(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2018 219 530 A1** 2020.02.27

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 219 530.7**
(22) Anmeldetag: **15.11.2018**
(43) Offenlegungstag: **27.02.2020**

(51) Int Cl.: ***F21S 45/30*** (2018.01)

(30) Unionspriorität:
10-2018-0097437 21.08.2018 KR

(71) Anmelder:
HYUNDAI MOTOR COMPANY, Seoul, KR; KIA MOTORS CORPORATION, Seoul, KR; UNIST (ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), Ulsan, KR

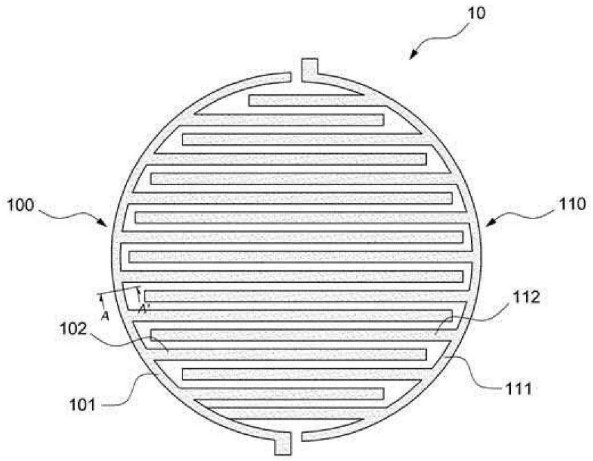
(74) Vertreter:
HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte PartmbB, 81925 München, DE

(72) Erfinder:
Park, Jang Su, Busan, KR; Kim, Hee Jun, Ulsan, KR; Lee, Tae Won, Ulsan, KR; Baik, Jeong Min, Ulsan, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wasserzersetzungsvorrichtung und Verfahren zur Herstellung derselben**

(57) Zusammenfassung: Eine Wasserzersetzungsvorrichtung kann eine Wasserstoff-bildende Elektrode, die eine erste externe Elektrode und zumindest eine erste interne Elektrode, die integral mit der ersten externen Elektrode gebildet ist, umfasst, und eine Sauerstoff-bildende Elektrode, die eine zweite externe Elektrode und zumindest eine zweite interne Elektrode, die integral mit der zweiten externen Elektrode gebildet ist, umfasst, umfassen. Die erste externe Elektrode und die zweite externe Elektrode sind gegenüberliegend zueinander angeordnet, und die erste interne Elektrode und die zweite interne Elektrode sind alternierend in einer Richtung rechtwinklig zu der Längsrichtung hiervon angeordnet. Daher kann die Wasserzersetzungsvorrichtung sowohl Transparenz als auch Haltbarkeit sicherstellen, sogar wenn ein opakes Material hierfür verwendet wird.



Beschreibung

BEZUGNAHME AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der koreanischen Patentanmeldung Nr. 10-2018-0097437, eingereicht beim koreanischen Amt für geistiges Eigentum am 21. August 2018, deren gesamter Inhalt hierin für alle Zwecke durch diese Bezugnahme aufgenommen ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wasserzersetzungsvorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung derselben, und spezifischer eine Wasserzersetzungsvorrichtung, die eine Wasserstoff-bildende Elektrode und eine Sauerstoff-bildende Elektrode umfasst, als auch ein Verfahren zur Herstellung derselben.

Beschreibung des Stands der Technik

[0003] Eine Fahrzeug-Frontlampe ist so gebaut, dass sie eine Fläche vor dem Fahrzeug beleuchtet. Für ein sicheres Fahren muss solch eine Frontlampe eine ausreichende Lichtverteilungsfähigkeit besitzen. Beim Betrieb des Fahrzeugs tritt jedoch ein großer Temperaturunterschied zwischen dem Inneren und dem Äußeren der Frontlampe auf. Insbesondere in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit, wie z.B. während der regnerischen Jahreszeit oder bei einer Fahrzeugwäsche, beschlägt die Frontlampe aufgrund der hierin eingeführten Feuchtigkeit, wodurch sich die Fähigkeit zur Lichtverteilung der Frontlampe auf weniger als die Hälfte verringert.

[0004] Als ein Verfahren zum Lösen des vorliegenden Problems kann man das Auftragen eines hydrophilen Materials auf die Oberfläche einer Linse in Betracht ziehen. Jedoch weist die hydrophile Beschichtungsschicht eine relativ kurze Lebensdauer auf, wird nach der Verwendung leicht schmutzig und führt zu relativ hohen Kosten.

[0005] Es ist auch möglich, die Verwendung eines Feuchtigkeits-Absorptionsmittels in Betracht zu ziehen, das ein Acrylsäurepolymer (**AAP**), Silicium, eine auf Aluminiumoxid basierende Zeolithe usw. enthält. Solch ein Feuchtigkeits-Absorptionsmittel kann jedoch in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit nicht wiederverwendet werden, und es kann die Lichtverteilungsfähigkeit der Frontlampe aufgrund der geringen Transparenz des porösen Materials verschlechtern.

[0006] Man mag auch die Verwendung eines Wärmetauschersystems oder eines Klimatisierungssystems in Betracht ziehen. Wenn jedoch ein Wärmetauschersystem oder ein Klimatisierungssystem allein verwendet wird, weist dieses im Vergleich zur Energiemenge und den Kosten, die für das System erforderlich sind, keine hinreichende Wirkung auf. Wenn zwei Systeme zusammen verwendet werden, kann die Struktur darüber hinaus kompliziert werden.

[0007] Im Fall der Technologie zur Wasserzersetzung, bei der ein Wasserstoffseparator verwendet wird, besteht ein Problem mit der Bindung, weil ein Polymer-Separator verwendet wird. Es ist somit schwierig, katalytische Materialien außer einem wertvollen Metall wie Platin (**Pt**), Iridium **(Ir**) oder dergleichen einzusetzen. Ferner ist es schwierig, die Transparenz der Struktur hiervon sicherzustellen, und die Haltbarkeit ist ebenso schlecht.

[0008] Die in diesem Abschnitt über den Hintergrund der Erfindung offenbarte Information dient nur zur Verbesserung des Verständnisses des allgemeinen Hintergrunds der Erfindung, und kann nicht als Anerkenntnis oder irgendeine Art von Eingeständnis angesehen werden, dass diese Informationen den Stand der Technik darstellt, der dem Fachmann bereit bekannt ist.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG

[0009] Die verschiedenen Aspekte der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf die Bereitstellung einer Wasserzersetzungsvorrichtung, die sowohl Transparenz als auch Haltbarkeit sicherstellen kann, sogar wenn ein opakes Material hierfür verwendet wird.

[0010] In Übereinstimmung mit einem Aspekt der vorliegenden Erfindung können die vorstehende und andere Aufgaben gelöst werden durch die Bereitstellung einer Wasserzersetzungsvorrichtung, die eine Wasserstoff-bildende Elektrode, umfassend eine erste externe Elektrode und zumindest eine erste interne Elektrode, die integral mit der ersten externen Elektrode gebildet ist, und eine Sauerstoff-bildende Elektrode, umfassend eine zweite externe Elektrode und zumindest eine zweite interne Elektrode, die integral mit der zweiten externen Elektrode gebildet ist, umfasst, worin die erste externe Elektrode und die zweite externe Elektrode gegenüberliegend zueinander angeordnet sind und die erste interne Elektrode und die zweite interne Elektrode alternierend in einer Richtung rechtwinklig zu der Längsrichtung hiervon angeordnet sind.

[0011] Die erste interne Elektrode und die zweite interne Elektrode können in einem Abstand von 10 bis 500 μm voneinander vorliegen.

[0012] Zumindest eine von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode oder der zweiten internen Elektrode

können zumindest ein Loch aufweisen, das hierin gebildet ist.

[0013] Das Loch kann eine kreisförmige Form aufweisen.

[0014] Das Loch kann einen Durchmesser aufweisen, der 80 bis 95 % der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode ist.

[0015] Jede von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode kann eine Breite von 100 µm oder weniger aufweisen.

[0016] Der Durchmesser des Lochs kann von 80 bis 95 µm betragen.

[0017] Ein Loch kann eine reguläre polygonale Form aufweisen und das regulär polygonale Loch kann die gleiche Fläche wie das kreisförmige Loch aufweisen.

[0018] Das zumindest eine Loch, das in einer Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode gebildet ist, kann zwei oder mehr Löcher umfassen.

[0019] Die Löcher können so gebildet sein, dass ihre Zentren mit dem Zentrum der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode ausgerichtet sind.

[0020] Wenn die Löcher die gleichen Durchmesser aufweisen, kann der kürzeste Abstand von dem Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch gleich zu einer Länge sein, die zur Hälfte der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode äquivalent ist.

[0021] Der kürzeste Abstand kann 50 µm oder weniger betragen.

[0022] Zumindest eine von der Wasserstoff-bildenden Elektrode oder der Sauerstoff-bildenden Elektrode kann ein Substrat, eine Elektrodenschicht, die auf dem Substrat gebildet ist, und eine Katalysatorschicht, die auf der Elektrodenschicht mittels Elektrodeposition abgeschieden ist, umfassen.

[0023] Das Substrat kann aus zumindest einem hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Polyethylenterephthalat, Polyethylennaphthalat und Polydimethylsiloxan.

[0024] Die Elektrodenschicht kann aus zumindest einem hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Titan, Kupfer, Eisen, Aluminium, Edelstahl, Indiumzinnoxid (**ITO**) und fluoriertes Zinnoxid (**FTO**).

[0025] Die Elektrodenschicht kann eine Dicke aufweisen, die kleiner ist als eine Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts.

[0026] Die Katalysatorschicht kann aus zumindest einem hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Nickeloxid, Nickelsulfid, Nickel-Kupfer-Phosphid, Platin, Iridium und Rubidium.

[0027] Die Katalysatorschicht kann eine Dicke aufweisen, die größer als 150 mm und kleiner als 5 µm ist.

[0028] In Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer Wasserzersetzungsvorrichtung bereitgestellt, wobei das Verfahren das Bilden einer vorbestimmten Struktur auf zumindest einem von einem ersten Substrat oder einem zweiten Substrat unter Verwendung von irgendeinem von Fotolack-Lithographie und Nanoimprint-Lithographie, das Bilden einer Metallschicht auf zumindest einem von dem ersten Substrat oder dem zweiten Substrat, das die Struktur hierauf aufweist, und das Abscheiden einer Katalysatorschicht auf der Metallschicht mittels Elektrodeposition umfasst.

[0029] Die vorbestimmte Struktur kann eine erste externe Leitung und mindestens eine erste interne Leitung, die integral mit der ersten externen Leitung gebildet ist, wobei die erste externe Leitung und die erste interne Leitung auf dem ersten Substrat gebildet sind, und eine zweite externe Leitung und mindestens eine zweite interne Leitung, die integral mit der zweiten externen Leitung gebildet ist, wobei die zweite externe Leitung und die zweite interne Leitung auf dem zweiten Substrat gebildet sind, umfassen, wobei sich die erste externe Leitung und die zweite externe Leitung gegenüberliegen und die erste interne Leitung und die zweite interne Leitung alternierend in einer Richtung rechtwinklig zur Längsrichtung hiervon angeordnet sind.

[0030] Die erste interne Leitung und die zweite interne Leitung können in einem Abstand von 10 bis 500 µm voneinander vorliegen.

[0031] Zumindest eine von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung oder der zweiten internen Leitung können zumindest ein hierin gebildetes Loch aufweisen.

[0032] Das Loch kann eine kreisförmige Form aufweisen.

[0033] Das Loch kann einen Durchmesser aufweisen, der 80 bis 95 % der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung ausmacht.

[0034] Ein Loch kann eine reguläre polygonale Form aufweisen, und das reguläre polygonale Loch kann die gleiche Fläche wie das kreisförmige Loch aufweisen.

[0035] Das zumindest eine Loch, das in einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung gebildet ist, kann zwei oder mehr Löcher umfassen.

[0036] Die Löcher können so gebildet sein, dass deren Zentren mit dem Zentrum der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der zweiten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung ausgerichtet sind.

[0037] Wenn die Löcher den gleichen Durchmesser aufweisen, kann der kürzeste Abstand von dem Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch gleich zu einer Länge sein, die zur Hälfte der Breite eines entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung äquivalent ist.

[0038] Die Metallschicht kann eine Dicke aufweisen, die kleiner ist als eine Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts.

[0039] Die Katalysatorschicht kann eine Dicke aufweisen, die größer als 150 nm und kleiner als 5 µm ist.

[0040] Die Verfahren und Vorrichtungen der vorliegenden Erfindung weisen andere Merkmale und Vorteile auf, die in den beiliegenden Zeichnungen, die hierin aufgenommen sind, und der folgenden detaillierten Beschreibung, die zusammen dazu dienen, bestimmte Prinzipien der vorliegenden Erfindung zu erklären, in größerem Detail beschrieben sind oder hieraus ersichtlich werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 2 ist eine Ansicht, die ein kreisförmiges Loch zeigt, das in einer Elektrode gebildet ist, gemäß einer beispielshaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht entlang der Leitung **A-A'** in **Fig. 1** einer ersten externen Elektrode;

Fig. 4 ist eine Ansicht, die ein Verfahren zur Herstellung der Wasserzersetzungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 5 ist ein Graph, der die Stromdichte zeigt, gemessen über die Zeit, nachdem eine Wasserzersetzungsvorrichtung des Beispiel 1 der vorliegenden Erfindung in eine neutrale Lösung (pH = 7) eingetaucht und 10 V hieran angelegt wurden;

Fig. 6 ist ein Graph, der die Stromdichte, gemessen über die Zeit, zeigt, nachdem eine Wasserzersetzungsvorrichtung des Vergleichsbeispiels **1** der vorliegenden Erfindung in eine neutrale Lösung (pH = 7) eingetaucht wurde und 10 V hieran angelegt wurden;

Fig. 7 ist eine SEM-Aufnahme einer Wasserzersetzungsvorrichtung des Vergleichsbeispiels **2** der vorliegenden Erfindung, aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskop (SEM), nachdem sie an einer gekrümmten Oberfläche einer Fronlampe angebracht und dann hiervon entfernt wurde;

Fig. 8A zeigt den Zustand, in dem das Innere einer Frontlampe feucht ist, bevor die Vorrichtung des Beispiels **1** in Betrieb genommen wird, **Fig. 8B** zeigt einen entfeuchteten Bereich **5** Minuten nach dem Beginn des Betriebs der Vorrichtung des Beispiels **1** unter Verwendung der Stromquelle eines Fahrzeugs, und **Fig. 8C** zeigten einen entfeuchteten Bereich **10** Minuten nach dem Betrieb der Vorrichtung des Beispiels **1** unter Verwendung der Stromquelle des Fahrzeugs;

Fig. 9 ist ein Graph, der die Stromdichte zeigt, die gemessen wurde, wenn die Stromquelle eines Fahrzeugs an die Vorrichtung des Beispiels **1** angelegt wird; und

Fig. 10 ist ein Graph, der die Transmissionsfähigkeit des Beispiels **1** der vorliegenden Erfindung im Bereich sichtbaren Lichts zeigt.

[0041] Man mag verstehen, dass die anhängigen Zeichnungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind und eine etwas vereinfachte Darstellung von verschiedenen Merkmalen, die die grundlegenden Prinzipien der vorliegenden Erfindung veranschaulichen, darstellt. Die spezifischen Ausgestaltungsmerkmale der vorliegenden Erfindung, wie sie hierin offenbart sind, einschließlich von z.B. den spezifischen Ausmaßen, Orientierungen, Positionen und Formen, werden teilweise durch die bestimmte beabsichtigte Anwendung und die Verwendungsumgebung bestimmt.

[0042] In den Figuren beziehen sich in den mehreren Figuren der Zeichnung die Bezugszeichen auf die gleichen oder äquivalente Teile der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0043] Nun wird im Detail auf verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung(en) Bezug genommen werden, und Beispiele hiervon sind in den beiliegenden Zeichnungen veranschaulicht und nachstehend beschrieben. Während die Erfindung(en) im Zusammensetzung mit beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wird/werden, so soll verstanden werden, dass die vorliegende Beschreibung nicht die Erfindung(en) auf solche beispielhaften Ausführungsformen beschränken soll. Andererseits soll(en) die Erfindung(en) nicht nur die beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung abdecken, sondern auch verschiedene Alternativen, Modifikationen, Äquivalente und andere Ausführungsformen, die vom Geist und Umfang der vorliegenden Erfindung umfasst sein können, wie sie von den angehängten Ansprüchen definiert werden.

[0044] **Fig. 1** ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Bezugnehmend auf **Fig. 1** kann eine Wasserzersetzungsvorrichtung (**10**) in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Wasserstoff-bildende Elektrode (**100**) und eine Sauerstoff-bildende Elektrode (**110**) umfassen. Die Wasserstoff-bildende Elektrode (**100**) kann eine erste externe Elektrode (**101**) und zumindest eine erste interne Elektrode (**102**), die integral mit der ersten externen Elektrode (**101**) gebildet ist, umfassen. Die Sauerstoff-bildende Elektrode (**110**) kann eine zweite externe Elektrode (**111**) und zumindest eine zweite interne Elektrode (**112**), die integral mit der zweiten externen Elektrode (**111**) gebildet ist, umfassen. Die erste externe Elektrode (**101**) und die zweite externe Elektrode (**111**) können gegenüberliegend zueinander angeordnet sein, und die erste interne Elektrode (**102**) und die zweite interne Elektrode (**112**) können alternierend in einer Richtung rechtwinklig zur Längsrichtung hiervon angeordnet sein.

[0045] Die Form der ersten externen Elektrode (**101**) oder der zweiten externen Elektrode (**111**) kann in Abhängigkeit von der Position, an der die erste externe Elektrode (**101**) oder die zweite externe Elektrode (**111**) innerhalb der Frontlampe angebracht ist, variieren. Die Anbringungsposition kann in einem Bereich vorliegen, worin Feuchtigkeit verbleiben kann, nachdem sie innerhalb der Frontlampe generiert worden ist, und kann in Abhängigkeit von der Art des Fahrzeugs variieren. Z.B. kann die erste externe Elektrode (**101**) oder die zweite externe Elektrode (**111**) eine halbkreisförmige Form oder eine U-Form aufweisen, oder sie kann die gleiche Form wie der laterale Endbereich der Frontlampe aufweisen.

[0046] Die alternierende Anordnung der ersten internen Elektrode (**102**) und der zweiten internen Elektrode (**112**) bezeichnet, dass die Wasserstoff-bildende Elektrode (**100**) und die Sauerstoff-bildende Elektrode (**110**) alternierend angeordnet sind, spezifischer bedeutet dies, dass die Wasserzersetzungsvorrichtung (**10**) eine Wiederholungsstruktur aufweist, worin die erste interne Elektrode (**102**) und die zweite interne Elektrode (**112**) zu einer einzigen Wiederholungsvorrichtung gruppiert sind.

[0047] Die interne Elektrode, die an der obersten Position in der Wasserzersetzungsvorrichtung (**10**) positioniert ist, kann die erste interne Elektrode (**102**) oder die zweite interne Elektrode (**112**) sein. Z.B. kann die erste interne Elektrode (**102**), die integral mit der ersten externen Elektrode (**101**) gebildet ist und an der obersten Position der ersten externen Elektrode (**101**) lokalisiert ist, an einer höheren Position lokalisiert sein als die zweite interne Elektrode (**112**), die integral mit der zweiten externen Elektrode (**111**) gebildet ist und an der obersten Position der zweiten externen Elektrode (**111**) lokalisiert ist. Die erste interne Elektrode (**102**) und die zweite interne Elektrode (**112**) bilden eine Wiederholungseinheit (nachstehend als „erste Wiederholungseinheit“ bezeichnet), worin die erste interne Elektrode (**102**) an einer oberen Position lokalisiert ist, und die zweite interne Elektrode (**112**) unter der ersten internen Elektrode (**102**) lokalisiert ist.

[0048] Andererseits kann die zweite interne Elektrode (**112**), die integral mit der zweiten externen Elektrode (**111**) gebildet ist und an der obersten Position der zweiten externen Elektrode (**111**) lokalisiert ist, an einer höheren Position als die erste interne Elektrode (**102**) lokalisiert sein, die integral mit der ersten externen Elektrode (**101**) gebildet ist und an der obersten Position der ersten externen Elektrode (**101**) lokalisiert ist. Die zweite interne Elektrode (**112**) und die erste interne Elektrode (**102**) bilden eine Wiederholungseinheit (nachstehend als „zweite Wiederholungseinheit“ bezeichnet), worin die zweite interne Elektrode (**112**) an einer oberen Position lokalisiert ist und die erste interne Elektrode (**102**) unter der zweiten internen Elektrode (**112**) lokalisiert ist.

[0049] Die Anzahl der Wiederholungen der Wiederholungseinheit kann unter Berücksichtigung der Transmissionsfähigkeit und der Wasserzersetzungsfähigkeit der Wasserzersetzungsvorrichtung eingestellt werden. Die Anzahl der Wiederholungen kann n (wobei n eine natürliche Zahl ist) sein, oder kann n+0,5 betragen. Die Konfiguration, worin die Anzahl der Wiederholungen n+0,5 ist, bezeichnet, dass die interne Elektrode, die am Bodenbereich der Wasserzer-

setzungsvorrichtung lokalisiert ist, die interne Elektrode ist, die am obersten Bereich der Wiederholungseinheit lokalisiert ist.

[0050] Z.B. ist in dem Fall, in dem die Wiederholungseinheit die erste Wiederholungseinheit ist, die interne Elektrode, die am Bodenbereich der Wasserzersetzungsvorrichtung (**10**) lokalisiert ist, die erste interne Elektrode (**102**). In dem Fall, in dem die Wiederholungseinheit die zweite Wiederholungseinheit ist, ist die interne Elektrode, die am Bodenbereich der Wasserzersetzungsvorrichtung (**10**) lokalisiert ist, die zweite interne Elektrode (**112**).

[0051] Der Abstand zwischen der ersten internen Elektrode (**102**) und der zweiten internen Elektrode (**112**) kann 10 bis 500 μm betragen. Wenn der Abstand zwischen der ersten internen Elektrode (**102**) und der zweiten internen Elektrode (**112**) größer als 500 μm ist, ist es schwierig, Wasser, das zersetzt werden soll, gleichzeitig in Kontakt mit der ersten internen Elektrode (**102**) und der zweiten internen Elektrode (**112**) zu bringen, was dazu führt, dass die Zersetzung des Wassers nur in einem spezifischen Bereich realisiert werden mag, z.B. in einem Bereich, worin die Größe oder der Durchmesser der Wassertröpfchen 500 μm überschreitet. Wenn der Abstand weniger als 10 μm beträgt, können Blasen, die während der Zersetzung des Wassers gebildet werden, die Lücke zwischen den Elektroden blockieren, und können somit eine Funktionsstörung der Wasserzersetzungsvorrichtung verursachen.

[0052] Die Wasserzersetzung kann auch zwischen der ersten externen Elektrode (**101**) und der zweiten internen Elektrode (**112**) oder zwischen der zweiten externen Elektrode (**111**) und der ersten internen Elektrode (**102**) ablaufen. Wie vorstehend beschrieben, kann der Abstand zwischen den Elektroden unter Berücksichtigung der gleichmäßigen Wasserzersetzung und der Vermeidung der Bildung von Blasen eingestellt werden, und kann bevorzugt von 10 bis 500 μm betragen.

[0053] **Fig. 2** ist eine Ansicht, die ein kreisförmiges Loch zeigt, das in einer Elektrode gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet ist. Bezugnehmend auf **Fig. 2** kann zumindest ein Loch (**201**) in der Elektrode (**200**) gebildet sein. Hier bezeichnet die Elektrode (**200**) zumindest eine von der ersten externen Elektrode (**101**), der ersten internen Elektrode (**102**), der zweiten externen Elektrode (**111**) oder der zweiten internen Elektrode (**112**). Das Loch (**201**) kann bevorzugt eine kreisförmige Form aufweisen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Das Loch (**201**) kann eine reguläre polygonale Form aufweisen, die symmetrisch ist, sogar wenn sie um 90° gedreht wird, z.B. eine Rechteckform.

[0054] Der Durchmesser (L_2) des Lochs kann 80 bis 95 % der Breite (L_1) der Elektrode betragen. Wenn der Durchmesser (L_2) des Lochs erhöht wird, erhöht sich die Transmissionsfähigkeit für Licht, das von der Frontlampe emittiert wird, jedoch verringert sich die Fläche der Elektrode (**200**), auf der Wasser zersetzt wird. Wenn der Durchmesser (L_2) des Lochs weniger als 80 % der Breite (L_1) der Elektrode beträgt, kann die Lichtdurchlässigkeit auf weniger als 70 % reduziert sein. Wenn der Durchmesser (L_2) des Lochs größer als 95 % der Breite (L_1) der Elektrode ist, können die Befähigung zur Wasserzersetzung und die Haltbarkeit der Wasserzersetzungsvorrichtung verringert sein. Hier bezeichnet die Haltbarkeit der Vorrichtung die Fähigkeit, verwendet zu werden, ohne dass sie sich von der Frontlampe löst oder bei einer hohen Spannung beschädigt wird.

[0055] Daher betrüge unter Berücksichtigung der Lichtdurchlässigkeit und der Befähigung zur Wasserzersetzung der Wasserzersetzungsvorrichtung der Durchmesser (L_2) des Lochs **80** bis **95** % der Breite (L_1) der Elektrode. Wenn z.B. die Breite (L_1) der Elektrode 100 μm ist, kann der Durchmesser (L_2) des Lochs **80** bis **95** μm betragen. Wenn andererseits das Loch eine reguläre polygonale Form und keine kreisförmige Form aufweist, kann das regulär-polygonal geformte Loch so gebildet sein, dass es die gleich Fläche wie das kreisförmige Loch besitzt.

[0056] In einer einzigen Elektrode (**200**) können zumindest zwei Löcher gebildet sein, und die Zentren der Löcher können mit dem Zentrum der Breite der Elektrode ausgerichtet sein. Die Zentren (C_{h1}, C_{h2} und C_{h3}) der Löcher können auf einer Linie (**202**) lokalisiert sein (nachstehend als „Mittellinie“ bezeichnet), welche die Punkte verbindet, die von einer Seite der Elektrode in der Breitenrichtung hiervon durch eine Länge (L_3) getrennt sind, die der Hälfte der Breite der Elektrode entspricht.

[0057] Wenn die Durchmesser der beiden Löcher gleich sind, kann der kürzeste Abstand (L_4) vom Zentrum (C_{h2}) von einem Loch (**203**) zu einem anderen Loch (**204**), d.h., der Abstand, der durch Abziehen des Radius des Lochs (**204**) vom gradlinigen Abstand zwischen den Zentren (C_{h2}) und (C_{h3}), die sich auf der Mittellinie (**202**) befinden, erhalten wird, gleich zur Länge (L_3) sein, die der Hälfte der Breite der Elektrode entspricht. Wenn z.B. zwei Löcher mit jeweils einem Durchmesser von 80 μm im Zentrum einer Elektrode mit einer Breite von 100 μm gebildet sind, kann der kürzeste Abstand vom Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch 50 μm betragen. Der kürzeste Abstand des Zentrums (C_{h1}) des Loches (**201**) zum Loch (**203**) kann auch gleich zur Länge (L_3) sein, die der halben Breite der Elektrode entspricht, wie vorstehend beschrieben.

[0058] Die Positionen der Zentren der Löcher, die Anzahl der Löcher, die Durchmesser der Löcher, die Abstände zwischen den Löchern und dergleichen können bevorzugt unter Berücksichtigung der Befähigung zur Wasserzersetzung und der Lichtdurchlässigkeit der Wasserzersetzungsvorrichtung bestimmt werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt.

[0059] **Fig. 3** ist eine Querschnittsansicht der ersten externen Elektrode (**101**) entlang der Leitung **A-A'** in **Fig. 1**. Wie in **Fig. 3** gezeigt, kann die erste externe Elektrode (**101**) ein Substrat (**301**), eine Elektrodenschicht (**302**), die auf dem Substrat (**301**) gebildet ist, und eine Katalysatorschicht (**303**), die auf der Elektrodenschicht (**302**) mittels Elektrodeposition gebildet ist, umfassen. Die hier beschriebene Sektionalstruktur der ersten externen Elektrode (**101**) kann in der ersten internen Elektrode (**102**), der zweiten externen Elektrode (**111**) oder der zweiten internen Elektrode (**112**) die gleiche sein.

[0060] Das Substrat (**301**) kann aus zumindest einem hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Polyethylenterephthalat, Polyethylennaphthalat und Polydimethylsiloxan. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Das Substrat (**301**) kann so gebildet sein, dass es transparent und flexibel ist, und spezifisch kann es eine transparente und flexible Polymerfolie umfassen.

[0061] Die Elektrodenschicht (**302**) kann aus zumindest einem Material hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Titan, Kupfer, Eisen, Aluminium, