(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
22. Dezember 2022 (22.12.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/263128 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 50/536 (2021.01) *C09J 5/10* (2006.01)
H01M 50/534 (2021.01) *B23K 101/38* (2006.01)
B23K 11/11 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/064083

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Mai 2022 (24.05.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 115 292.5
14. Juni 2021 (14.06.2021) DE

(71) Anmelder: **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.** [DE/DE]; Königswinterer Straße 522-524, 53227 Bonn (DE).

(72) Erfinder: **GERMER, Wiebke**; c/o Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Institut für Technische Thermodynamik/Elektrochemische Energietechnik, Carl-von-Ossietzky-Straße 15, 26129 Oldenburg (DE). **SCHILLERT, Leif-Arvid**; Krock 10a, 24888 Steinfeld (DE).

(74) Anwalt: **LBP LEMCKE, BROMMER & PARTNER PATENTANWÄLTE MBB**; Siegfried-Kühn-Str. 4, 76135 Karlsruhe (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) **Title:** CONTACT DEVICE, METHOD FOR PRODUCING A CONTACT DEVICE, ELECTROCHEMICAL CELL AND ELECTROCHEMICAL CELL STACK

(54) **Bezeichnung:** KONTAKTVORRICHTUNG, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER KONTAKTVORRICHTUNG, ELEKTROCHEMISCHE ZELLE SOWIE ELEKTROCHEMISCHER ZELLENSTAPEL

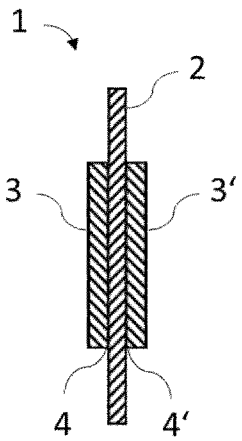


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a contact device (1) comprising an electrically conductive substrate (2) and at least one electrically conductive, deformable, preferably permeable, contact means (3, 3'), wherein the substrate (2) and the contact means (3, 3') are integrally and electrically conductively joined in a contact region, the substrate (2) and the contact means (3, 3') being welded together in the contact region by means of a polymer material (4, 4'). The invention also relates to a method for producing the contact device. The invention further relates to an electrochemical cell and to an electrochemical cell stack, each comprising the contact device.

(57) **Zusammenfassung:** Vorgeschlagen wird eine Kontaktvorrichtung (1) umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) sowie mindestens ein elektrisch leitfähiges und verformbares, vorzugsweise stoffdurchlässiges, Kontaktmittel (3, 3'), wobei das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3, 3') in einem Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind. Das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3,3') sind dabei in dem Kontaktbereich mittels eines Polymermaterials (4, 4') miteinander verschweißt. Es wird auch ein Verfahren zur Herstellung der Kontaktvorrichtung vorgeschlagen. Ferner wird eine elektrochemische Zelle sowie ein elektrochemischer Zellenstapel vorgeschlagen, welche jeweils die Kontaktvorrichtung umfassen.

WO 2022/263128 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Kontaktvorrichtung, Verfahren zur Herstellung einer Kontaktvorrichtung, elektrochemische Zelle sowie elektrochemischer Zellenstapel

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kontaktvorrichtung, ein Verfahren zur Herstellung einer Kontaktvorrichtung, eine elektrochemische Zelle sowie einen elektrochemischen Zellenstapel.

Kontaktvorrichtungen dienen zur elektrischen sowie bedarfsweise zur thermischen Kontaktierung mindestens zweier technischer Komponenten. Hierfür ist die Kontaktvorrichtung üblicherweise flächig ausgestaltet und wird zwischen die zwei zu kontaktierenden Komponenten gebracht, sodass ein beiderseitiger Kontakt zu den besagten Komponenten entsteht.

Zur elektrischen Kontaktierung weist die Kontaktvorrichtung eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf. Sofern zwischen den beiden elektrisch zu kontaktierenden Komponenten eine elektrische Spannung anliegt, führt die Anordnung der Kontaktvorrichtung zwischen den Komponenten zu einem Stromfluss durch die Kontaktvorrichtung.

Sofern kein Erfordernis nach einer elektrischen Isolation zwischen zwei thermisch zu verbindenden Komponenten besteht, kann die vorstehend beschriebene Kontaktvorrichtung auch zur thermischen Kontaktierung der Komponenten genutzt werden. Dabei stellt eine der Komponenten, z.B. ein Elektronikbauteil, eine Wärmequelle dar, während die andere der beiden Komponenten, z.B. ein Kühlelement, eine Wärmesenke darstellt.

Sowohl bei der elektrischen als auch bei der thermischen Kontaktierung ist die Stromleitung bzw. die Wärmeleitung maßgeblich von den jeweiligen Kontaktflächen zwischen der Kontaktvorrichtung und den beiden zu kontaktierenden Komponenten abhängig. Eine geringe Kontaktfläche zwischen mindestens einer Komponente und der Kontaktvorrichtung führt zu einem hohen elektrischen sowie zu einem hohen thermischen Kontaktwiderstand. Um den Kontaktwiderstand

zur Erreichung einer guten elektrischen sowie thermischen Leitfähigkeit zu senken, ist es daher grundsätzlich erwünscht, die Kontaktfläche zwischen der Kontaktvorrichtung und mindestens einer der zu kontaktierenden Komponenten zu maximieren. Dies ist jedoch erschwert, wenn eine der zu kontaktierenden Komponenten eine unebene Oberfläche aufweist oder etwa als ungebundener Werkstoff, etwa als flüssiger Elektrolyt, vorliegt.

Eine bekannte Möglichkeit, die Kontaktfläche zwischen der Kontaktvorrichtung und einer zu kontaktierenden Komponente zu erhöhen, stellt die Ausgestaltung einer Kontaktvorrichtung mit einem elektrisch leitfähigen Substrat sowie einem elektrisch leitfähigen und verformbaren Kontaktmittel dar, wobei das Substrat und das Kontaktmittel in einem Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind.

Als Substrat kommen beispielweise metallische Bleche oder elektrisch leitfähige Kunststoffe zum Einsatz, welche mittels eines chemischen Klebemittels mit dem Kontaktmittel, z.B. Stahlwolle, verbunden werden. Zur elektrischen oder zur thermischen Kontaktierung wird das Kontaktmittel in Berührung mit der zu kontaktierenden Komponente gebracht. Dabei passt sich die Oberflächenkontur des Kontaktmittels an die Oberfläche der zu kontaktierenden Komponente an. Hierdurch wird die gemeinsame Kontaktfläche maximiert.

Typischerweise ist das Kontaktmittel stoffdurchlässig, insbesondere porös ausgestaltet. Diese Eigenschaften sind insbesondere vorteilhaft, wenn das Kontaktmittel zur Kontaktierung eines Elektrolyten dient und hierzu in den Elektrolyten getaucht und/oder von diesem durchströmt werden kann. Die zu erhöhende Kontaktfläche wird dabei nicht nur durch die äußerliche Oberfläche des Kontaktmittels gebildet, sondern zu einem wesentlichen Teil auch durch innenliegende, von außen nicht sichtbare Oberflächen mindestens eines Zwischenraums innerhalb des Kontaktmittels. Üblicherweise ist ein solcher Zwischenraum als eine Pore oder als eine Vielzahl von Poren in dem Kontaktmittel ausgebildet.

Der Nachteil vorbekannter Kontaktvorrichtungen besteht darin, dass das Substrat vor dem Auftrag des chemischen Klebemittels aufwendig gereinigt werden muss. Dies ist erforderlich, um eine hohe Qualität der Klebeverbindung, vor allem hinsichtlich der erreichbaren Haftung und ihrer Lebensdauer, sicherstellen

zu können. Darüber hinaus sind Klebeverbindungen Alterungsprozessen unterworfen, wodurch sich ihre Festigkeit verringert. Zudem können, je nach Art des Klebemittels, lange Aushärtezeiten erforderlich sein, bis die zu fügenden Bestandteile der Kontaktvorrichtung endgültig und hinreichend fest miteinander verbunden sind. Ferner gehen Klebeverbindungen mit Nachteilen einher, wenn das Kontaktmittel einem korrosiven Elektrolyten ausgesetzt ist. Dabei muss die Klebeverbindung eine gute, jedoch nur schwer und nur unter hohen Kosten erreichbare, chemische Beständigkeit aufweisen.

Insgesamt sind bekannte Kontaktvorrichtungen aufwendig und unwirtschaftlich in der Herstellung und sind in ihren Einsatzmöglichkeiten begrenzt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht somit darin, eine vielseitig einsetzbare Kontaktvorrichtung zur Verfügung zu stellen, die eine gute thermische und elektrische Kontaktierung bei gleichzeitig einfacher Herstellbarkeit erlaubt.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Kontaktvorrichtung gemäß Anspruch 1, eine elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 8, einen elektrochemischen Zellenstapel gemäß Anspruch 15, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Kontaktvorrichtung gemäß Anspruch 16. Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Kontaktvorrichtung umfasst in an sich bekannter Weise ein elektrisch leitfähiges Substrat sowie mindestens ein elektrisch leitfähiges und verformbares, vorzugsweise stoffdurchlässiges, Kontaktmittel. Das Substrat und das Kontaktmittel sind in einem Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig miteinander verbunden.

Wesentlich ist, dass das Substrat und das Kontaktmittel in dem Kontaktbereich mittels eines Polymermaterials miteinander verschweißt sind.

