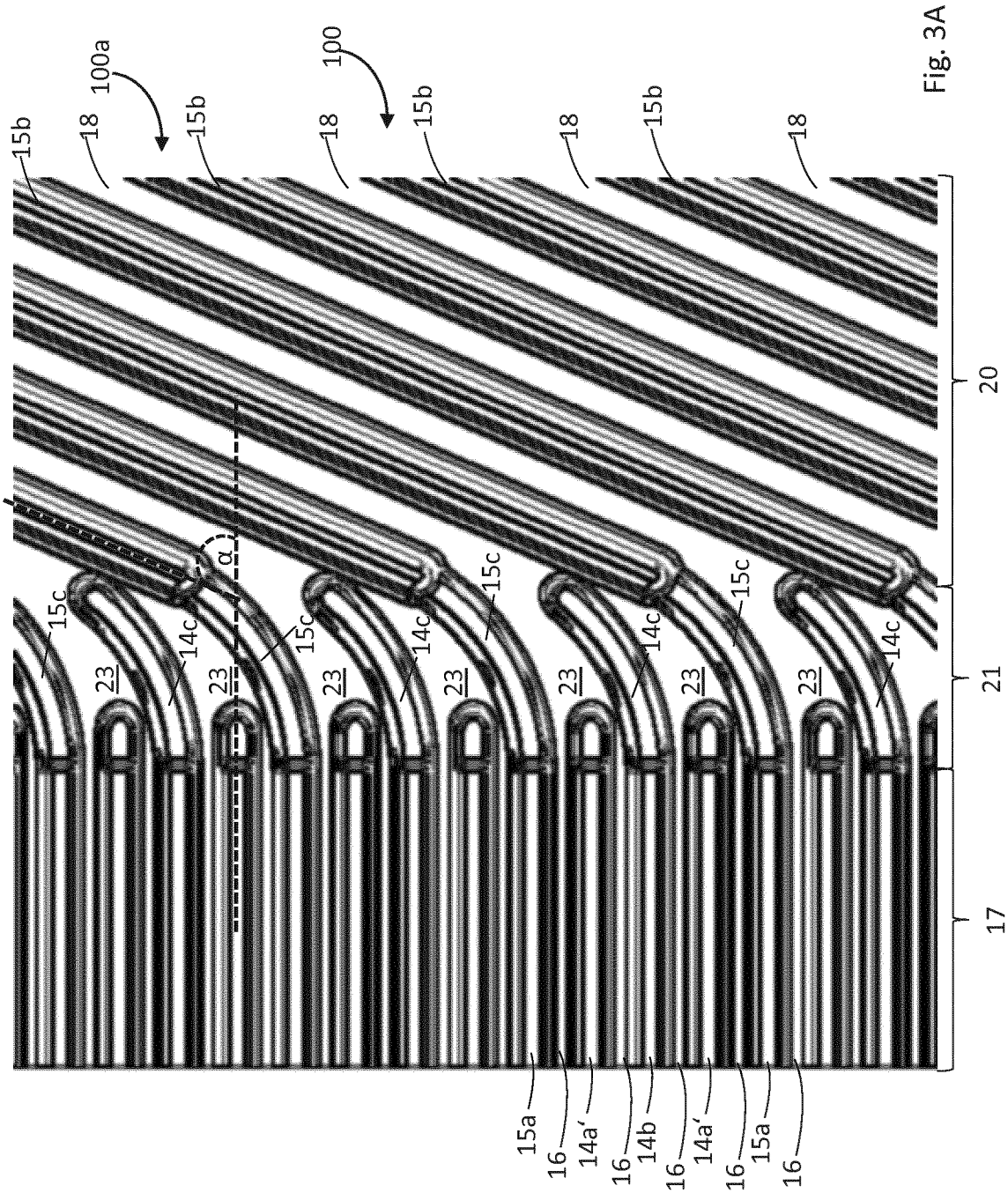

Fig. 3A

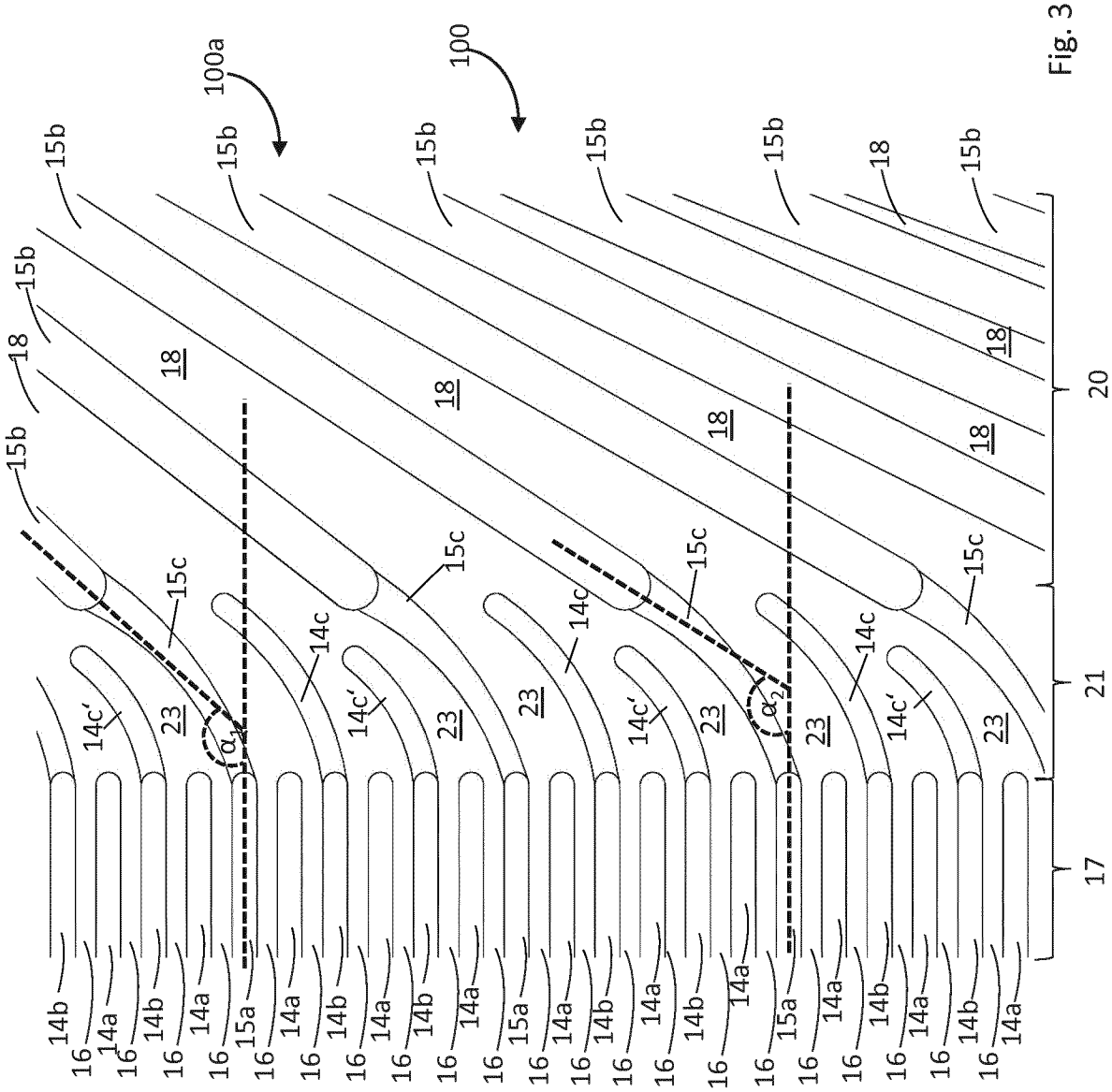
100a
100
15b
18
15c
14c
14c'
14a
14b
15a
16
23
α_1
α_2
17
20
21

Fig. 3B

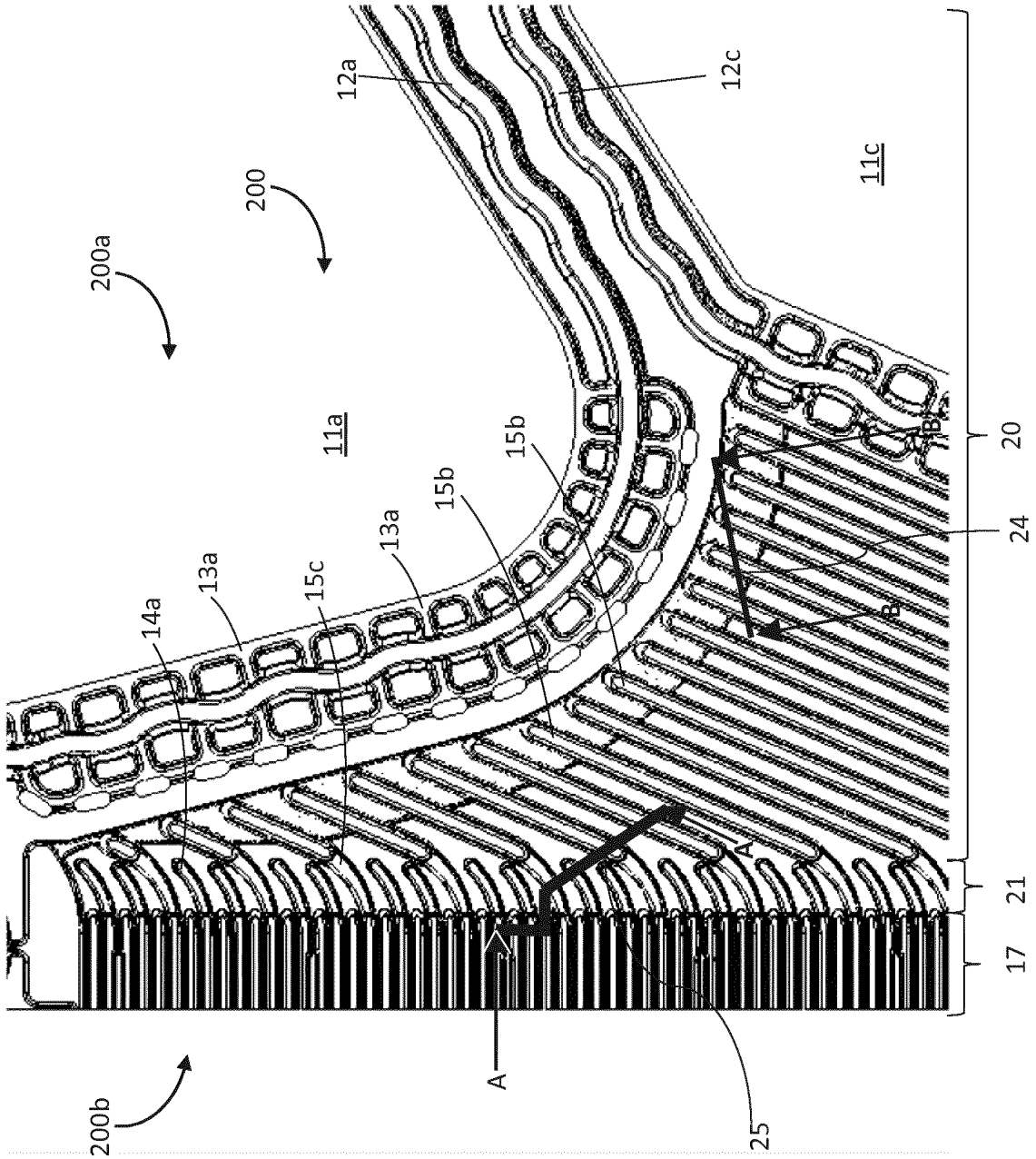
200a
200
200b
12a
12c
11a
11c
14a
13a
15c
13a
15b
15b
A
A
B
B
20
21
17
24
25

