(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2013 219 330 B4** 2025.06.12

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 330.0**
(22) Anmeldetag: **25.09.2013**
(43) Offenlegungstag: **02.10.2014**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **12.06.2025**

(51) Int Cl.: ***H01M 8/0228*** (2016.01)

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

(30) Unionspriorität:
10-2013-0034500 29.03.2013 KR

(73) Patentinhaber:
Hyundai Motor Company, Seoul, KR; KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION, Seoul, KR

(74) Vertreter:
isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte Barth Hassa Peckmann und Partner mbB, 80801 München, DE

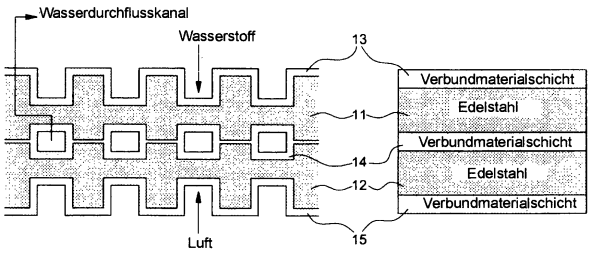
(72) Erfinder:
Yang, Yoo Chang, Yongin, Kyonggi, KR; Jin, Sang Mun, Yongin, Kyonggi, KR; Jang, Jun Ho, Uiwang, Kyonggi, KR; Lee, Chi Seung, Yongin, Kyonggi, KR; Heo, Seong Il, Yongin, Kyonggi, KR; Baeck, Suk Min, Yonin, Kyonggi, KR; Kim, Kyung Min, Seoul, KR; Lee, Yang Bok, Seoul, KR; Lim, Dae Soon, Seoul, KR

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2007 052 832**	**A1**
US	**2008 / 0 113 253**	**A1**
US	**2012 / 0 219 881**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Trennelement für eine Brennstoffzelle und Verfahren zur Herstellung desselben**

(57) Hauptanspruch: Trennelement für eine Brennstoffzelle, wobei das Trennelement aufweist:
eine obere Metallplatte (11) mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf beiden Seiten mit einer ersten und einer zweiten Verbundmaterialschichten (13, 16) beschichtet sind, wobei Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18) auf beiden Seiten der oberen Metallplatte (11) aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten (13, 16) aufgebracht sind; und
eine untere Metallplatte (12) mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf der Unterseite der oberen Metallplatte (11) gestapelt sind, und eine dritte sowie eine vierte Verbundmaterialschicht (17, 15) enthalten, die auf beiden Seiten aufgebracht sind, wobei Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19) auf beiden Seiten der unteren Metallplatte (12) aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten (17, 15) aufgebracht sind,
wobei die zweite und dritte Verbundmaterialschicht (16, 17) zwischen der oberen Metallplatte (11) und der unteren Metallplatte (12) vor dem Verfestigen integral zu einer einzigen Verbundmaterial-Zwischenschicht (14) verbunden werden, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18), die auf der oberen Metallplatte (11) auf der Seite der zweiten Verbundmaterialschicht (16) gewachsen sind, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19), die auf den unteren Metallplatten (12) auf der Seite der dritten Verbundmaterialschicht (17) aufgewachsen sind, direkt miteinander verbunden sind.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Trennelement für eine Brennstoffzelle und ein Verfahren zur Herstellung desselben und insbesondere das Trennelement für eine Brennstoffzelle und ein Verfahren zur Herstellung desselben, das zwei Metallplatten aufweist und den Kontaktwiderstand zwischen einer oberen Metallplatte und einer unteren Metallplatte auf ein Minimum reduziert.

HINTERGRUND

[0002] Eine Brennstoffzelle wandelt normalerweise chemische Energie in elektrische Energie durch eine Redox-Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff. Eine Zelleneinheit der Brennstoffzelle hat eine niedrige Ausgangsspannung. Deshalb werden im Allgemeinen einige bis hunderte Zelleinheiten zu einem Brennstoffzellenstapel gestapelt. Ein Trennelement sorgt für die elektrische Verbindung zwischen den Zelleneinheiten, während die Zelleneinheiten gestapelt sind, und fungiert als Strömungsfeld, das die Reaktionsgase trennt und durch das Kühlmittel strömt.

[0003] Bei einem typischen Trennelement können Volumen und Gewicht des Brennstoffzellenstapels verringert werden, indem die Dicke während des Herstellungsprozesses etwa durch Stanzen usw. verringert wird, was eine Massenproduktion gestattet.

[0004] Ein Metalltrennelement hat Vorteile, etwa eine hohe elektrische Leitfähigkeit sowie hervorragende mechanische Eigenschaften und gute Verarbeitbarkeit. Allerdings korrodiert ein typisches Metalltrennelement leicht in der heißen und feuchten Umgebung der Brennstoffzelle.

[0005] Im Stand der Technik wurde eine Technik zum Beschichten eines PolymerVerbundmaterials entwickelt, das ein leitfähiges Additiv auf der Oberfläche des Trennelements aufweist, um das Problem zu lösen.

[0006] Das Trennelement für eine Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle ist mit einem Kanal ausgeführt, durch den Kühlmittel strömt, um die während des Betriebs erzeugte Wärme abzuführen.

[0007] Wie in **Fig.** 8 dargestellt weist das herkömmliche Trennelement zwei Metallplatten 1 und 2 als Basismaterialien für den Kühlmittelkanal auf. Der Kontaktwiderstand entsteht an einer Oberfläche zischen den zwei Metallplatten.

[0008] Ein Polymer-Verbundmaterial, mit dem die zwei Metallplatten beschichtet sind, bildet eine Kontaktoberfläche zwischen einer Verbundmaterial-Beschichtung 3 und einer Verbundmaterial-Beschichtung 4 sowie zwischen jeder Verbundmaterial-Beschichtung und der Metallplatte, wodurch ein hoher Kontaktwiderstand erzeugt wird, der den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle mindert.

[0009] Aus der US 2008 / 0 113 253 A1 ist ein Trennelement für eine Brennstoffzelle bekannt, aufweisend: eine obere Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf beiden Seiten mit einer ersten und einer zweiten Verbundmaterialschichten beschichtet sind; und eine untere Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf der Unterseite der oberen Metallplatte gestapelt sind, und eine dritte sowie eine vierte Verbundmaterialschicht enthalten, die auf beiden Seiten aufgebracht sind, wobei die zweite und dritte Verbundmaterialschicht zwischen der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte vor dem Verfestigen integral zu einer einzigen Verbundmaterial-Zwischenschicht verbunden werden.

[0010] Die DE 10 2007 052 832 A1 beschreibt ein Verfahren umfassend das Bereitstellen einer bipolaren Brennstoffzellplatte, welche an einer Außenfläche der bipolaren Platte exponierten Kohlenstoff enthält, sowie das Reagieren eines Diazoniumsalzes mit dem exponierten Kohlenstoff, so dass eine funktionelle Gruppe an dem exponierten Kohlenstoff befestigt wird, um die Hydrophilizität der bipolaren Platte, wo die funktionelle Gruppe befestigt ist, zu erhöhen.

[0011] Außerdem zeigt die US 2012 / 0 219 881 A1 noch eine Bipolarplatte für Brennstoffzellen mit einer Strömungsplatte, die eine erste Oberfläche zum Einleiten von Wasserstoff-Brennstoffgas und Wasserdampf und eine zweite Oberfläche zum Einleiten eines sauerstoffhaltigen Gases aufweist, wobei mindestens ein Teil der ersten und/oder zweiten Oberfläche eine darauf abgeschiedene Beschichtung aus nanostrukturiertem Kohlenstoffmaterial (NCM) umfasst, wobei die Beschichtung eine Dicke von 1 nm bis 5 pm hat.

[0012] Die obigen Informationen dieses Hintergrund-Abschnitts dienen nur dem besseren Verständnis des Hintergrunds der Erfindung und können deshalb Informationen enthalten, die nicht Bestandteil des hierzulande dem Durchschnittsfachmann bereits bekannten Standes der Technik bilden.

ÜBERBLICK ÜBER DIE OFFENBARUNG

[0013] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, ein Trennelement für eine Brennstoffzelle und ein Verfahren zum Herstellen derselben bereit-

zustellen, wobei Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf beiden Seiten einer oberen Metalplatte aufgewachsen werden. Verbundmaterialschichten werden durch Beschichten eines Polymer-Verbundmaterials darauf ausgebildet und die Verbundmaterialschichten zwischen der oberen und unteren Metallplatte werden integral miteinander verbunden, bevor das Polymer-Verbundmaterial getrocknet ist, so dass der Kontaktwiderstand zwischen den zwei Metallplatten minimiert wird.

[0014] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Trennelement für eine Brennstoffzelle mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Trennelements für eine Brennstoffzelle mit den Merkmalen des Anspruchs 5. Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den Unteransprüchen.

[0015] Gemäß eines Aspekts der vorliegenden Offenbarung weist ein Trennelement für eine Brennstoffzelle eine obere Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten auf, die eine erste und eine zweite Verbundmaterialschicht enthalten, die auf beiden Seiten aufgebracht ist, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf beiden Seiten der oberen Metallplatte aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten aufgebracht sind, und eine untere Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die an der Unterseite der oberen Metallplatte gestapelt sind, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf beiden Seiten der unteren Metallplatte aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten aufgebracht sind und eine dritte und eine vierte Verbundmaterialschicht enthalten, die auf beiden Seiten aufgebracht sind. Dabei werden die zweite und dritte Verbundmaterialschicht vor dem Verfestigen integral verbunden, um eine einzige Verbundmaterial-Zwischenschicht zu bilden, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die auf der oberen Metallplatte auf der Seite der zweiten Verbundmaterialschicht gewachsen sind, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die auf den unteren Metallplatten auf der Seite der dritten Verbundmaterialschicht aufgewachsen sind, sind direkt miteinander verbunden.

[0016] Gemäß eines anderen Aspekts der vorliegenden Offenbarung weist ein Verfahren zur Herstellung eines Trennelements für eine Brennstoffzelle die Bereitstellung einer oberen Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten und einer unteren Metallplatte mit gegenüberliegenden Hauptseiten auf. Kohlenstoff-Nanoröhrchen werden auf beiden Seiten der oberen Metallplatte bzw. der unteren Metallplatte aufgewachsen und nach dem Aufwachsen werden erste und zweite Verbundmaterialschichten auf beiden Seiten der oberen Platte und dritte und vierte Verbundmaterialschichten werden auf beiden Seiten der unteren Platte durch Aufbringen einer ein Polymer-Verbundmaterial enthaltenden Beschichtungsflüssigkeit auf beide Seiten der oberen bzw. unteren Metallplatte ausgebildet. Eine einzige Verbundmaterial-Zwischenschicht wird ausgebildet, indem die obere Metallplatte auf der unteren Metallplatte gestapelt wird, die jeweiligen Verbundmaterialschichten getrocknet werden, und die zweite Verbundmaterialschicht mit der dritten Verbundmaterialschicht integral verbunden wird, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die auf der oberen Metallplatte auf der Seite der zweiten Verbundmaterialschicht gewachsen sind, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die auf den unteren Metallplatten auf der Seite der dritten Verbundmaterialschicht gewachsen sind, direkt miteinander verbunden sind.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] Die obigen und andere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsbeispiele, die in den beiliegenden Zeichnungen nur beispielhaft dargestellt sind, nachstehend ausführlich beschrieben somit keine Einschränkung darstellen.

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Querschnitts des Aufbaus eines Trennelements für eine Brennstoffzelle gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 2 ist eine teilweise vergrößerte Ansicht eines Trennelements für eine Brennstoffzelle gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 3 und 4 sind schematische Flussdiagramme eines Verfahrens zur Herstellung einer Brennstoffzelle gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 5 zeigt einen Vergleichsgraphen des Kontaktwiderstands zwischen einer oberen Metallplatte und einer unteren Metallplatte für ein Trennelement gemäß der vorliegenden Offenbarung und ein Trennelement gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 6 zeigt die Messergebnisse des zwischen einer oberen und einer unteren Metallplatte erzeugten Kontaktwiderstands für verschiedene Trennelement-Beispiele.

Fig. 7 zeigt die Ergebnisse einer Adhäsionsprüfung mit einem zweiten und einem vierten Trennelement-Beispiel.

.**Fig.** 8 ist eine schematische Ansicht eines Querschnitts des Aufbaus eines herkömmlichen Trennelements für eine Brennstoffzelle.

[0018] Es versteht sich, dass die beigefügten Zeichnungen nicht unbedingt maßstäblich sind, da sie eine etwas vereinfachte Darstellung der verschiedenen bevorzugten Merkmale zeigen, die für die Grundlagen der Erfindung beispielhaft sind. Die hierin offenbarten spezifischen Konstruktionsmerkmale der vor-

liegenden Erfindung die z. B. bestimmte Abmessungen, Ausrichtungen, Orte und Formen umfassen, werden zum Teil durch die besondere vorgesehene Anwendung und die Umgebungsbedingungen am Einsatzort bestimmt.