Die der Erfindung zugrundeliegende Erkenntnis ist, dass das Kontaktmittel sowie das Substrat bekannter Kontaktvorrichtungen jeweils eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit aufweisen. Einerseits erlaubt diese in an sich be-

kannter Weise eine einfache elektrische und bedarfsweise thermische Kontaktierung zweier technischer Komponenten. Andererseits kann insbesondere die gute elektrische Leitfähigkeit der Komponenten dazu genutzt werden, auf einfache Weise eine zuverlässige Verbindung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel herzustellen.

Insbesondere können das Substrat und das Kontaktmittel dazu genutzt werden, mittels einer Schweißverbindung verbunden zu werden, indem ein elektrischer Strom zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel erzeugt wird. Das in dem Kontaktbereich angeordnete Polymermaterial, vorzugsweise Polyvinylidenfluorid (PVDF), bewirkt zumindest teilweise eine lokale Erhöhung des elektrischen Kontaktwiderstandes. Bei Erzeugung des Stromflusses bewirkt der erhöhte elektrische Kontaktwiderstand eine Wärmeentwicklung in dem Kontaktbereich, durch welche das Polymermaterial aufgeschmolzen wird. Dabei werden das Substrat und das Kontaktmittel stoffschlüssig und mit hoher mechanischer und korrosiver Beständigkeit miteinander verbunden.

Zur Erzeugung der Schweißverbindung wird folglich eine physikalische Zustandsänderung zumindest des Polymermaterials oder der dem Kontaktmittel zugewandten Oberfläche des Substrats herbeigeführt, wodurch die beiden genannten Fügepartner in dem Kontaktbereich miteinander verbunden werden. Das Polymermaterial weist dabei eine physikalisch abbindende Wirkung in dem Kontaktbereich auf, und unterscheidet sich somit von Klebstoffen, welche eine chemisch abbindende Wirkung haben. Es handelt sich bei dem Polymermaterial folglich nicht lediglich um Klebstoff, in welchem eine Vernetzungsreaktion stattfinden muss, um die gewünschten Haftkräfte zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel zu erzeugen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das Polymermaterial, welches grundsätzlich isolierende Eigenschaften hat, der Ausgestaltung eines guten elektrischen Kontakts zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel nicht entgegensteht. Es ist jedoch eine weitere Erkenntnis, dass die Gesamtmenge und/oder die Dichte des Polymermaterials in dem Kontaktbereich in Abhängigkeit davon eingestellt werden kann, welche Anforderungen an die Verbindung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel bestehen. Eine größere Menge an Polymermaterial geht dabei mit positiven Auswirkungen für die mechanischen

Eigenschaften der Verbindung einher, während eine geringere Menge an Polymermaterial mit positiven Auswirkungen für die elektrische Leitfähigkeit einhergeht.

Eine weitere erfindungsbegründende Erkenntnis ist, dass die Wärmeentwicklung während des Schweißvorganges sich räumlich im Wesentlichen auf den Kontaktbereich beschränkt. Dies ermöglicht es insbesondere, das Substrat als dünnwandige Komponente auszubilden, welche sich durch den vorstehend beschriebenen Herstellprozess infolge geringer thermischer Einflüsse nur geringfügig verformt. Dadurch werden einerseits die Vorteile einer Schweißverbindung, insbesondere hinsichtlich hoher Festigkeit sowie chemischer Beständigkeit, erreicht, während die üblichen Nachteile von Schweißverbindungen, insbesondere hinsichtlich thermisch bedingter Verformungen, vollständig umgangen werden.

Die Erfindung ist weiterhin in der Erkenntnis begründet, dass das Kontaktmittel zur Erzeugung der stoffschlüssigen Verbindung im Gegensatz zu bekannten Kontaktmitteln nur geringfügig, vorzugsweise jedoch nicht, herstellungsbedingt verformt werden muss. Üblicherweise muss zur Schaffung einer bekannten stoffschlüssigen Verbindung, insbesondere einer Klebeverbindung, zwischen dem Kontaktmittel und dem Substrat ein hoher Anpressdruck in dem Kontaktbereich erzeugt werden. Hierbei wird das Kontaktmittel zumindest teilweise irreversibel verformt. Dies ist insbesondere bei porösen und/oder stoffdurchlässigen Kontaktmitteln nachteilig. Denn durch die Kompression des Kontaktmittels verschlechtert sich seine geometrische Anpassungsfähigkeit an eine zu kontaktierende Komponente. Sofern die zu kontaktierende Komponente ein Elektrolyt ist, verringert sich auch eine innenliegende Oberfläche des Kontaktmittels und der Strömungswiderstand in dem Kontaktmittel steigt.

Durch die Erzeugung einer Schweißverbindung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel können die vorstehend genannten Nachteile allesamt behoben werden. Denn die besagte Schweißverbindung erlaubt eine insgesamt bessere Anbindung des Kontaktmittels an das Substrat, sodass nahezu kein Anpressdruck in dem Kontaktbereich erforderlich ist und die Nachteile, die mit der Verformung des Kontaktmittels einhergehen, nicht erst entstehen können. In einer

vorteilhaften Ausgestaltung der Kontaktvorrichtung ist das Kontaktmittel gegenüber einem unverformten Zustand vor dem Verschweißen mit Substrat um maximal 5% komprimiert.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Kontaktbereich zumindest teilweise punktuell oder in Gestalt einer ebenen oder gekrümmten Fläche zwischen dem Kontaktmittel und dem Substrat ausgebildet ist. Es liegt ferner im Rahmen der Erfindung, dass der Kontaktbereich sich zumindest teilweise in das Substrat und/oder in das Kontaktmittel erstreckt, insbesondere wenn das verflüssigte Polymermaterial während des Aufschmelzens in das Substrat oder das Kontaktmittel eindringt oder etwa bereits vor dem Schmelzen in dem Substrat oder in dem Kontaktmittel enthalten ist.

In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst das Kontaktmittel ein elektrisch leitfähiges Textilmaterial, vorzugsweise Grafitfilz. Ferner umfasst das Substrat bevorzugt ein Verbundmaterial mit einer Polymermatrix, in welcher eine Mehrzahl elektrisch leitfähiger Partikel, insbesondere Graphitpartikel, gebunden sind.

Das elektrisch leitfähige Textilmaterial kann grundsätzlich einen beliebigen Bindungstyp aufweisen und somit beispielsweise als Gewebe oder Gelege vorliegen. Eine gute elektrische sowie bedarfsweise thermische Leitfähigkeit lässt sich erreichen, indem die in dem Textilmaterial verwendeten Fäden oder Fasern oder Faserbündel elektrisch und thermisch leitfähig ausgebildet sind. Untersuchungen der Anmelderin haben gezeigt, dass insbesondere Graphitfilz aufgrund seiner guten elektrischen und thermischen Leitfähigkeit mit besonderen Vorteilen bei der Ausgestaltung des Kontaktmittels einhergeht. Darüber hinaus weist Graphitfilz eine gute Handhabbarkeit auf und eignet sich in besonderem Maße als Fügepartner bei der Erzeugung der erfindungsgemäßen Schweißverbindung.

Das Substrat umfasst ein Verbundmaterial mit einer Polymermatrix sowie einer, in der Polymermatrix nicht gelösten, zweiten Komponente, welche in Gestalt der elektrisch leitfähigen Partikel vorliegt. Untersuchungen der Anmelderin haben gezeigt, dass eine gute elektrische Leitfähigkeit des Substrats trotz elektrisch isolierender Eigenschaften der Polymermatrix erreicht werden kann, wenn die Dichte der leitfähigen Partikel, insbesondere Graphitpartikel, hinreichend hoch

ist. Bevorzugt entspricht der Anteil der leitfähigen Partikel in der Polymermatrix 85%, um eine hohe Leitfähigkeit zu erzielen.

Um eine besonders hohe Festigkeit der stoffschlüssigen Verbindung zu erreichen, weisen die Polymermatrix und das Polymermaterial Stoffe aus derselben Stoffgruppe auf, z.B. der Stoffgruppe der Thermoplasten.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Polymermaterial zumindest teilweise in der Polymermatrix enthalten.

Gemäß vorstehend beschriebener Weiterbildung weist die Polymermatrix des Substrats eine homogen verteilte oder eine in dem Kontaktbereich konzentrierte Menge des Polymermaterials auf. Während der Erzeugung der Schweißverbindung wird somit das Substrat in dem Kontaktmittel lokal aufgeschmolzen und die stoffschlüssige Schweißverbindung zu dem Kontaktmittel geschaffen. Ein Vorteil, der mit der vorstehend beschriebenen Weiterbildung einhergeht, ist, dass gänzlich auf zusätzlich erforderliche Hilfsstoffe verzichtet werden kann, wodurch in der Herstellung der Kontaktvorrichtung insgesamt weniger Handhabungsaufwand entsteht.

Alternativ oder zusätzlich kann die Verwendung eines zusätzlichen Hilfsstoffes zu einer erhöhten Festigkeit der Schweißverbindung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel führen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung liegt das Polymermaterial daher zumindest teilweise als ein Hilfsstoff vor, welcher in dem Kontaktbereich zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel angeordnet ist.

Durch die vorstehend beschriebene Weiterbildung lässt sich die Festigkeit der Schweißverbindung, wie oben beschrieben, verbessern. Es ist jedoch nicht zwingend erforderlich, dass das Polymermaterial in dem Substrat enthalten ist. Vorzugsweise ist das Polymermaterial nicht in dem Substrat enthalten. Vielmehr ist es eine Erkenntnis der Anmelderin, dass sich die Eigenschaften der Bestandteile der Kontaktvorrichtung hinsichtlich verschiedener Anforderungen besser optimieren lassen, wenn das Substrat durch sein Material nicht zur Ausgestaltung der stoffschlüssigen Verbindung dienen muss. Stattdessen können das

Substrat sowie das Kontaktmittel durch eine geeignete Materialwahl alleine in Hinblick auf eine gute elektrische und bedarfsweise thermische Leitfähigkeit hin optimiert sein, während der in dem Kontaktbereich angeordnete Hilfsstoff alleine in Hinblick auf einen niedrigen Schmelzpunkt sowie eine hohe Festigkeit hin optimiert ist. Dadurch wird eine einfache Herstellung der Kontaktvorrichtung bei gleichzeitig guten mechanischen, elektrischen sowie thermischen Eigenschaften ermöglicht.

In einer vorteilhaften Weiterbildung weist der Kontaktbereich mindestens zwei Teilbereiche auf, wobei in einem der Teilbereiche eine größere Menge an Polymermaterial angeordnet ist als in dem anderen der beiden Teilbereiche.

Untersuchungen der Anmelderin zeigten weiterhin, dass das in dem Kontaktbereich befindliche Polymermaterial nicht notwendigerweise homogen in dem Kontaktbereich verteilt werden muss, sondern zur Verbesserung der mechanischen sowie der elektrischen und thermischen Eigenschaften inhomogen verteilt sein kann. Hierbei ist es vorteilhaft, dass die Dichte des Polymermaterials in denjenigen Bereichen reduziert ist, in denen ein geringer elektrischer Kontaktwiderstand von Vorteil ist, während die Dichte des Polymermaterials in denjenigen Bereichen erhöht ist, in denen eine hohe mechanische Festigkeit sowie hohe korrosive Beständigkeit vorteilhaft ist.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist einer der Teilbereiche frei von Polymermaterial, wobei das Kontaktmittel in dem Teilbereich, welcher frei von Polymermaterial ist, unmittelbar elektrisch leitfähig mit dem Substrat verbunden ist.

Die vorstehend beschriebene vorteilhafte Weiterbildung erlaubt es, eine konstruktive Funktionstrennung innerhalb des Kontaktbereiches vorzusehen, wobei der eine der Teilbereiche alleine zur Ausgestaltung der stoffschlüssigen Verbindung und der andere der Teilbereiche alleine zur Ausgestaltung einer guten elektrisch leitenden Verbindung dient. Der Teilbereich, in welchem die größere Menge an Polymermaterial angeordnet ist, dient zur Schaffung der stoffschlüssigen Schweißverbindung, während der Teilbereich, in welchem kein Polymermaterial angeordnet ist, zur Schaffung der elektrisch leitenden Verbindung dient.

Es liegt im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die Teilbereiche jeweils eine geometrische Form haben, welche die Wärme- oder Stromdichteverteilung in der Ebene der Kontaktvorrichtung, insbesondere im Substrat, begünstigt. So kann das Polymermaterial in einem regelmäßigen Muster, z.B. in Form von Streifen oder konzentrischen Kreisen in dem Kontaktbereich angeordnet sein. Vorzugsweise ist der Kontaktbereich in mehr als zwei Teilbereiche unterteilt.

Es liegt ferner im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, das Substrat in Abhängigkeit der Anzahl und/oder Geometrie und/oder der Lage der Teilbereiche auszubilden. Hierbei weist das Substrat selbst mindestens einen Bereich auf, in dem das Polymermaterial eingebracht ist und daher mit einer guten Schweißbarkeit einhergeht. Bei der vorteilhaften Ausführungsform, bei der das Substrat als Verbundmaterial aus einer Polymermatrix mit darin gebundenen leitfähigen Partikeln ausgestaltet ist, ist die Dichte der Partikel in dem Bereich der stoffschlüssigen Verbindung vorzugswese geringer, als die Dichte der Partikel in demjenigen Bereich, in dem das Substrat zur elektrischen Kontaktierung unmittelbar mit dem Kontaktmittel verbunden ist.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Substrat auf einer dem Kontaktmittel abgewandten Seite in einem zweiten Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig mit einem zweiten Kontaktmittel verbunden, wobei das Substrat und das zweite Kontaktmittel mittels eines zweiten Polymermaterials miteinander verschweißt sind.

Die vorstehend beschriebene Weiterbildung der Kontaktvorrichtung ermöglicht eine gute elektrische oder bedarfsweise thermische Kontaktierung zweier Komponenten, welche beide eine unebene Oberfläche aufweisen oder ungebunden, z.B. in Gestalt eines Elektrolyten vorliegen. Die zwei Kontaktbereiche sind räumlich voneinander getrennt. Die Erzeugung der stoffschlüssigen Schweißverbindung erfolgt zwischen dem Substrat und den beiden Kontaktmitteln, indem das Substrat zwischen den beiden Kontaktmitteln angeordnet wird und das jeweils zwischen dem Substrat den beiden Kontaktmitteln angeordnete erste und zweite Polymermaterial mittels eines elektrischen Stromes aufgeschmolzen wird.

Es liegt im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass das zweite Polymermaterial zumindest teilweise die gleiche Stoffzusammensetzung aufweist wie das erste Polymermaterial, oder sich von diesem unterscheidet.

Es liegt ferner im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die beiden Schweißverbindungen identisch oder jedoch unterschiedlich ausgestaltet sind. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn das Substrat an einer Seite zumindest teilweise aus Polymermaterial besteht, welches oberflächennah aufgeschmolzen wird, um die stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Substrat und dem einem Kontaktmittel zu erzeugen, während auf der anderen Seite ein Hilfsstoff aufgetragen ist, welcher das zweite Polymermaterial enthält, und ebenfalls aufgeschmolzen wird, um die stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Substrat und dem anderen Kontaktmittel zu erzeugen.

Die eingangs genannte Aufgabe ist weiterhin durch eine erfindungsgemäße, elektrochemische Zelle gelöst. Diese weist in an sich bekannter Weise einen Zellraum, eine ionendurchlässige Zellmembran und eine Elektrode auf. Der Zellraum ist dabei zu mindestens einer Seite durch die Zellmembran begrenzt und die Elektrode ist in dem Zellraum angeordnet.

Es ist wesentlich für die erfindungsgemäße elektrochemische Zelle, dass die Elektrode zumindest teilweise als erfindungsgemäße Kontaktvorrichtung oder eine vorteilhafte Weiterbildung davon ausgestaltet ist. Das Substrat ist im Wesentlichen parallel zu der Zellmembran angeordnet. Das Kontaktmittel ist zwischen dem Substrat und der Zellmembran angeordnet und füllt den Zellraum zumindest teilweise aus.

Es ist eine erfindungswesentliche Erkenntnis, dass die oben beschriebene Kontaktvorrichtung eine besonders gute Eignung für einen Einsatz als Elektrode zur Kontaktierung eines Elektrolyten in einer elektrochemischen Zelle aufweist. Denn gegenüber bereits bekannten Kontaktvorrichtungen weist die erfindungsgemäße Kontaktvorrichtung aufgrund der Schweißverbindung zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat und dem elektrisch leitfähigen Kontaktmittel eine hohe korrosive Beständigkeit auf. Gleichzeitig geht die Verbindung mit einer hohen Festigkeit einher ohne das Kontaktmittel in der Herstellung komprimieren zu

müssen. Insbesondere ist es vorteilhaft das Kontaktmittel stoffdurchlässig auszubilden. Denn bei einer geringen Komprimierung des Kontaktmittels, verringert sich der Strömungswiderstand innerhalb des Kontaktmittels und die Kontaktfläche für den zu kontaktierenden Elektrolyten wird maximiert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist ein Zellrahmenelement zwischen der Zellmembran und dem Substrat angeordnet, wobei das Zellrahmenelement das Kontaktmittel randseitig begrenzt.

Die vorstehend beschriebene Anordnung des Zellrahmenelements ermöglicht es, auch bei der Montage der elektrochemischen Zelle sicherzustellen, dass das Kontaktmittel nicht übermäßig, insbesondere um nicht mehr als 5% gegenüber einem unverformten Zustand vor dem Verschweißen mit dem Substrat komprimiert wird. Gleichzeitig können die Komponenten der elektrochemischen Zelle in an sich bekannter Weise geschichtet werden, sodass keine zusätzlichen Maßnahmen vorgesehen werden müssen, um das Kontaktmittel mechanisch zu schonen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der elektrochemischen Zelle ist das Substrat auf einer dem Kontaktmittel abgewandten Seite mit einem Stromsammler elektrisch kontaktiert.

Gemäß vorstehend beschriebener Weiterbildung dient die Kontaktvorrichtung einerseits zur elektrischen Kontaktierung des Elektrolyten in der elektrochemischen Zelle und andererseits zur elektrischen Kontaktierung des Stromsammlers. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn das Substrat sowie der Stromsammler jeweils eine glatte Oberfläche aufweisen, an denen sie aneinander anliegen. Es liegt jedoch auch im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass das Substrat und der Stromsammler zueinander korrespondierende Kontaktmittel aufweisen, welche zur Verringerung des elektrischen Kontaktwiderstandes und/oder zur gegenseitigen Ausrichtung des Substrats und des Stromsammlers während der Montage dienen.