Fig. 4A

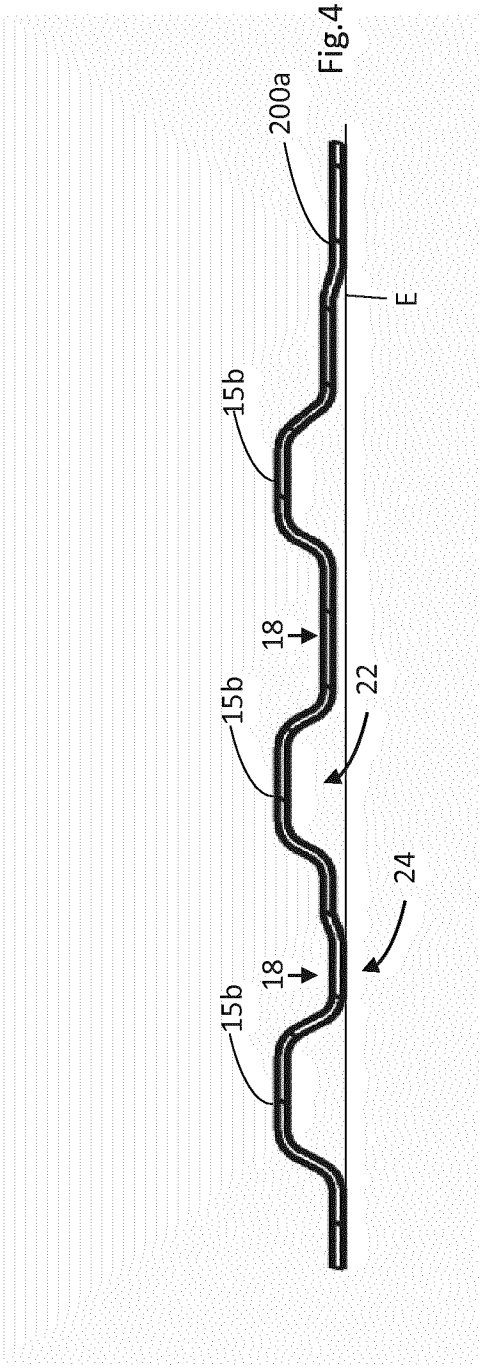

Fig.4B

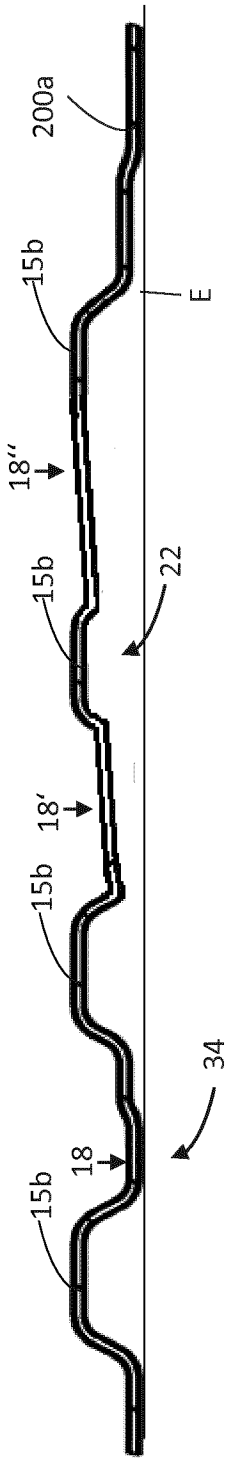

Fig.5

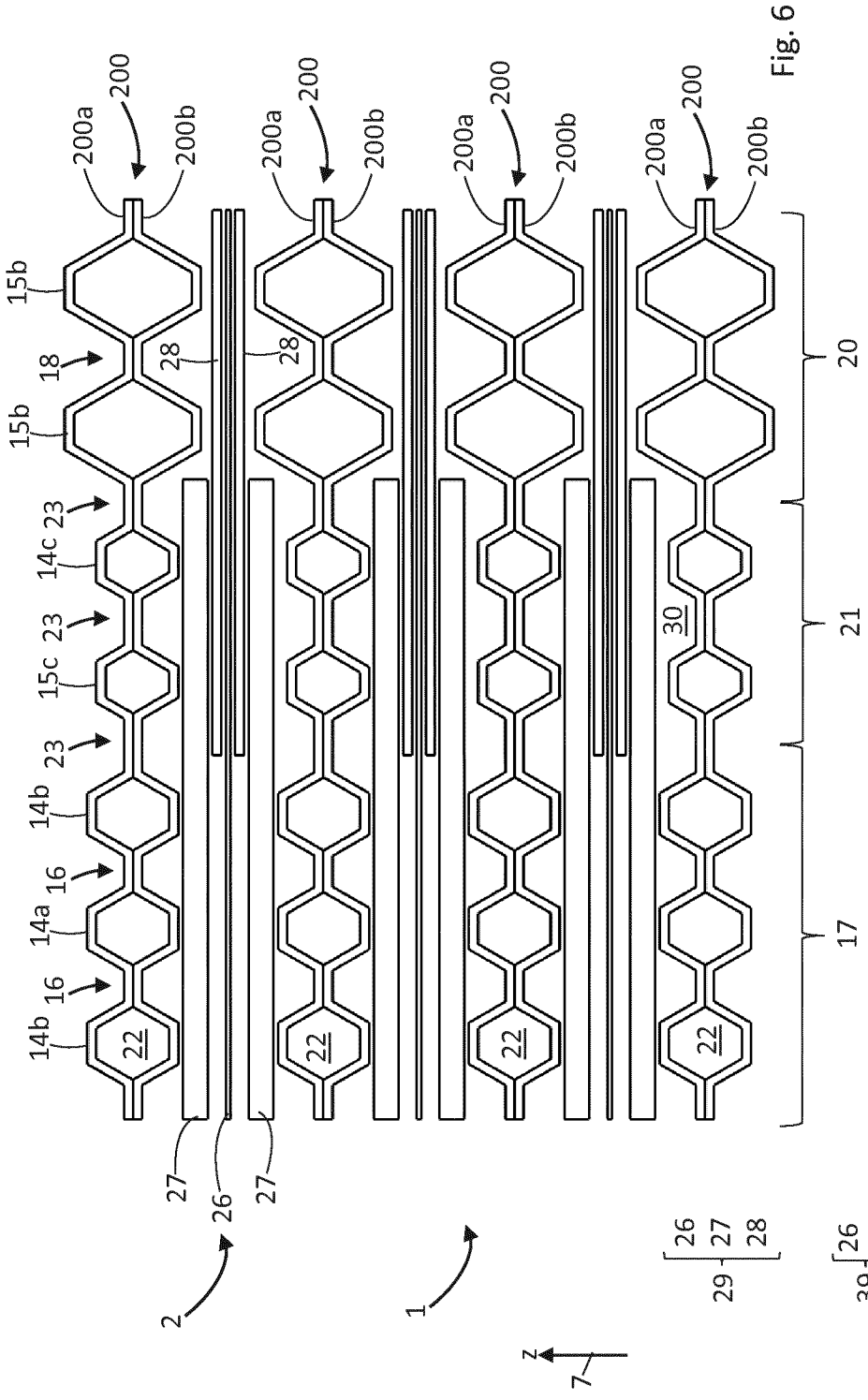
200
200a
200b
15b
18
28
15b
23
14c
23
15c
23
14b
16
14a
16
14b
22
27
26
27
2
1
z
7
20
21
17
30
29
26
27
28
39
26
28

Fig. 6

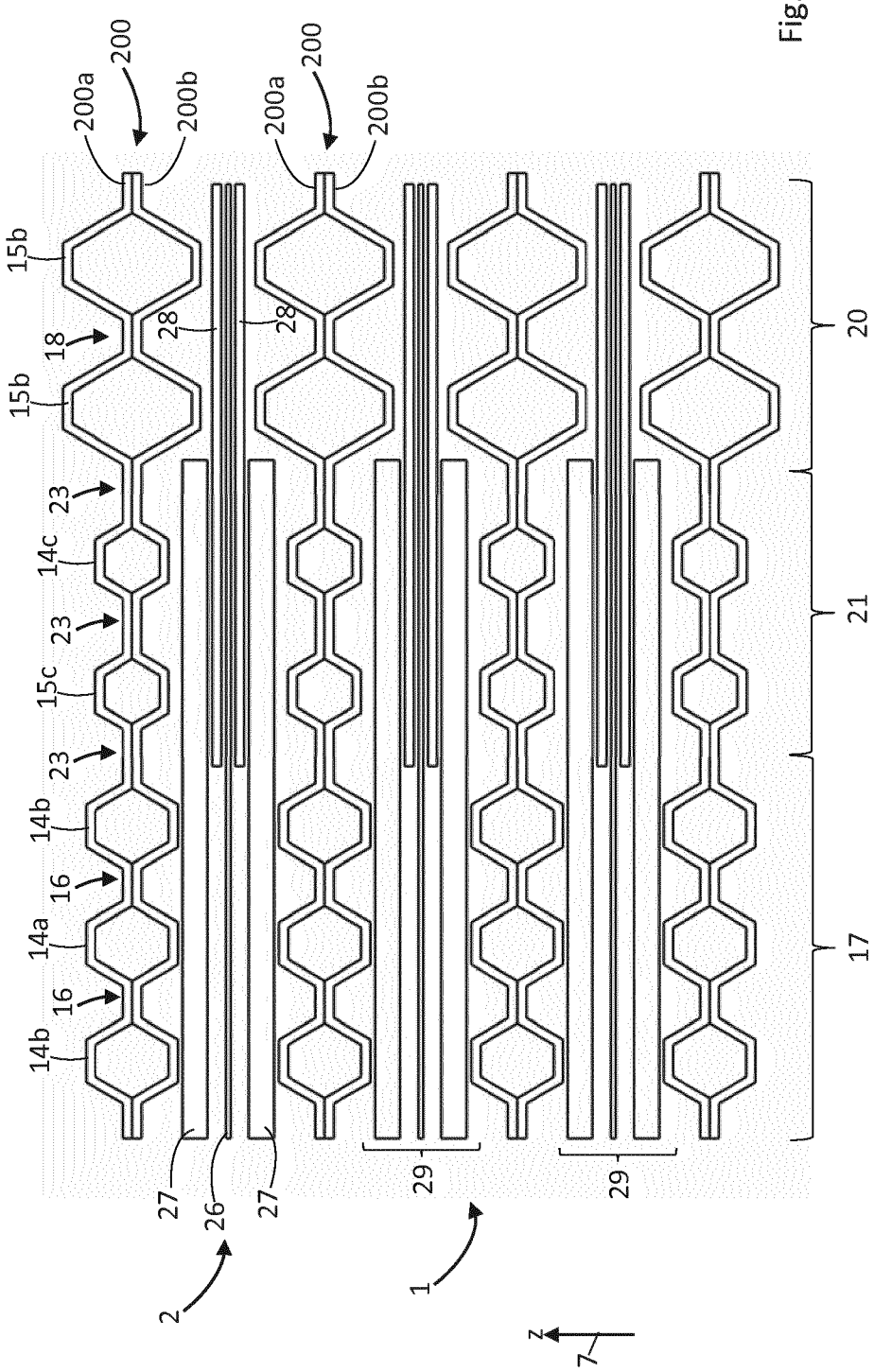
200a
200
200b
200a
200
200b
15b
18
15b
28
28
23
14c
23
15c
23
14b
16
14a
16
14b
20
21
17
27
26
27
29
29
2
1
z
7