[0019] In den Figuren kennzeichnen identische Bezugszeichen gleiche oder äquivalente Teile der vorliegenden Erfindung in allen Figuren der Zeichnung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0020] Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich erläutert, von denen Beispiele in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind und nachstehend beschrieben werden. Obwohl die Erfindung in Zusammenhang mit Ausführungsbeispielen beschrieben wird, versteht es sich, dass die vorliegende Beschreibung die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränken soll. Die Erfindung soll im Gegenteil nicht nur die Ausführungsbeispiele, sondern auch verschiedene Alternativen, Modifikationen, Äquivalente und andere Ausführungsformen abdecken, die von Geist und Gültigkeitsbereich der Erfindung, die in den beigefügten Ansprüchen definiert sind, erfasst werden.

[0021] Wie in **Fig.** 1 dargestellt weist ein Trennelement für eine Brennstoffzelle eine obere Metallplatte 11 und eine untere Metallplatte 12 auf. Eine obere Verbundmaterialschicht 13 ist auf der Oberseite der oberen Metallplatte 11, eine untere Verbundmaterialschicht 15 auf der Unterseite der unteren Metallplatte 12 und eine Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 zwischen der oberen Metallplatte 11 und der unteren Metallplatte 12 angeordnet.

[0022] Wie aus **Fig.** 4 ersichtlich ist, ist die erste Verbundmaterialschicht 13 und die zweite Verbundmaterialschicht 16 jeweils auf beiden Seiten der oberen Metallplatte 11 aufgebracht, wo Kohlenstoff-Nanoröhrchen aufgewachsen werden.

[0023] Eine dritte Verbundmaterialschicht 17 und eine vierte Verbundmaterialschicht 15 sind jeweils auf beiden Seiten der unteren Metallplatte 12 aufgebracht, wo ebenfalls Kohlenstoff-Nanoröhrchen aufgewachsen werden.

[0024] Die Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 werden durch eine eine Polymermatrix und ein leifähiges Füllmaterial enthaltende Beschichtungsflüssigkeit ausgebildet, wobei die obere Metallplatte 11 auf der unteren Metallplatte 12 gestapelt wird, bevor das Trennelement einem Trockenprozess unterzogen wird.

[0025] Das heißt, eine ein Polymer-Verbundmaterial enthaltende Beschichtungsflüssigkeit wird auf die Oberflächen der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 aufgebracht und dann die obere Metallplatte 11 vor dem Trocknen auf der unteren Metallplatte 12 gestapelt.

[0026] Die zweite Verbundmaterialschicht 16 wird auf der Unterseite der oberen Metallplatte 11 und die dritte Verbundmaterialschicht 17 auf der Oberseite der unteren Metallplatte 12 angeordnet. Vor dem Verfestigen der Verbundmaterialschichten werden sie integral zu einer einzigen Verbundmaterialschicht verbunden, so dass sie eine einzige Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 zwischen den zwei Metallplatten bilden.

[0027] Wie in **Fig.** 2 dargestellt werden die auf der Unterseite der oberen Metallplatte 11 bzw. der Oberseite der unteren Metallplatte 12 aufgewachsenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen 18 und 19 in der Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 miteinander verbunden.

[0028] Jedes der auf der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 aufgewachsenen Nanoröhrchen hat eine Höhe von 5 bis 10 µm, und die Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 auf der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 haben Dicken von 10 bis 20 µm.

[0029] Demnach beträgt die Dicke der oberen und unteren Verbundmaterialschichten 13 und 15 jeweils 10 bis 20 µm, und die Dicke der Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 beträgt 20 bis 40 µm.

[0030] Wenn die Höhe des Kohlenstoff-Nanoröhrchens unter 5 µm beträgt, vermindert sich die elektrische Leitfähigkeit. Wenn dagegen die Höhe des Kohlenstoff-Nanoröhrchens größer ist als 10 µm, treten unerwünschte Fehler auf der Beschichtungsoberfläche auf.

[0031] Außerdem werden die Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 mit einer Dicke unter 10 µm die Verbundmaterialschichten während des Zusammenbaus eines Brennstoffzellenstapels getrennt und bei über 20 µm steigt der Gesamtwiderstand unerwünscht.

[0032] Bei dem oben beschriebenen Trennelement für die Brennstoffzelle ist eine einzige Verbundmaterial-Zwischenschicht zwischen der oberen Metallplatte 11 und der unteren Metallplatte 12 angeordnet, so dass die Kontaktoberfläche zwischen der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 entfällt, und es möglich wird, den Kontaktwiderstand zwischen den zwei Metallplatten zu beseitigen. Außerdem sind die auf der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 aufgewachsenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen 18 und

19 direkt miteinander verbunden und verringern dadurch den Kontaktwiderstand zwischen der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 sowie der Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 und senken den zwischen den zwei Metallplatten entstandenen Kontaktwiderstand auf ein Minimum.

[0033] Ein Verfahren zur Herstellung eines Trennelements für eine Brennstoffzelle ist in den **Fig.** 3 und 4 schematisch dargestellt.

[0034] Wie in **Fig.** 3 dargestellt weist ein Verfahren zur Herstellung eines Trennelements für eine Brennstoffzelle die Schritte auf: Bereitstellen einer oberen Metallplatte 11 mit gegenüberliegenden Hauptseiten und einer unteren Metallplatte 12 mit gegenüberliegenden Hauptseiten; Aufwachsen von Nanoröhrchen auf beiden Seiten der oberen Metallplatte 11 bzw. der unteren Metallplatte 12; Ausbilden von Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 durch Aufbringen einer ein Polymer-Verbundmaterial enthaltenden Beschichtungsflüssigkeit auf beide Seiten der oberen Metallplatte 11 bzw. der unteren Metallplatte 12, wo die Kohlenstoff-Nanoröhrchen aufgewachsen wurden; und integrales Verbinden einer zweiten Verbundmaterialschicht 16 der oberen Metallplatte 11 und einer dritten Verbundmaterialschicht 17 der unteren Metallplatte 12 durch Stapeln der oberen Metallplatte 11 auf der unteren Metallplatte 12, und dann Unterziehen des Trennelements Trocknungs- und Glühprozessen.

[0035] Für den Prozess des Aufwachsens von Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf den Oberflächen der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 wird eine hinreichend bekannte Technik angewendet.

[0036] Die erste, zweite, dritte und vierte Verbundmaterialschicht 13, 15, 16 und 17 werden durch Aufbringen eines Polymer-Verbundmaterials auf beide Seiten der oberen bzw. unteren Metallplatte 11 bzw. 12 ausgebildet. Die auf beide Seiten der oberen Metallplatte 11 aufgebrachte Beschichtungsflüssigkeit bildet die erste und zweite Verbundmaterialschicht 13 und 16, und die auf beide Seiten der unteren Metallplatte 12 aufgebrachte Beschichtungsflüssigkeit bildet die dritte und vierte Verbundmaterialschicht 17 und 15.

[0037] Wie in **Fig.** 4 dargestellt ist, wird die untere Metallplatte 12 auf die Unterseite der oberen Metallplatte 11 vor dem Trocknen der Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 gestapelt, nachdem die Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17 auf beiden Seiten der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 ausgebildet worden sind.

[0038] Die zweite Verbundmaterialschicht 16 und die dritte Verbundmaterialschicht 17, die nicht getrocknet worden sind, werden integral verbunden, um die einzige Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 zwischen der oberen Metallplatte 11 und der unteren Metallplatte 12 auszubilden, so dass die Kontaktoberfläche zwischen der oberen Metallplatte 11 und der unteren Metallplatte 12 entfällt.

[0039] Nachdem die Verbundmaterial-Zwischenschicht 14 zwischen der oberen Metallplatte 11 und der unteren Metallplatte 12 ausgebildet worden ist, werden Trockungs- und Glühprozesse ausgeführt, um den Herstellungsprozess abzuschließen.

[0040] Das in der Beschichtungsflüssigkeit enthaltene Polymer-Verbundmaterial weist eine Polymermatrix und ein leitfähiges Füllmaterial auf. Ein leitfähiges Polymer als leitfähiges Füllmaterial sorgt für die Adhäsion zwischen der oberen und unteren Metallplatte 11 und 12 und den jeweiligen Verbundmaterialschichten 13, 15, 16 und 17.

[0041] Polyamidimid (PAI), ein thermoplastisches Polymer mit hervorragender Haftkraft mit den Metallplatten als Basismaterialien und den Kohlenstoff-Nanoröhrchen mit hervorragender Formbarkeit, wird als leitfähiges Füllmaterial bevorzugt.

[0042] PAI ist ein aromatische Polymer mit einer Amidgruppe und einer Imidgruppe als sich wiederholende Einheiten in der Polymerkette und wird angewendet, wo hervorragende Beschichtungsstabilität und Verarbeitbarkeit verlangt werden.

[0043] Während der Herstellung des Trennelements zeigt PAI eine starke Wechselwirkung und Elektronentransfer mit Metall im Glühprozess, so dass im Vergleich zu anderen Polymeren eine starke Adhäsion mit Metall erzeugt wird.

[0044] **Fig.** 5 zeigt einen Vergleich des Kontaktwiderstands zwischen einer oberen Metallplatte und einer unteren Metallplatte für ein Trennelement gemäß der vorliegenden Offenbarung und ein Trennelement gemäß dem Stand der Technik.

[0045] Das Trennelement gemäß dem Stand der Technik wird durch Verbinden einer oberen Metallplatte und einer unteren Metallplatte hergestellt, wobei beide Hauptseiten mit einer Verbundmaterialschicht beschichtet werden, wodurch zwischen ihnen eine Kontaktoberfläche gebildet wird.

[0046] Wie in **Fig.** 5 dargestellt ist der Kontaktwiderstand des Trennelements gemäß der vorliegenden Offenbarung im Vergleich zum Trennelement gemäß dem Stand der Technik deutlich geringer.

[0047] Das Verfahren zur Herstellung des Trennelements gemäß der vorliegenden Offenbarung wird nunmehr ausführlicher beschrieben.

[0048] Zwei Substratlagen aus Edelstahl auf Austenitbasis (SUS304) werden bereitgestellt und jede Seite dieser Substrate wird dann mit Sandpapier poliert und mit Aceton gewaschen.

[0049] Jedes Substrat wird dann mit einer 5-prozentigen HF-Lösung 10 Minuten lang säurebehandelt und geätzt, um Metallkatalysatoren wie Fe, Cr usw. auf der Oberfläche der Substrate freizulegen.

[0050] Die resultierenden Substrate werden in einen Wärmeofen bei 750 °C unter Stickstoffatmosphäre gelegt, in den Wasserstoffgas und Acetylengas mit einem Durchsatz von 100 sccm bzw. 40 sccm eingeleitet werden, um Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNTs) aus den auf der Oberfläche des Substrats freiliegenden Metallkatalysatoren 1 bis 10 Minuten lang aufzuwachsen. Dabei kann die Wachstumslänge der CNTs gesteuert werden, indem die in den Wärmeofen eingeleitete Acetylenmenge gesteuert wird.

[0051] Anschließend wird eine Beschichtungsflüssigkeit angesetzt, indem ein Polymer-Verbundmaterial, das Ruß und PAI-Pulver enthält, einem N-methylpyrrolidon- (NMP) Lösungsmittel zugegeben und dann die Beschichtungsflüssigkeit auf die Oberfläche des Substrats, auf der die Kohlenstoff-Nanoröhrchen aufgewachsen werden, durch Lackieren aufgebracht wird.

[0052] Die beiden Substratlagen werden gestapelt, bevor die Beschichtungsflüssigkeit getrocknet ist, so dass die Beschichtungen des oberen und unteren Substrats integral verbunden werden und so eine einzige Beschichtung zwischen den zwei Substraten bilden. Dabei stehen die auf dem oberen und dem unteren Substrat aufgewachsenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen in direktem Kontakt miteinander.

[0053] Danach trocknet das resultierende Substrat mit der Beschichtung bei Raumtemperatur 24 Stunden lang, gefolgt von zweistündigem Glühen bei 150 °C.

[0054] Das in der Beschichtungsflüssigkeit enthaltene PAI ist ein leitfähiges Füllmaterial und wirkt als Bindemittel, durch das sich der Ruß gut mit der Substratoberfläche verbinden kann.

[0055] Außer dem in der Beschichtungsflüssigkeit enthaltenen PAI kann ein in einem Lösungsmittel gelöstes leitfähiges Polymer als leitfähiges Füllmaterial verwendet werden und ein Material auf Kohlenstoffbasis, das dem Lösungsmittel zugegeben werden kann, kann als Polymermatrix gewählt werden. Die Materialien des leitfähigen Füllmaterials und der Polymermatrix können das Betriebsverhalten des Trennelements verbessern.

[0056] Zum Vergleichen der Kontaktwiderstände der Trennelemente nach Typ des in der Verbundmaterialschicht enthaltenen leitfähigen Füllmaterials wurde Polyvinylester (PVE) als leitfähiges Füllmaterial der Verbundmaterialschicht für das erste und zweite Trennelement-Beispiel, Polyamidimid (PAI) für das dritte und vierte Trennelement-Beispiel und Polypropylen (PP) für das fünfte und sechste Trennelement-Beispiel verwendet.

[0057] 30 Gew.-% Ruß wurden als Polymermatrix der Verbundmaterialschicht zur Herstellung der ersten, dritten und fünften Trennelement-Beispiele und 35 Gew.-% Ruß zur Herstellung der zweiten, vierten und sechsten Trennelement-Beispiele verwendet. Die Trennelement-Beispiele wurden mit Ausnahme des Rußanteils unter identischen Bedingungen hergestellt.

[0058] **Fig.** 6 zeigt die Ergebnisse des Kontaktwiderstands, der zwischen der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte bei den auf die obige Weise hergestellten Trennelement-Beispielen gemessen wurde.

[0059] Das erste, dritte und fünfte Trennelement-Beispiel wies Kontaktwiderstandswerte von 12, 25 bzw. 30 $m\Omega cm^2$ auf und das zweite, vierte und sechste Trennelement-Beispiel Kontaktwiderstandswerte von 10, 21 bzw. 26 $m\Omega cm^2$.

[0060] Das heißt, bei Verwendung von PVE und PAI waren die Kontaktwiderstandswerte der Trennelemente relativ niedriger als die bei PP, wobei der niedrigste Kontaktwiderstand bei Verwendung von PVE auftrat.

[0061] **Fig.** 7 zeigt das Ergebnis des Adhäsionstests (ASTM D 3359) für die Verbundmaterialschichten des zweiten und vierten Trennelement-Beispiels nach Typ des leitfähigen Füllmaterials.

[0062] Das vierte Trennelement-Beispiel wurde durch Auftragen die PAI enthaltende Beschichtungsflüssigkeit auf die Oberfläche eines Edelstahlsubstrats, auf der Kohlenstoff-Nanoröhrchen aufgewachsen wurden hergestellt, und das zweite Trennelement-Beispiel wurde durch Auftragen der PVE enthaltenden Beschichtungsflüssigkeit auf die Oberfläche eines Edelstahlsubstrats, auf der Nanoröhrchen aufgewachsen wurden, hergestellt.

[0063] Wie in **Fig.** 7 dargestellt war die Adhäsion des vierten Trennelement-Beispiels mit den Basismaterialien hervorragend, da die Beschichtung auf der Oberfläche nach dem Aufbringen und Entfernen eines Klebebandes nicht von der Oberfläche abgelöst wurde. Beim zweiten Trennelement dagegen wurde die Beschichtung zusammen mit den auf der Oberfläche der Basismaterialien aufgewachsenen

Kohlenstoff-Nanoröhrchen vollständig von den Basismaterialien abgelöst. Demnach hat das PAI eine bessere Adhäsion mit den Basismaterialien als das PVE.

[0064] Ferner hatte das zweite Trennelement-Beispiel mit PVE den niedrigsten Kontaktwiderstandswert, aber im Vergleich zum vierten Trennelement-Beispiel, bei dem PAI verwendet wurde, eine sehr schlechte Adhäsion.

[0065] Im Ergebnis ist PVE als leitfähiges Füllmaterial der Verbundmaterialschicht nicht geeignet. PAI dagegen bietet auf Basis seiner hervorragenden Adhäsion einen konkurrenzfähigen Kontaktwiderstand im Vergleich zu anderen leitfähigen Polymeren.

[0066] Wie oben beschrieben kann durch die Ausbildung der einzigen Verbundmaterial-Zwischenschicht zwischen der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte die Kontaktoberfläche zwischen der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte entfallen, so dass auch der Kontaktwiderstand entfällt.

[0067] Außerdem kann die Ausbildung der Verbundmaterialschichten auf den auf der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte aufgewachsenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen den Kontaktwiderstand zwischen den jeweiligen Metallplatten und den Verbundmaterialschichten mindern, wodurch der Kontaktwiderstand zwischen der oberen Metallplatte und der unteren Metallplatte auf ein Minimum gesenkt wird, was den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle verbessert.

Patentansprüche

1. Trennelement für eine Brennstoffzelle, wobei das Trennelement aufweist:
eine obere Metallplatte (11) mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf beiden Seiten mit einer ersten und einer zweiten Verbundmaterialschichten (13, 16) beschichtet sind, wobei Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18) auf beiden Seiten der oberen Metallplatte (11) aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten (13, 16) aufgebracht sind; und
eine untere Metallplatte (12) mit gegenüberliegenden Hauptseiten, die auf der Unterseite der oberen Metallplatte (11) gestapelt sind, und eine dritte sowie eine vierte Verbundmaterialschicht (17, 15) enthalten, die auf beiden Seiten aufgebracht sind, wobei Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19) auf beiden Seiten der unteren Metallplatte (12) aufgewachsen werden, wo die Verbundmaterialschichten (17, 15) aufgebracht sind,
wobei die zweite und dritte Verbundmaterialschicht (16, 17) zwischen der oberen Metallplatte (11) und der unteren Metallplatte (12) vor dem Verfestigen integral zu einer einzigen Verbundmaterial-Zwischenschicht (14) verbunden werden, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18), die auf der oberen Metallplatte (11) auf der Seite der zweiten Verbundmaterialschicht (16) gewachsen sind, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19), die auf den unteren Metallplatten (12) auf der Seite der dritten Verbundmaterialschicht (17) aufgewachsen sind, direkt miteinander verbunden sind.

2. Trennelement nach Anspruch 1, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18) der oberen Metzallplatte (11) auf eine Höhe von 5 bis 10 µm aufgewachsen werden.

3. Trennelement nach Anspruch 1, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19) der unteren Metzallplatte (12) auf eine Höhe von 5 bis 10 µm aufgewachsen werden.

4. Trennelement nach Anspruch 1, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Verbundmaterialschicht (13, 16, 17, 15) auf eine Dicke von 10 bis 20 µm beschichtet werden.

5. Verfahren zur Herstellung eines Trennelements für eine Brennstoffzelle, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Bereitstellen einer oberen Metallplatte (11) und einer unteren Metallplatte (12), wobei jede Platte (11, 12) gegenüberliegende Hauptseiten hat;
Aufwachsen von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18, 19) auf beiden Seiten der oberen Metallplatte (11) bzw. der unteren Metallplatte (12); nach dem Aufwachsen der Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18, 19), Ausbilden einer ersten und einer zweiten Verbundmaterialschicht (13, 16) auf beiden Seiten der oberen Metallplatte (11) und einer dritten und vierten Verbundmaterialschicht (17, 15) auf beiden Seiten der unteren Metallplatte (12) durch Aufbringen einer ein Polymer-Verbundmaterial enthaltenden Beschichtungsflüssigkeit auf beide Seiten der oberen bzw. unteren Metallplatte (11, 12); und
Ausbilden einer einzigen Verbundmaterial-Zwischenschicht (14), indem die obere Metallplatte (11) auf der unteren Metallplatte (12) gestapelt wird, bevor die jeweiligen Verbundmaterialschichten (13, 16, 17, 15) getrocknet werden, und integrales Verbinden der zweiten Verbundmaterialschicht (16) mit der dritten Verbundmaterialschicht (17) derart, dass die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18), die auf der oberen Metallplatte (11) auf der Seite der zweiten Verbundmaterialschicht (16) gewachsen sind, und die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (19), die auf den unteren Metallplatten (12) auf der Seite der dritten Verbundmaterialschicht (17) gewachsen sind, direkt miteinander verbunden sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhrchen (18, 19) auf eine Höhe von 5 bis 10 µm aufgewachsen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Verbundmaterialschicht (13, 16, 17, 15) auf eine Dicke von 10 bis 20 µm beschichtet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Beschichtungsflüssigkeit Polyamidimid (PAI) als leitfähiges Füllmaterial aufweist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

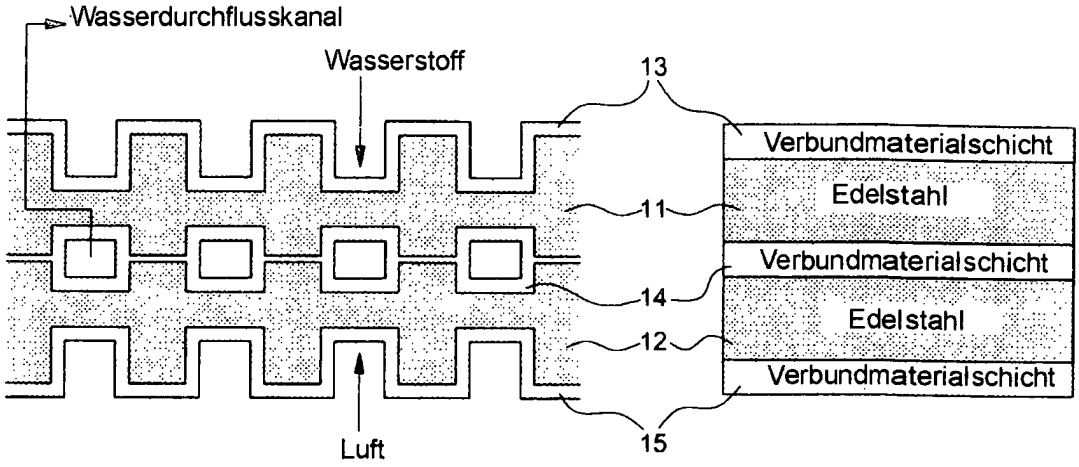


FIG.1

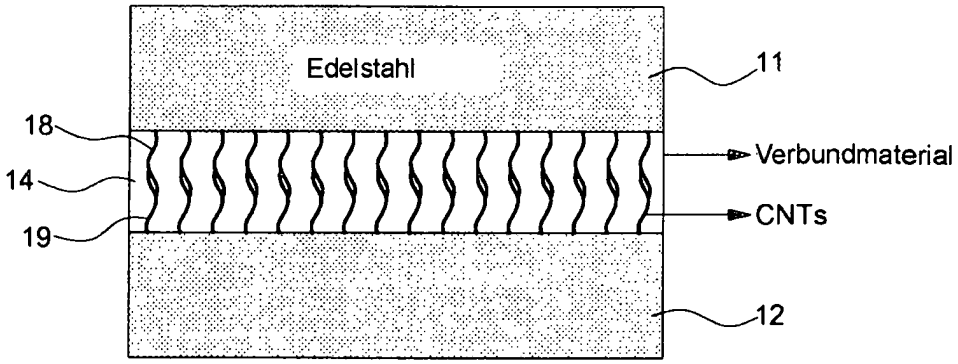


FIG.2

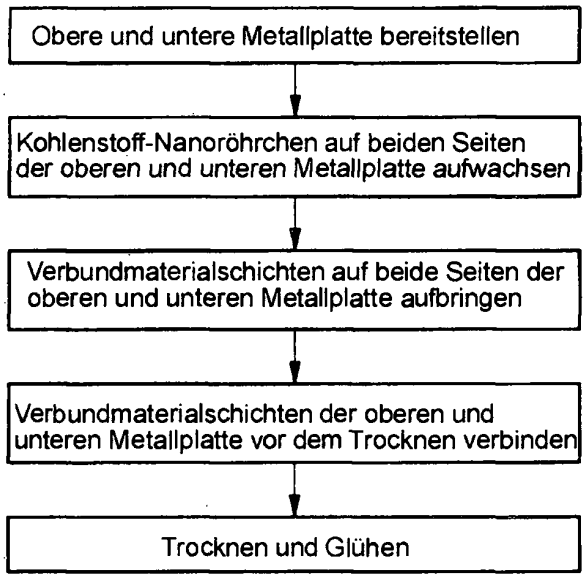

Obere und untere Metallplatte bereitstellen
Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf beiden Seiten der oberen und unteren Metallplatte aufwachsen
Verbundmaterialschichten auf beide Seiten der oberen und unteren Metallplatte aufbringen
Verbundmaterialschichten der oberen und unteren Metallplatte vor dem Trocknen verbinden
Trocknen und Glühen

FIG.3

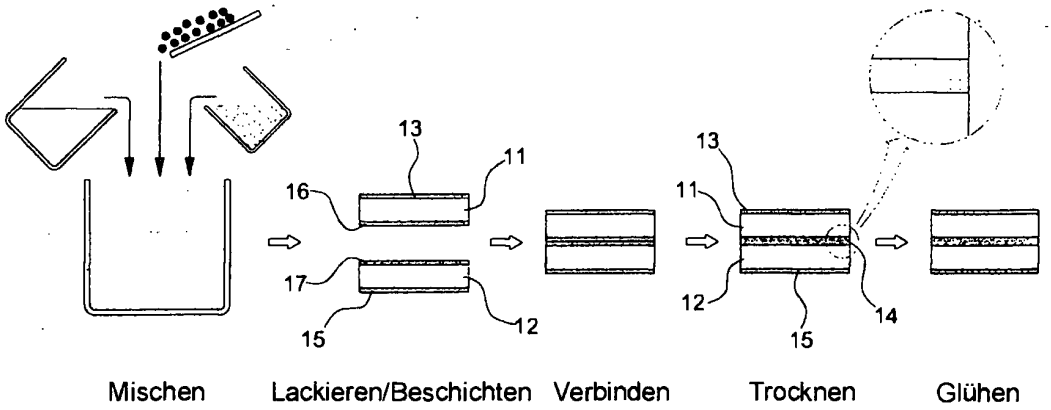

13
11
16
17
15
12
13
11
12
15
14
Mischen
Lackieren/Beschichten
Verbinden
Trocknen
Glühen

FIG.4

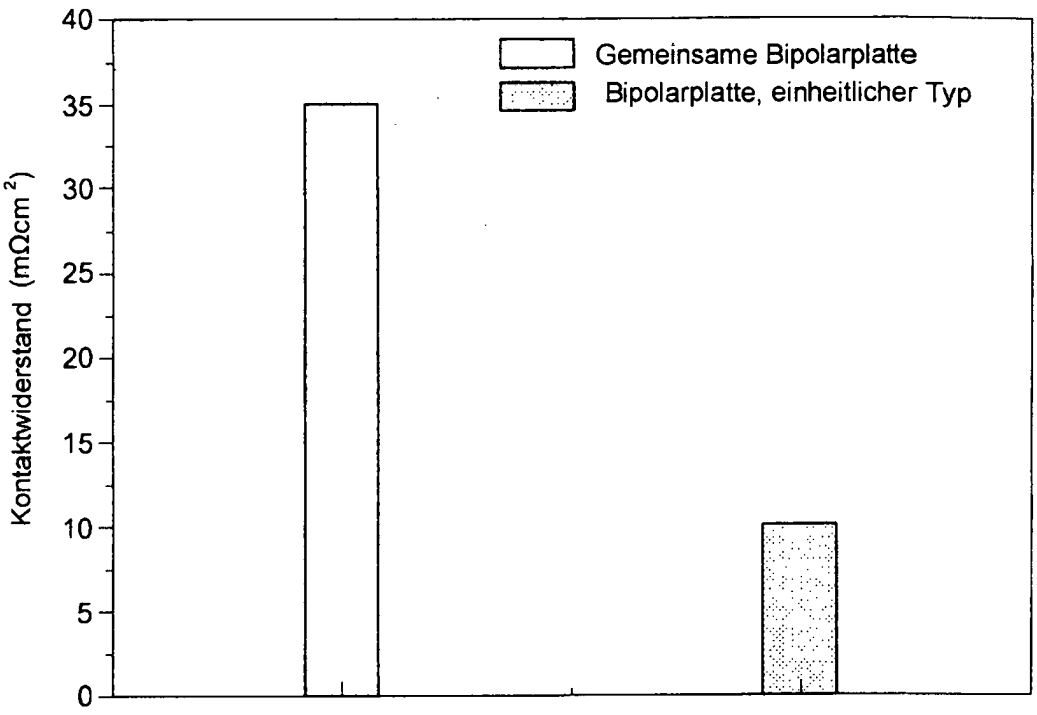

Kontaktwiderstand (mΩcm²)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Gemeinsame Bipolarplatte
Bipolarplatte, einheitlicher Typ