In einer anderen vorteilhaften Weiterbildung ist das Substrat der Kontaktvorrichtung zweiseitig mit jeweils einem Kontaktmittel verschweißt. Das eine Kontakt-

mittel ist dabei in bereits erläuterter Weise in den Zellraum der elektrochemischen Zelle gewandt, während das andere Kontaktmittel in einen Zellraum einer benachbarten elektrochemischen Zelle gewandt ist. Das Substrat ist hierbei als Bipolarplatte ausgestaltet.

Die vorstehend beschriebene Weiterbildung weist den Vorteil auf, dass die Kontaktvorrichtung dazu genutzt werden kann, die Zellräume zweier benachbarter elektrochemischer Zellen räumlich voneinander zu trennen und gleichzeitig die in den Zellräumen befindlichen Elektrolyten mit einer großen Kontaktfläche und hoher korrosiver Beständigkeit zu kontaktieren. Dabei dient das Substrat, entsprechend vorstehender Beschreibung als Bipolarplatte, welche einen Ladungsträgerfluss zwischen den getrennten Elektrolyten ermöglicht, ohne jedoch eine Vermengung der Elektrolyte zuzulassen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Substrat auf einer dem Zellraum zugewandten Seite mindestens eine Vertiefung auf, welche durch mindestens einen Steg begrenzt ist und der Kontaktbereich zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel zumindest teilweise auf dem Steg ausgebildet ist.

Die zumindest einseitig angeordnete Vertiefung dient vorzugsweise dazu, einen in die elektrochemische Zelle eingebrachten Stoffstrom zu leiten. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der besagte Stoffstrom den Zellraum der elektrochemischen Zelle durchströmt. Die Vertiefung ist vorzugsweise mäanderartig auf einer dem Kontaktmittel zugewandten Seite des Substrats ausgestaltet. Vorzugsweise weist das Substrat mehrere Vertiefungen auf.

Der Steg dient zur Begrenzung der Vertiefung. Die Oberfläche des Steges dient zur Ausgestaltung zumindest eines Teils des Kontaktbereichs zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel. Das Kontaktmittel ist vorzugsweise flächig ausgestaltet, und entspricht in seiner Grundform im Wesentlichen der Grundform des Substrats. Dabei muss die Geometrie des Kontaktmittels nicht an den Verlauf der Vertiefung oder etwa der Lage des Steges angepasst sein. Vielmehr können das Kontaktmittel und das Substrat während der Herstellung der Kontaktvorrichtung flächig aneinander angeordnet und lediglich in den Bereichen der Stege und nur dort, wo das Polymermaterial angeordnet ist, stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Vorzugsweise ist das Kontaktmittel jedoch nicht

in der Vertiefung angeordnet, sondern nur an der Oberfläche des Steges. Dadurch ist der Strömungswiderstand in der Vertiefung reduziert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die elektrochemische Zelle als Redox-Flow-Zelle ausgestaltet und der Zellraum mit einem Elektrolyten, vorzugweise einem Vanadium enthaltenden Elektrolyten, durchströmbar.

Eine Redox-Flow-Zelle ist üblicherweise ein Bestandteil eines Redox-Flow-Systems, welches zwei Elektrolyttanks mit jeweils einer Pumpvorrichtung umfasst. In den Elektrolyttanks sind Elektrolyten gespeichert, welche mittels ihrer jeweiligen Pumpvorrichtung durch jeweils einen von mindestens zwei Zellräumen der Redox-Flow-Zelle gefördert werden. Die Zellräume sind dabei durch die ionenpermeable Membran voneinander getrennt.

Bei der Durchströmung mit dem Elektrolyten findet in den Zellräumen eine elektrochemische Reaktion statt, wobei aus dem einen Elektrolyten, welcher einen der Zellräume durchströmt, Ionen sowie Elektronen gelöst werden. Die Ionen gelangen durch die ionenpermeable Membran in den anderen Zellraum der Redox-Flow-Zelle, während die Elektronen über das Kontaktmittel in die Kontaktvorrichtung gelangen und über eine mittelbare oder unmittelbare elektrische Kontaktierung als elektrischer Strom nutzbar gemacht werden.

In vorbekannten Redox-Flow-Zellen werden Kontaktvorrichtungen eingesetzt, welche ein elektrisch leitfähiges und stoffdurchlässiges Kontaktmittel sowie ein elektrisch leitfähiges Substrat umfassen. Allerdings sind die Komponenten bekannter Kontaktvorrichtungen nicht miteinander verschweißt. Vielmehr werden das Kontaktmittel und das Substrat in bereits beschriebener Weise miteinander verklebt oder mittels der Gehäusekomponenten der Redox-Flow-Zelle verpresst und dabei gegenüber einem unverformten Zustand um 20%-30% komprimiert. Dadurch ist das Kontaktmittel nur unter hohem Druck mit einem Elektrolyten durchströmbar. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Elektrode kann der Elektrolyt somit im Vergleich zu Redox-Flow-Zellen mit konventionellen Kontaktvorrichtungen und stark verformten Kontaktmitteln bei gleichem Volumenstrom mit geringerem Druck in den Zellraum gefördert werden.

Die Ausgestaltung der Elektrode als erfindungsgemäße Kontaktvorrichtung unterscheidet die erfindungsgemäße Redox-Flow-Zelle von vorbekannten Redox-Flow-Zellen. Der Einsatz der Kontaktvorrichtung, bei der das Substrat und das Kontaktmittel miteinander verschweißt sind, erlaubt es, die Gesamteffizienz im Betrieb einer Redox-Flow-Zelle deutlich zu steigern, da das Kontaktmittel nicht oder nur geringfügig komprimiert ist und die erforderliche Pumpenleistung aufgrund des geringen Strömungswiderstandes entsprechend gering dimensioniert sein kann.

Ferner ist die Herstellung der Redox-Flow-Zelle vereinfacht, da die Komponenten der Kontaktvorrichtung mittels des Polymermaterials fest miteinander verbunden sind, sodass nur wenige Handhabungs- und Montageschritte erforderlich sind, um die Redox-Flow-Zelle zu montieren. Ferner geht die Schweißverbindung mit einer hohen mechanischen Stabilität für die Kontaktvorrichtung einher. Dies reduziert signifikant die Anzahl der im Stackbau zu montierenden Einzelkomponenten bei gleicher Stackgröße.

Die Schweißverbindung zwischen dem Kontaktmittel und dem Elektrolyten ist ferner vorteilhaft, wenn die Redox-Flow-Halbzelle von einem Vanadium enthaltenden Elektrolyten durchströmbar ist. Ein derartiger Elektrolyt ist stark korrosiv, sodass die Vorteile der Schweißverbindung einer erfindungsgemäßen Kontaktvorrichtung nicht durch eine bekannte Verklebung zwischen dem Kontaktmittel und dem Substrat erreichbar sind.

Ein besonderer Vorteil ergibt sich für die Ausgestaltung von Redox-Flow-Zellen, wenn das Kontaktmittel als Graphitfilz ausgestaltet ist und das Substrat als Verbundmaterial mit einer Polymermatrix und einer Mehrzahl darin gebundener Graphitpartikel ausgestaltet ist. Ein derart ausgestaltetes Verbundbauteil weist eine gute elektrische Leitfähigkeit auf, so dass insbesondere im Vergleich zu bekannten Redox-Flow-Zellen keine starke Kompression zur Senkung des Kontaktwiderstands notwendig ist. Gleichzeitig bleibt die hohe Porosität und Stoffdurchlässigkeit des Filzes erhalten. Dies verbessert die Strömungseigenschaften des Elektrolyten und seine Verteilung in der elektrochemischen Zelle und damit auch die Bereitstellung der Reaktionskomponenten für die Redoxreaktionen zum Laden und Entladen der Zelle. Insbesondere verbessert sich die

Durchströmbarkeit des Filzes und führt zu einer Reduktion der erforderlichen Pumpleistung.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die elektrochemische Zelle als Brennstoffzelle ausgestaltet, wobei der Zellraum mit einem Fluid, welches einen Brennstoff, insbesondere Wasserstoff, oder ein Oxidationsmittel, insbesondere Sauerstoff, enthält, durchströmbar ist.

Es ist eine weitere Erkenntnis der Anmelderin, dass die elektrochemische Zelle nicht alleine für den Einsatz als Redox-Flow-Zelle geeignet ist. Vielmehr liegt es im Rahmen der Erfindung, dass die elektrochemische Zelle als Brennstoffzelle ausgestaltet ist, wobei der Zellraum, entsprechend obiger Beschreibung, mit einem Fluid, welches den Brennstoff oder das Oxidationsmittel enthält, durchströmbar ist. Der Brennstoff und das Oxidationsmittel können jeweils in einem flüssigem oder in einem gasförmigen Aggregatzustand vorliegen.

Zwar unterscheidet sich die Bauweise einer Brennstoffzelle grundsätzlich von der Struktur einer Redox-Flow-Zelle. Allerdings sind insbesondere die Elektroden bekannter Brennstoffzellen nahezu identisch zu den Elektroden bekannter Redox-Flow-Zellen ausgestaltet. Somit können durch den Einsatz einer erfindungsgemäßen Kontaktvorrichtung als Elektrode einer Brennstoffzelle im Wesentlichen die gleichen Vorteile erreicht werden, wie bei einer Redox-Flow-Zelle.

Die eingangs genannte Aufgabe ist weiterhin durch einen erfindungsgemäßen Zellenstapel gelöst. Der erfindungsgemäße Zellenstapel umfasst mindestens zwei elektrochemischen Zellen, welche elektrisch in Reihe geschaltet sind. Dabei ist zumindest eine der elektrochemischen Zellen gemäß der erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle oder einer vorteilhaften Weiterbildung davon ausgestaltet.

Durch die vorstehend beschriebene Anordnung mindestens zweier elektrochemischer Zellen, lässt sich die elektrische Spannung, welche durch lediglich eine elektrochemische Zelle erzeugt wird, bedarfsweise und in unmittelbarer Abhängigkeit von der Anzahl in Reihe geschalteter Zellen vergrößern. Gegenüber vorbekannten Zellenstapeln (auch: Zellenstacks) ist es möglich, die für den Stackbau relevante Repetitionseinheit, welche im Stand der Technik aus einer Schicht

aus dem Kontaktmittel, dem Substrat sowie gegebenenfalls einem weiteren Kontaktmittel besteht, zu einer einzigen und dauerhaft verbundenen Verbundkomponente zu reduzieren. Da während der Montage des Stacks üblicherweise zunächst alle Einzelkomponenten aufeinandergestapelt werden und erst abschließend durch einen äußeren Kraftschluss, z.B. durch Fügen von Gehäusekomponenten, final fixiert und abgedichtet werden, vereinfacht eine Verringerung der Anzahl der Einzelkomponenten den Herstellungsprozess, senkt die Fehlerquote und vereinfacht die Qualitätssicherung.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung einer Kontaktvorrichtung. Dabei werden in einem Verfahrensschritt A) mindestens ein elektrisch leitfähiges und verformbares, vorzugsweise stoffdurchlässiges, Kontaktmittel, sowie ein elektrisch leitfähiges Substrat bereitgestellt;
In einem Verfahrensschritt B) wird das Substrat und das Kontaktmittel zur Ausbildung eines gemeinsamen Kontaktbereichs geschichtet, wobei ein in dem Substrat enthaltenes Polymermaterial und/oder ein Hilfsstoff, welcher das Polymermaterial enthält, in dem Kontaktbereich angeordnet ist;
In einem Verfahrensschritt C) wird ein elektrischer Strom zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel in dem Kontaktbereich erzeugt und das Polymermaterial aufgeschmolzen, um das Substrat und das Kontaktmittel zu verschweißen.

Vorzugsweise dient das vorstehend beschriebene Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Kontaktvorrichtung oder zur Herstellung einer vorteilhaften Weiterbildung der Kontaktvorrichtung, einer elektrochemischen Zelle oder eines Zellenstapels.

Für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält das in Verfahrensschritt A) bereitgestellte Substrat das Polymermaterial, vorzugsweise in einem Randbereich, welcher zu späteren Ausgestaltung des Kontaktbereichs dient. Zusätzlich oder alternativ kann das Polymermaterial zumindest teilweise in Gestalt eines Hilfsstoffes auf das Substrat und/oder auf das Kontaktmittel aufgetragen werden.

In Verfahrensschritt B) werden das Substrat und das Kontaktmittel derart geschichtet, sodass der gemeinsame Kontaktbereich entsteht, in welchem das Polymermaterial angeordnet ist. Die Schichtung erfolgt manuell und/oder automatisiert.

Daraufhin wird in Verfahrensschritt C) mittels einer Stromquelle ein Strom mit einer einstellbaren und/oder regelbaren Stromstärke erzeugt, wobei der Strom zwischen dem Substrat und dem Kontakt fließt. Infolge eines hohen Kontaktwiderstandes zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel entwickelt sich Wärme, welche ein Aufschmelzen des Polymermaterials in dem Kontaktbereich innerhalb kurzer Zeit bewirkt. Die Stromdichte und Dauer des Schweißprozesses werden hierbei vorzugsweise von den zu fügenden Materialien, insbesondere dem Substrat und dem Kontaktmittel, und/oder deren Abmessungen und Geometrien und/der von der Gesamtanzahl zu fügender Komponenten abhängig gewählt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens liegt der Hilfsstoff in Verfahrensschritt B) zumindest teilweise als Pulver und/oder als Folie vor.

Bei einer Ausgestaltung des Hilfsstoffes als ein Pulver lässt sich eine räumliche Dichteverteilung des Polymers in dem Kontaktbereich zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel auf einfache Weise graduell einstellen. Dies wirkt sich begünstigend auf die stoffschlüssige Verbindung sowie die elektrisch leitfähige Verbindung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel aus.

Bei einer Ausgestaltung des Hilfsstoffes als eine Folie lässt sich bedarfswese eine gleichmäßige Dichteverteilung des Polymermaterials einstellen. Bedarfsweise weist die Folie Öffnungen auf, durch welche die gleichmäßige Dichteverteilung unterbrochen ist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Substrat als eine Bipolarplatte mit mindestens einer Vertiefung und einem Steg ausgestaltet ist. Dabei ist die Position oder die Kontur der Öffnung in der Folie an die Position und/oder die Geometrie der Vertiefung bzw. des Steges angepasst und wird während der Herstellung der Kontaktvorrichtung entsprechend der Lage der Vertiefung oder des Steges an dem Substrat angeordnet. Während des Schweißens wird die stoffschlüssige Verbindung somit nur in dem Bereich eines

Steges geschaffen. Die Vertiefung bleibt hingegen frei von jeglichem Polymermaterial. Die für eine elektrochemische Zelle vorteilhafte Fluidleitung mittels der Vertiefung bleibt somit unbeeinträchtigt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird das Kontaktmittel vor dem Verfahrensschritt C) mittels einer Schweißelektrode elektrisch kontaktiert und gegenüber einem unkomprimierten Volumen um höchstens 5% komprimiert.

Die Schweißelektroden werden unter Aufbringung einer geringen Kraft, z.B. entsprechend einer maximalen Kompression des Graphitfilzes um 5% gegenüber einem unverformten Zustand mit dem Substrat und dem Kontaktmittel in Verbindung gebracht. Der zwischen den Elektroden erzeugte Strom wird senkrecht zum Kontaktbereich durch das Substrat und das Kontaktmittel geleitet. Durch den Kontaktwiderstand kommt es, in bereits erläuterter Weise, zu einer lokalen Wärmeentwicklung, wodurch das Polymermaterial verflüssigt wird. Vorzugsweise wird das Substrat hierbei nur geringfügig, vorzugsweise überhaupt nicht, aufgeschmolzen. Auf diese Weise wird eine flächige, stoffschlüssige Verbindung der von außen nicht zugänglichen Grenzflächen der einzelnen Bauteile hin zur Verbundkomponente ermöglicht.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird vor Verfahrensschritt C) ein elektrisch isolierender Schweißrahmen an einem Randbereich des Kontaktmittels angeordnet, sodass in Verfahrensschritt C) die Schweißelektrode zumindest teilweise auf dem Schweißrahmen aufliegt.

Der Schweißrahmen ermöglicht es, während des Schweißprozesses, eine übermäßige Kompression des Kontaktmittels auf einfache Weise zu vermeiden, um die Kontaktvorrichtung mit einer hohen geometrischen Anpassungsfähigkeit des Kontaktmittels sowie einem geringen Strömungswiderstand auszubilden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird in Verfahrensschritt C) ein elektrischer Widerstand in dem Kontaktbereich ermittelt und der elektrische Strom in Abhängigkeit des ermittelten Widerstandes in dem Kontaktbereich geregelt.

Es ist eine Erkenntnis der Anmelderin, dass sowohl die Produktivität des erfindungsgemäßen Verfahrens als auch die Qualität der hergestellten Kontaktvorrichtungen verbessert werden, wenn die Stromstärke des elektrischen Stromes zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel in Abhängigkeit des elektrischen, vorzugsweise ohmschen Widerstandes in dem Kontaktbereich geregelt wird. In einer vorteilhaft einfachen Ausführungsform wird dabei während des Schweißvorganges die Spannung zwischen dem Substrat und dem Kontaktmittel, vorzugsweise über jeweils einen Messkontakt an den Schweißelektroden gemessen. Die gemessene Spannung wird gemeinsam mit der eingestellten Stromstärke dazu verwendet, den elektrischen Widerstand zu ermitteln. Gemäß einer Erkenntnis der Anmelderin, verringert sich insbesondere der ohmsche Widerstand während des Schweißvorganges. Sobald der ermittelte elektrische Widerstand einen zuvor festgelegten Mindestwert unterschreitet, kann der Strom reduziert oder unterbrochen werden, um den Schweißprozess zu beenden. Zusätzlich oder alternativ ist die Stromstärke in Abhängigkeit einer einstellbaren Zeitdauer steuerbar. Insbesondere beträgt die Zeitdauer für die Durchführung des Schweißverfahrens in dem Verfahrensschritt C) höchstens 10 Sekunden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den nachfolgend beschriebenen Figuren anhand von Ausführungsbeispielen gezeigt.

Es zeigen

Figur 1	ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kontaktvorrichtung;
Figur 2	ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Herstellung der Kontaktvorrichtung;
Figur 3	ein Ausführungsbeispiel eines Redox-Flow-Zellenstapels mit der Kontaktvorrichtung;
Figur 4	ein Diagramm, in welchem die Energieeffizienz einer Redox-Flow-Zelle mit der Kontaktvorrichtung in Abhängigkeit von einer Betriebszyklenzahl und einem

Kompressionsgrad des Kontaktmittels im Vergleich zu nicht gefügten Einzelkomponenten dargestellt ist.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kontaktvorrichtung 1 mit einem elektrisch leitfähigen Substrat 2, welches flächig ausgestaltet ist und in zwei Kontaktbereichen jeweils mittels eines Polymermaterials 4 bzw. 4‘ mit einem Kontaktmittel 3 bzw. 3‘ stoffschlüssig verschweißt ist.

Das gemäß Figur 1 gezeigte Substrat 2 besteht aus einem Verbundmaterial mit einer Polymermatrix sowie einer Mehrzahl elektrisch leitfähiger Graphitpartikel, welche in der Polymermatrix gebunden sind. Die Kontaktmittel 3, 3‘ bestehen jeweils aus einem elektrisch leitfähigen, verformbaren und stoffdurchlässigen Graphitfilz.

Die Kontaktvorrichtung 1 ist dazu geeignet, zwei technische Komponenten (nicht gezeigt) elektrisch leitfähig, und sofern kein Erfordernis nach elektrischer Isolation besteht, thermisch leitfähig zu verbinden. Die Verformbarkeit der Kontaktmittel 3, 3‘ ermöglicht es, auch uneben ausgestaltete Komponenten mit einer großen Kontaktfläche zu kontaktieren, indem sich die Geometrien der Kontaktmittel 3, 3‘ an die Konturen der jeweiligen zu kontaktierenden Komponenten anpassen. Dadurch wird die gemeinsame Kontaktfläche maximiert, wodurch sich der elektrische sowie der thermische Kontaktwiderstand zwischen der Kontaktvorrichtung 1 und der kontaktierten Komponente verringert.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weisen die Kontaktmittel 3,3‘ eine Höhe von 40 mm, eine Breite von 60 mm sowie eine Dicke von 4,6 mm auf. Bei dem Polymermaterial 4,4‘ handelt es sich um Polyvinylidenfluorid (PVDF), welches vor der Erzeugung der stoffschlüssigen Verbindung als Pulver in einer Menge von 3,7 mg je Kontaktmittel auf die Kontaktmittel aufgetragen wurde. Das Substrat 2 weist eine Höhe von 76 mm, eine Breite von 86 mm sowie eine Dicke von 0,6 mm auf.

Die Kontaktmittel 3, 3‘ sind in dem gemäß Figur 1 gezeigten Zustand jeweils gegenüber einem unverformten Zustand um maximal 5% verformt. Da die in dem Graphitfilz vorhandenen Zwischenräume zwischen einzelnen Graphitfasern nur geringfügig komprimiert sind, weisen die Kontaktmittel 3, 3‘ jeweils eine gute

Stoffdurchlässigkeit auf. Diese äußert sich in einem geringen Strömungswiderstand, wenn die Kontaktmittel 3,3‘ jeweils mit einem Fluid durchströmt sind. Gleichzeitig weist die stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Substrat 2 und den Kontaktmitteln 3, 3‘ eine hohe Festigkeit sowie hohe korrosive Beständigkeit auf. Letztere ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Kontaktvorrichtung 1 zur elektrischen Kontaktierung eines Elektrolyten in einer elektrochemischen Zelle verwendet wird.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schweißvorrichtung 5, welche zur Herstellung der in Figur 1 gezeigten Kontaktvorrichtung 1 dient. Zur Herstellung der Kontaktvorrichtung 1 wird das Substrat 2 sowie die zwei Kontaktmittel 3, 3‘ zunächst, in hier nicht gezeigter Weise, homogen mit einem Pulver, welches das Polymermaterial enthält, beschichtet.

Anschließend werden das Substrat 2 sowie die Kontaktmittel 3 und 3‘ geschichtet und dadurch zwei Kontaktbereiche ausgestaltet, in denen sich das zuvor aufgetragene Polymermaterial befindet. Die Kontaktmittel 3 und 3‘ werden jeweils mittels einer Schweißelektrode 6 bzw. 6’ elektrisch kontaktiert. Dabei werden die Kontaktmittel 3, 3‘ jeweils gegenüber einem unverformten Zustand nur um maximal 5% komprimiert. Dies wird erreicht, indem ein elektrisch isolierender Schweißrahmen (hier nicht gezeigt) randseitig an jeweils einem der Kontaktmittel 3 und/oder 3‘ angeordnet wird. Während des sich anschließenden Schweißvorganges liegen die Schweißelektroden 6, 6‘ jeweils zumindest teilweise auf dem jeweiligen Schweißrahmen auf, sodass die Verformung der Kontaktmittel 3, 3‘ durch den Schweißrahmen begrenzt ist und von seinen Abmessungen abhängig ist.

Mittels des Netzgerätes 7 wird ein Stromfluss zwischen den beiden Schweißelektroden 6 und 6‘ und somit auch durch die Schicht aus den Kontaktmitteln 3, 3‘ und dem zwischen den Kontaktmitteln 3, 3‘ befindlichen Substrat 2 erzeugt.

In den Kontaktbereichen zwischen dem Substrat 2 und den beiden Kontaktmitteln 3, 3‘ weist die Kontaktvorrichtung 1 jeweils einen erhöhten elektrischen Kontaktwiderstand auf. Infolge des erhöhten elektrischen Kontaktwiderstandes findet während des Stromflusses eine Wärmeentwicklung statt, welche dazu

führt, dass das in den Kontaktbereichen befindliche Polymermaterial aufschmilzt.

Während des Aufschmelzens des Polymermaterials sinken die elektrischen Widerstände in den Kontaktbereichen. Das Netzgerät 7 ist dazu ausgestaltet, die elektrische Spannung zwischen den Elektroden zu messen. Eine Regeleinheit, auf welcher eine Software 8 gespeichert ist, nutzt die gemessene elektrische Spannung zusammen mit der eingestellten Stromstärke des erzeugten Stromes (hier: 85 A) zur Ermittlung des abfallenden Kontaktwiderstandes. Unterschreitet der ermittelte Widerstand einen gespeicherten Mindestwert, wird die Stromstärke des Stromes durch das Netzteil 7 reduziert und der Schweißvorgang beendet. Anschließend werden die Elektroden 6, 6‘ entfernt und die Kontaktvorrichtung 1 aus der Schweißvorrichtung 5 entnommen.

Der Vorteil des vorstehend beschriebenen Schweißverfahrens besteht darin, dass einerseits eine stoffschlüssige Verbindung mit hoher Festigkeit zwischen dem Substrat 2 und den Kontaktmitteln 3 und 3‘ erzeugt wird und die Kontaktmittel 3, 3‘ dabei nur geringfügig verformt werden. Da die Kontaktmittel aus Graphitfilz hergestellt sind, weist eine derart hergestellte Kontaktvorrichtung 1 eine besonders gute Eignung für den Einsatz als Elektrode in einer Redox-Flow-Zelle auf.

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Zellenstapels 9, bei dem eine Mehrzahl an Redox-Flow-Zellen 10, von denen nur eine mit Bezugszeichen versehen ist, elektrisch in Reihe geschaltet sind. Die Redox-Flow-Zellen 10 weisen jeweils zwei Zellräume 11 und 12 auf, welche durch eine ionendurchlässige Membran 13 voneinander gentrennt sind. In den Zellräumen und 11, 12 ist ferner jeweils eine Elektrode angeordnet. Die Elektroden derjenigen Redox-Flow-Zellen, welche zu zwei anderen Redox-Flow-Zellen benachbart angeordnet sind, sind in identischer Weise als Kontaktvorrichtung 1 gemäß Figur 1 ausgestaltet. Bei einer solchen Kontaktvorrichtung dient das Substrat 2 als Bipolarplatte, während eines der Kontaktmittel (Kontaktmittel 3 gemäß Figur 3) in den Zellraum 12 der Redox-Flow-Zelle 10 gerichtet ist und das jeweils andere Kontaktmittel (Kontaktmittel 3‘ gemäß Figur 3) in den Zellraum einer benachbarten Redox-Flow-Zelle gerichtet ist. Die Elektroden derjenigen Redox-Flow-Zellen, welche randseitig in dem Zellenstapel 9 angeordnet sind, umfassen ebenfalls ein als Bipolarplatte

dienendes Substrat, welches jedoch nur einseitig mit einem Kontaktmittel verschweißt ist. Auf der dem Kontaktmittel abgewandten Seite ist das Substrat mit einem Stromsammler 14 oder 15 kontaktiert.

Die Zellräume 11 und 12 der Redox-Flow-Zelle 10 sind jeweils mit einem von zwei Elektrolyttanks (nicht gezeigt) verbunden. Eine Pumpenvorrichtung (nicht gezeigt) dient dazu, das jeweilige Elektrolyt in einen der Zellräume 11 oder 12 zu fördern, in denen eine elektrochemische Reaktion von statten geht. Bei einem hier beispielhaft beschriebenen Entladevorgang werden aus einem der Elektrolyten Ionen gelöst, welche durch die ionendurchlässige Membran aus dem Zellraum 12 in den Zellraum 11 (oder umgekehrt) gelangen und dort von dem anderen der beiden Elektrolyten aufgenommen werden. Zeitgleich werden aus dem Elektrolyten, welcher die Ionen in dem Zellraum 12 abgibt, auch Elektronen gelöst, welche durch das Kontaktmittel 3 in das Substrat 2 und von dort durch den gesamten Zellenstapel 9 zu dem Stromsammler 14 gelangen. Durch elektrische Kontaktierung der Stromsammler 14 und 15 lässt sich der erzeugte Strom nutzbar machen.

Während der Montage des Zellenstapels 9 werden die in Figur 3 gezeigten Bestandteile des Zellenstapels 9 durch Gehäusekomponenten (nicht gezeigt) eingehaust. Dabei dienen Zellrahmenelemente, von denen nur eines mit dem Bezugszeichen 16 versehen ist, dazu, eine Verformung der Kontaktmittel 3, 3‘ auf maximal 5% zu beschränken. Dadurch lässt sich für die Kontaktmittel 3, 3‘ auch im montierten Zustand eine gute Stoffdurchlässigkeit erreichen. Die positiven Einflüsse der guten Stoffdurchlässigkeit sowie der Schweißverbindung zwischen den Substraten und den Kontaktmitteln lässt sich aus dem Diagramm, welches in Figur 4 gezeigt ist, entnehmen.

Figur 4 zeigt ein Diagramm 17, in welchem die Energieeffizienz dreier unterschiedlicher Zellenstapel in Abhängigkeit einer Anzahl an Lade-/ und Entladezyklen dargestellt ist.

Die in dem Diagramm 17 gezeigte Kurve 18 beschreibt die Energieeffizienz eines Zellenstapels mit einem Aufbau gemäß Figur 3, welcher über eine Anzahl von 100 Zyklen mit einer Stromdichte von 80mA geladen und entladen wurde. Die Redox-Flow-Zellen des besagten Zellenstapels weisen mindestens eine

Kontaktvorrichtung auf, deren Substrat und mindestens ein Kontaktmittel mittels eines Polymermaterials verschweißt sind und das Kontaktmittel nur geringfügig und um nicht mehr als 5% komprimiert ist.

Die in dem Diagramm gezeigte Kurve 19 beschreibt die Energieeffizienz eines Zellenstapels, welcher eine Mehrzahl an konventionell ausgestaltete Redox-Flow-Zellen umfasst. Diese weisen ebenfalls mindestens eine Kontaktvorrichtung mit einem Substrat und einem Kontaktmittel auf, welches um maximal 5% komprimiert ist, allerdings sind das Substrat und das Kontaktmittel lediglich mittels der Gehäusekomponenten verpresst, sodass keine stoffschlüssige Schweißverbindung vorliegt.

Die in dem Diagramm gezeigte Kurve 20 beschreibt die Energieeffizienz eines Zellenstapels, welcher ebenfalls eine Mehrzahl an konventionell ausgestaltete Redox-Flow-Zellen umfasst, deren Kontaktmittel jedoch um 20% komprimiert sind.

Wie in Diagramm 17 gezeigt ist, führt die stoffschlüssige Schweißverbindung sowie die geringe Kompression der Kontaktmittel in dem Zellenstapel insgesamt zu einer hohen Energieeffizienz des Zellenstapels (vgl. Kurve 18). Insbesondere ist die Energieeffizienz tendenziell höher als die Energieeffizient eines Zellenstapels, dessen Kontaktmittel in konventioneller Weise lediglich durch Anpressen der verwendeten Gehäusekomponenten gefügt sind, wodurch deren Kompression um 20% (vgl. Kurve 20) bedingt wird, und deutlich höher ist als die Energieeffizienz eines solchen konventionellen Zellenstapels, dessen Kontaktmittel um 5% komprimiert wurden (vgl. Kurve 19).

Ansprüche

1. Kontaktvorrichtung (1) umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) sowie mindestens ein elektrisch leitfähiges und verformbares, vorzugsweise stoffdurchlässiges, Kontaktmittel (3,3‘), wobei das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3,3‘) in einem Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3,3‘) in dem Kontaktbereich mittels eines Polymermaterials (4,4‘) miteinander verschweißt sind.

2. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Kontaktmittel (3,3‘) ein elektrisch leitfähiges Textilmaterial, vorzugsweise Graphitfilz, umfasst und das Substrat (2) ein Verbundmaterial mit einer Mehrzahl von elektrisch leitfähigen Partikeln, insbesondere Graphit, und einer Polymermatrix umfasst, in welcher die leitfähigen Partikel gebunden sind.

3. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Polymermaterial (4,4‘) zumindest teilweise in der Polymermatrix enthalten ist.

4. Kontaktvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Polymermaterial (4,4‘) zumindest teilweise als ein Hilfsstoff vorliegt, welcher in dem Kontaktbereich zwischen dem Substrat (2) und dem Kontaktmittel (3,3‘) angeordnet ist.

5. Kontaktvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kontaktbereich mindestens zwei Teilbereiche aufweist, wobei in einem der Teilbereiche eine größere Menge an Polymermaterial (4,4‘) angeordnet ist als in dem anderen der beiden Teilbereiche.

6. Kontaktvorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
einer der Teilbereiche frei von Polymermaterial (4,4‘) ist, wobei das Kontaktmittel (3,3‘) in dem Teilbereich, welcher frei von Polymermaterial (4,4‘) ist, unmittelbar elektrisch leitfähig mit dem Substrat (2) verbunden ist.

7. Kontaktvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Substrat (2) auf einer dem Kontaktmittel (3,3‘) abgewandten Seite in einem zweiten Kontaktbereich stoffschlüssig und elektrisch leitfähig mit einem zweiten Kontaktmittel (3,3‘) verbunden ist, wobei das Substrat (2) und das zweite Kontaktmittel (3,3‘) mittels eines zweiten Polymermaterials (4,4‘) miteinander verschweißt sind.

8. Elektrochemische Zelle (10) mit mindestens einem Zellraum (11, 12), einer ionendurchlässigen Zellmembran (13) und einer Elektrode, wobei der Zellraum (11, 12) zu mindestens einer Seite durch die Zellmembran (13) begrenzt ist und die Elektrode in dem Zellraum (11, 12) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Elektrode zumindest teilweise als Kontaktvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgestaltet ist, wobei das Substrat (2) im Wesentlichen parallel zu der Zellmembran (13) angeordnet ist und wobei das Kontaktmittel (3,3‘) zwischen dem Substrat (2) und der Zellmembran (13) angeordnet ist und den Zellraum (11, 12) zumindest teilweise ausfüllt.

9. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Zellrahmenelement (16) zwischen der Zellmembran (13) und dem Substrat (2) angeordnet ist und das Kontaktmittel (3,3‘) randseitig begrenzt.

10. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Substrat (2) auf einer dem Kontaktmittel (3,3‘) abgewandten Seite mit einem Stromsammler (14, 15) elektrisch kontaktiert ist.

11. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kontaktvorrichtung (1) gemäß Anspruch 4 ausgestaltet ist, und das zweite Kontaktmittel (3,3‘) zwischen dem Substrat (2) und einer zweiten ionendurchlässigen Zellmembran einer zweiten, benachbarten elektrochemischen Zelle angeordnet ist und das Substrat (2) der Kontaktvorrichtung (1) als Bipolarplatte ausgestaltet ist.

12. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Substrat (2) auf einer dem Zellraum (11, 12) zugewandten Seite mindestens eine Vertiefung aufweist, welche durch mindestens einen Steg begrenzt ist und der Kontaktbereich zwischen dem Substrat (2) und dem Kontaktmittel (3,3‘) zumindest teilweise auf dem Steg ausgebildet ist.

13. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die elektrochemische Zelle (10) als Redox-Flow-Zelle ausgestaltet ist und der Zellraum (11, 12) mit einem Elektrolyten, welcher insbesondere Vanadium enthält, durchströmbar ist.

14. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die elektrochemische Zelle (10) als Brennstoffzelle ausgestaltet ist, wobei der Zellraum mit einem Fluid, welches einen Brennstoff, insbesondere Wasserstoff, oder ein Oxidationsmittel, insbesondere Sauerstoff, enthält, durchströmbar ist.

15. Elektrochemischer Zellenstapel mit mindestens zwei elektrochemischen Zellen, welche elektrisch in Reihe geschaltet sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest eine der elektrochemischen Zellen (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 14 ausgestaltet ist.

16. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktvorrichtung, wobei
in einem Verfahrensschritt A) mindestens ein elektrisch leitfähiges und verformbares, vorzugsweise stoffdurchlässiges, Kontaktmittel (3,3‘), sowie ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) bereitgestellt werden;

in einem Verfahrensschritt B) das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3,3‘) zur Ausbildung eines gemeinsamen Kontaktbereichs geschichtet werden, wobei ein in dem Substrat (2) enthaltenes Polymermaterial (4,4‘) und/oder ein Hilfsstoff, welcher das Polymermaterial (4,4‘) enthält, in dem Kontaktbereich angeordnet ist;
in einem Verfahrensschritt C) ein elektrischer Strom zwischen dem Substrat (2) und dem Kontaktmittel (3,3‘) in dem Kontaktbereich erzeugt wird und das Polymermaterial (4,4‘) aufgeschmolzen wird, um das Substrat (2) und das Kontaktmittel (3,3‘) zu verschweißen.

17. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Hilfsstoff in Verfahrensschritt B) zumindest teilweise als Pulver und/oder als Folie vorliegt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor Verfahrensschritt C) das Kontaktmittel (3, 3‘) mittels einer Schweißelektrode (6) elektrisch kontaktiert wird und gegenüber einem unkomprimierten Volumen um höchstens 5% komprimiert wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor Verfahrensschritt C) ein elektrisch isolierender Schweißrahmen an einem Randbereich des Kontaktmittels (3, 3‘) angeordnet wird und die Schweißelektrode (6, 6‘) in Verfahrensschritt C) zumindest teilweise auf dem Schweißrahmen aufliegt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
in Verfahrensschritt C) ein elektrischer Widerstand in dem Kontaktbereich ermittelt wird und der elektrische Strom in Abhängigkeit des ermittelten Widerstandes in dem Kontaktbereich geregelt wird.

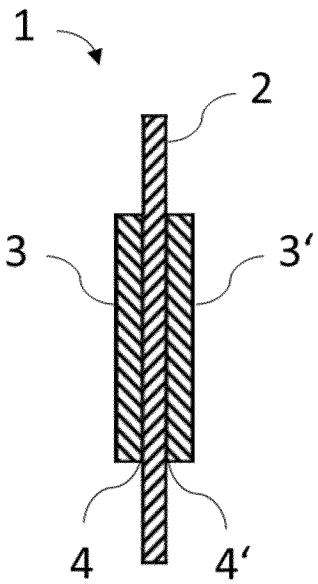


Fig. 1

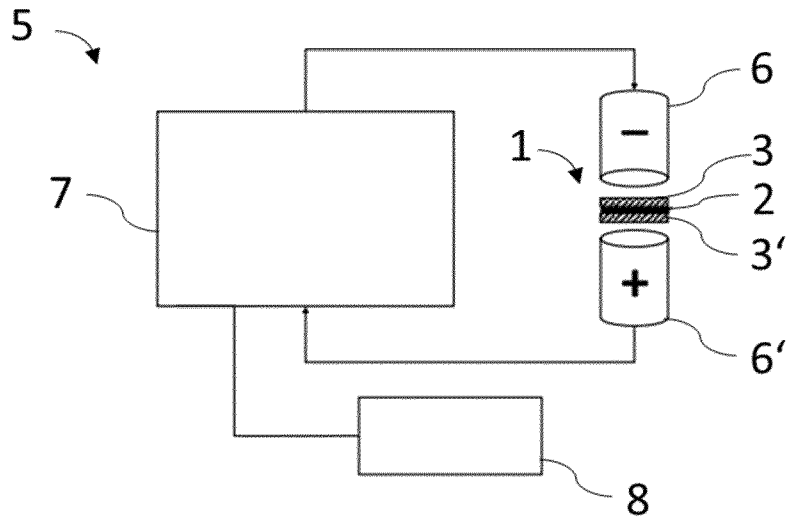


Fig. 2

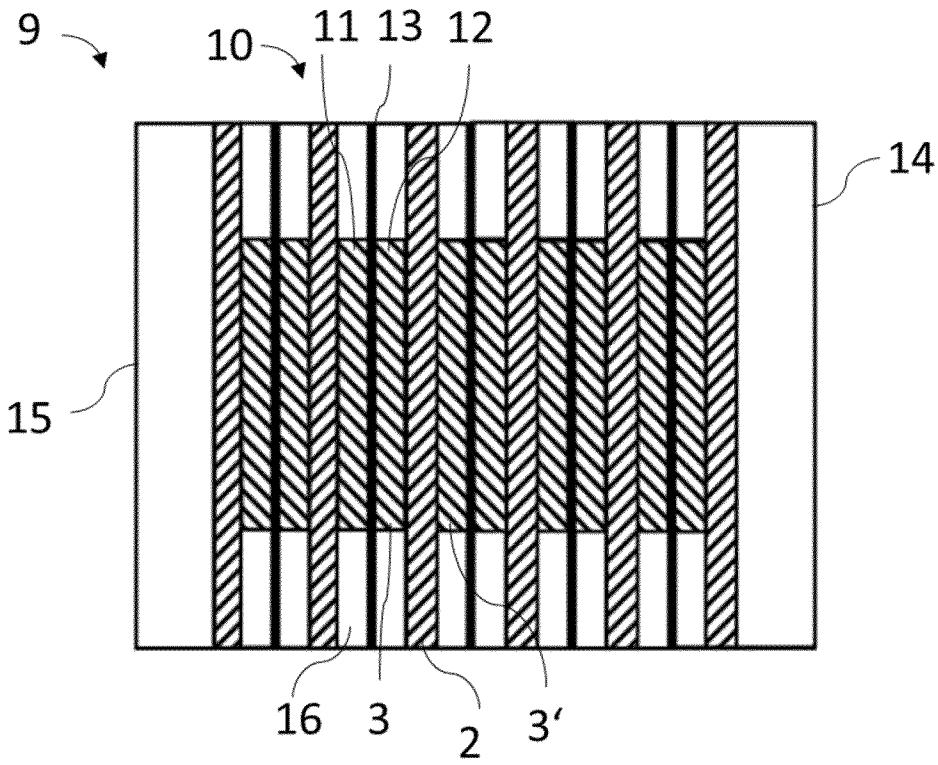


Fig. 3

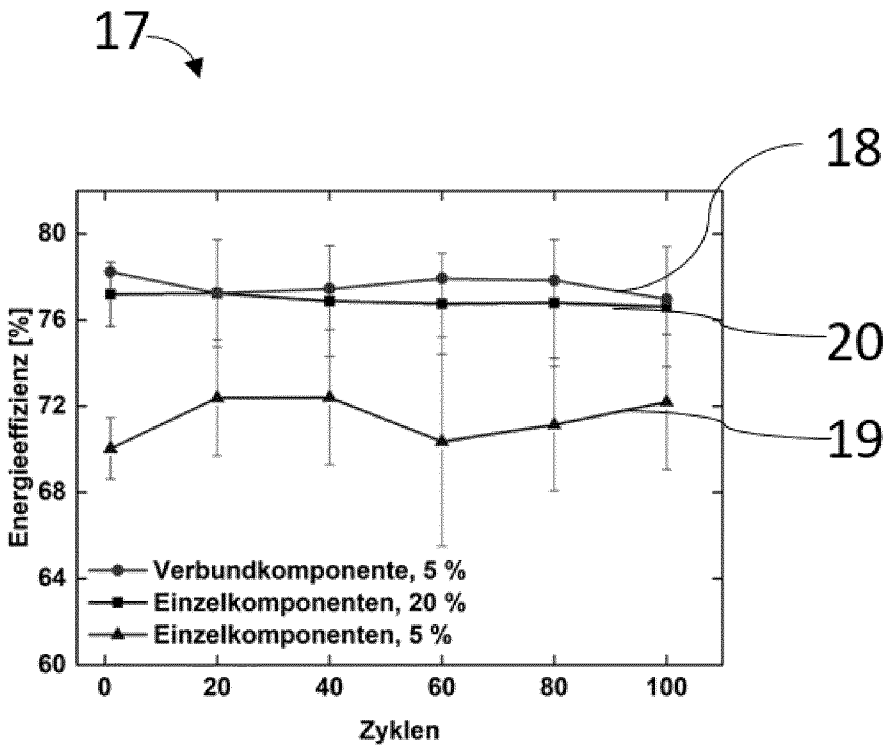

17
18
20
19
Energieeffizienz [%]
80
76
72
68
64
60
0
20
40
60
80
100
Zyklen
Verbundkomponente, 5 %
Einzelkomponenten, 20 %
Einzelkomponenten, 5 %

Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/064083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 50/536(2021.01)i; ***H01M 50/534***(2021.01)i; ***B23K 11/11***(2006.01)i; ***C09J 5/10***(2006.01)i; *B23K 101/38*(2006.01)n

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)

C09J; H01M

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP H0999378 A (NIPPON KOKAN KK) 15 April 1997 (1997-04-15) the whole document	1,7,16-20
X	WO 2021060742 A1 (U&S ENERGY INC [KR]) 01 April 2021 (2021-04-01) the whole document & EP 4037037 A1 (U&S ENERGY INC [KR]) 03 August 2022 (2022-08-03) paragraphs [0001] - [0019], [0029] - [0078], [0100], [0113]; figures 1-8	1,5-20
X	KR 20160136153 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH [KR]) 29 November 2016 (2016-11-29) paragraphs [0001], [0014] - [0017]; figures 1, 2	1-4

☐ 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
10 October 2022	**18 October 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Schmidtbauer, H** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/064083

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP H0999378 A	15 April 1997	NONE	
WO 2021060742 A1	01 April 2021	CN 114424371 A	29 April 2022
		EP 4037037 A1	03 August 2022
		KR 20210035503 A	01 April 2021
		WO 2021060742 A1	01 April 2021
KR 20160136153 A	29 November 2016	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/064083

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01M50/536 H01M50/534 B23K11/11 C09J5/10
ADD. B23K101/38

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C09J H01M

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H09 99378 A (NIPPON KOKAN KK) 15. April 1997 (1997-04-15) das ganze Dokument -----	1,7, 16-20
X	WO 2021/060742 A1 (U&S ENERGY INC [KR]) 1. April 2021 (2021-04-01) das ganze Dokument & EP 4 037 037 A1 (U&S ENERGY INC [KR]) 3. August 2022 (2022-08-03) Absätze [0001] - [0019], [0029] - [0078], [0100], [0113]; Abbildungen 1-8 -----	1,5-20
X	KR 2016 0136153 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH [KR]) 29. November 2016 (2016-11-29) Absätze [0001], [0014] - [0017]; Abbildungen 1, 2 -----	1-4

☐ 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
10. Oktober 2022	18/10/2022

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	Schmidtbauer, H

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/064083

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H0999378 A	15-04-1997	KEINE	
WO 2021060742 A1	01-04-2021	CN 114424371 A	29-04-2022
		EP 4037037 A1	03-08-2022
		KR 20210035503 A	01-04-2021
		WO 2021060742 A1	01-04-2021
KR 20160136153 A	29-11-2016	KEINE	