Fig. 7

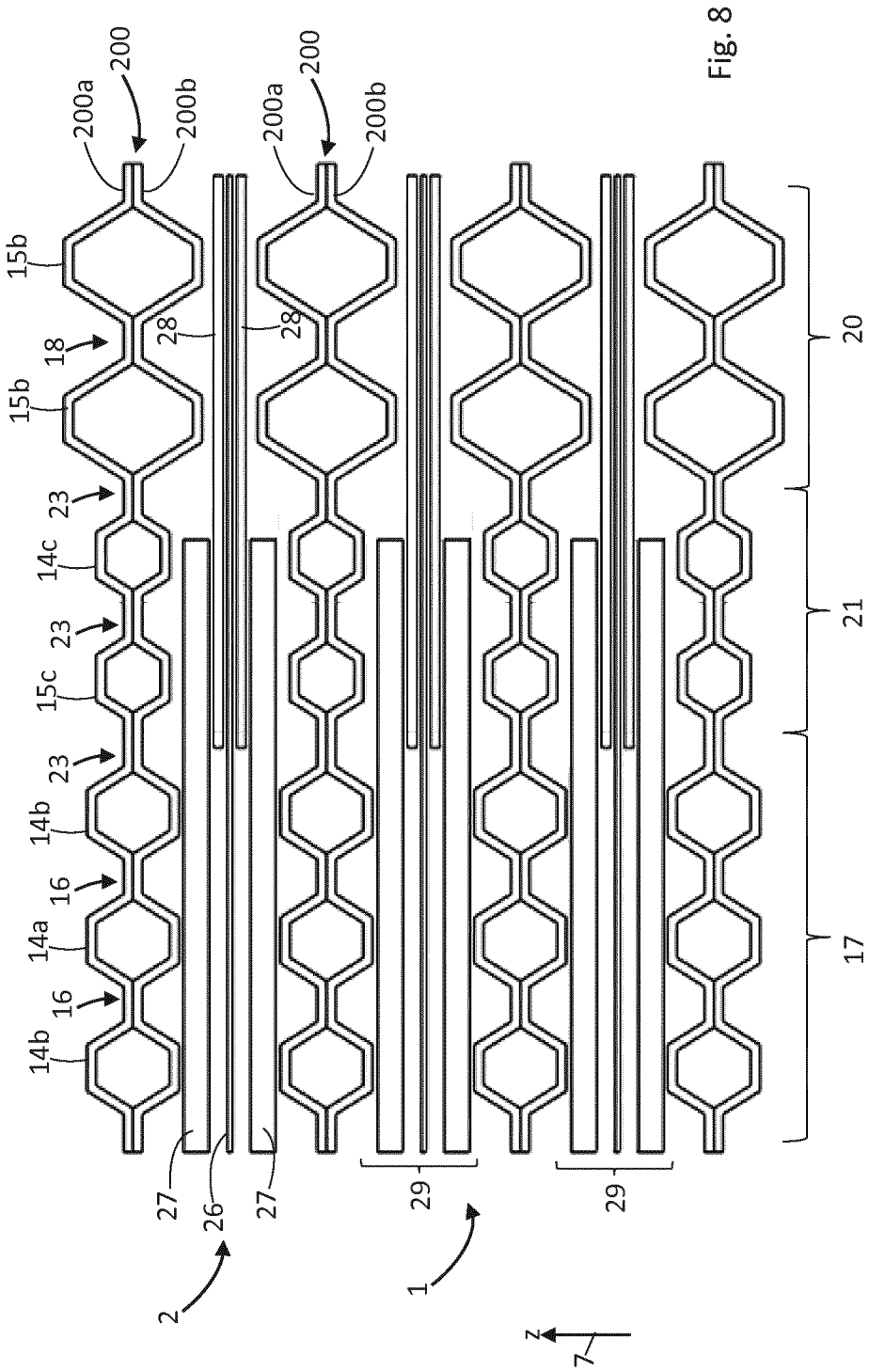
200a
200
200b
200a
200
200b
15b
18
15b
23
14c
23
15c
23
14b
16
14a
16
14b
28
28
27
26
27
29
29
1
2
z
7
20
21
17

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/083345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M8/0258
ADD. H01M8/0267 H01M8/1018 H01M8/021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 348 567 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 27 July 2011 (2011-07-27)	1-5, 10-13, 15-22
Y	abstract paragraph [0079]; figure 2 paragraph [0125] - paragraph [0133]; figures 7, 8A, 8B paragraph [0121] - paragraph [0124]; figures 6A-6D	6-9,14

Y	DE 20 2015 104972 U1 (REINZ-DICHTUNGS-GMBH [DE]) 20 December 2016 (2016-12-20) figure 3	6-9

Y	DE 10 2014 112607 A1 (ELRINGKLINGER AG [DE]) 3 March 2016 (2016-03-03) abstract; figures 1,2	14

☐ 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	Date of mailing of the international search report
9 March 2018	19/03/2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hintermaier, Frank

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/083345

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2348567 A1	27-07-2011	EP 2348567 A1	27-07-2011
		JP 4733237 B2	27-07-2011
		JP WO2011033745 A1	07-02-2013
		US 2011207018 A1	25-08-2011
		WO 2011033745 A1	24-03-2011
DE 202015104972 U1	20-12-2016	DE 202015104972 U1	20-12-2016
		WO 2017046405 A1	23-03-2017
DE 102014112607 A1	03-03-2016	CN 106797037 A	31-05-2017
		DE 102014112607 A1	03-03-2016
		EP 3189554 A1	12-07-2017
		JP 2017533539 A	09-11-2017
		US 2017170489 A1	15-06-2017
		WO 2016034434 A1	10-03-2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/083345

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01M8/0258
ADD. H01M8/0267 H01M8/1018 H01M8/021

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 348 567 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 27. Juli 2011 (2011-07-27)	1-5, 10-13, 15-22
Y	Zusammenfassung Absatz [0079]; Abbildung 2 Absatz [0125] - Absatz [0133]; Abbildungen 7, 8A, 8B Absatz [0121] - Absatz [0124]; Abbildungen 6A-6D	6-9,14

Y	DE 20 2015 104972 U1 (REINZ-DICHTUNGS-GMBH [DE]) 20. Dezember 2016 (2016-12-20) Abbildung 3	6-9

Y	DE 10 2014 112607 A1 (ELRINGKLINGER AG [DE]) 3. März 2016 (2016-03-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	14

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. März 2018	19/03/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hintermaier, Frank

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/083345

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2348567 A1	27-07-2011	EP 2348567 A1	27-07-2011
		JP 4733237 B2	27-07-2011
		JP WO2011033745 A1	07-02-2013
		US 2011207018 A1	25-08-2011
		WO 2011033745 A1	24-03-2011
DE 202015104972 U1	20-12-2016	DE 202015104972 U1	20-12-2016
		WO 2017046405 A1	23-03-2017
DE 102014112607 A1	03-03-2016	CN 106797037 A	31-05-2017
		DE 102014112607 A1	03-03-2016
		EP 3189554 A1	12-07-2017
		JP 2017533539 A	09-11-2017
		US 2017170489 A1	15-06-2017
		WO 2016034434 A1	10-03-2016