FIG.5

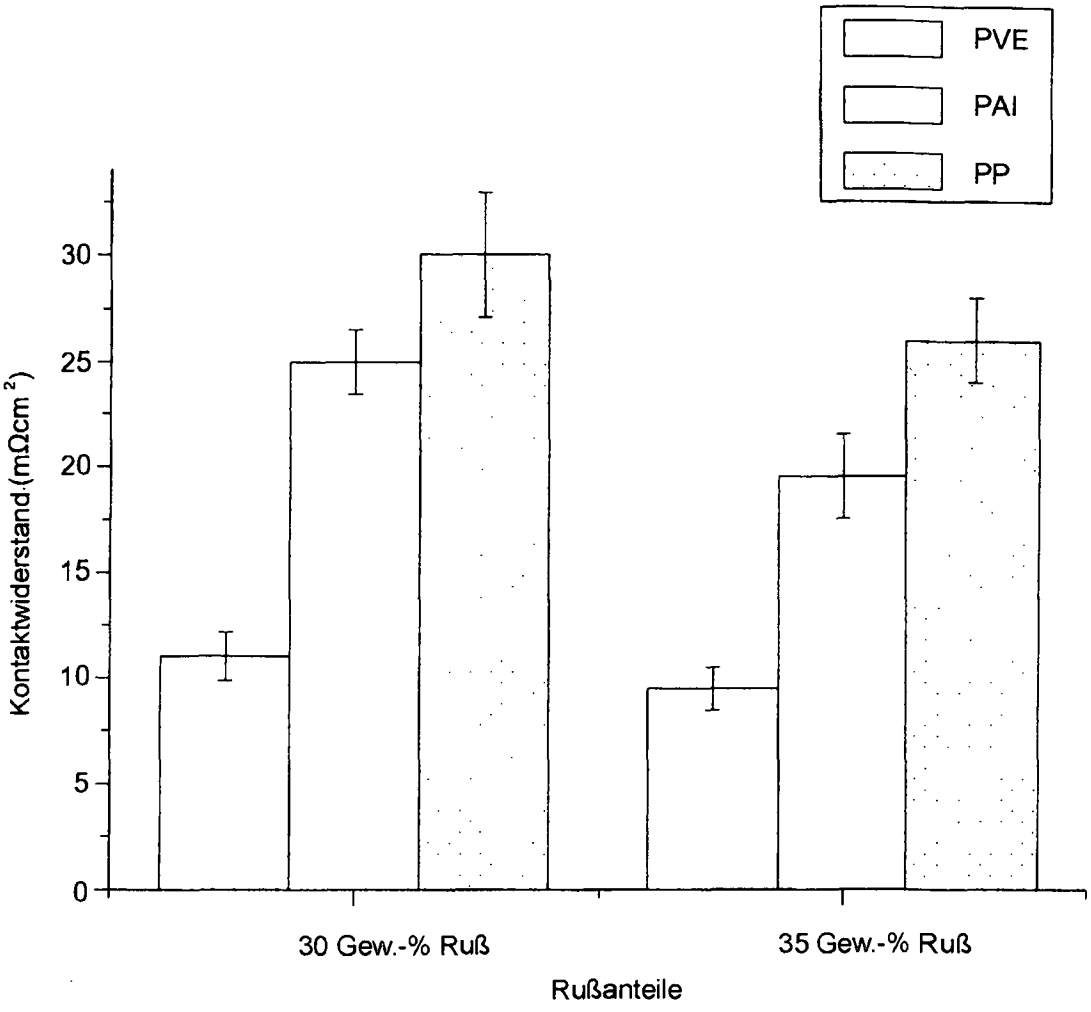

PVE
PAI
PP
Kontaktwiderstand (mΩcm²)
0
5
10
15
20
25
30
30 Gew.-% Ruß
35 Gew.-% Ruß
Rußanteile

FIG.6

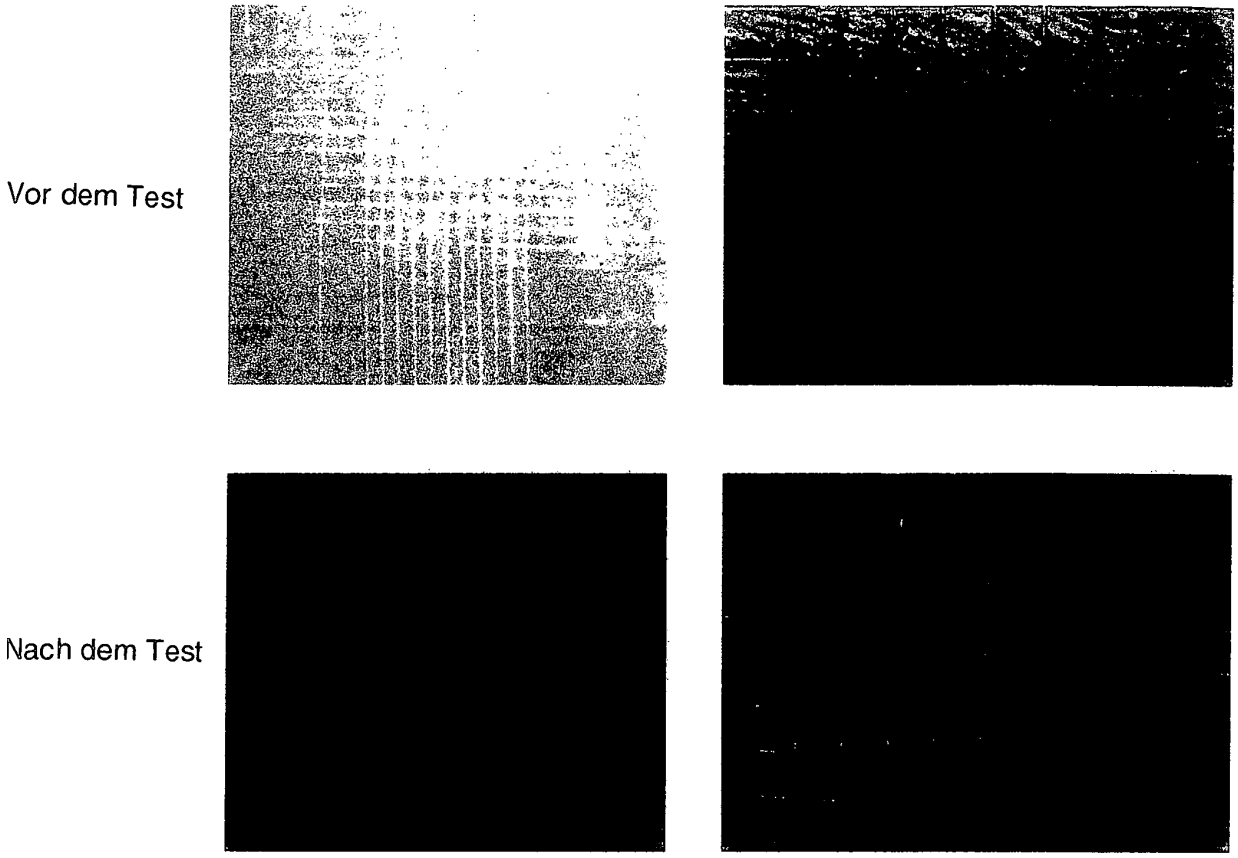


FIG.7

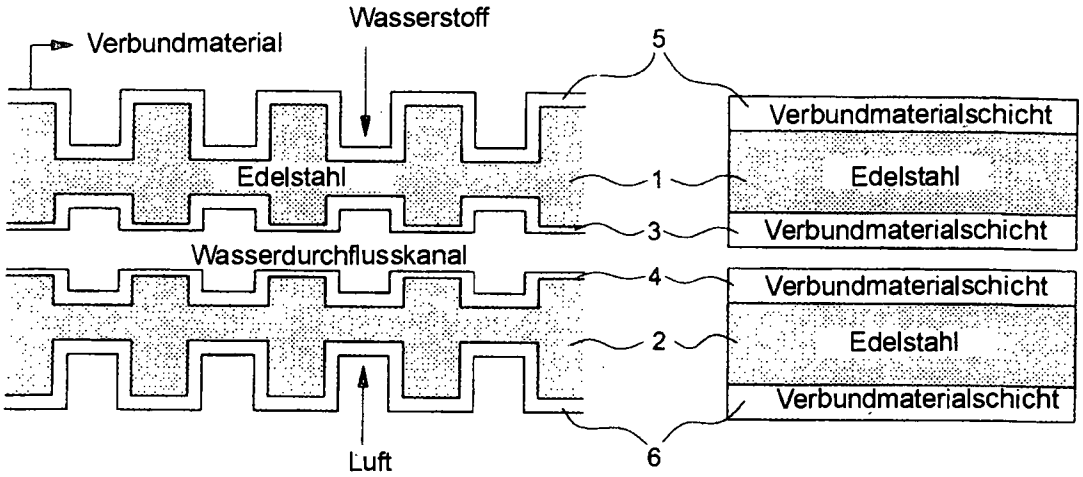


FIG.8

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.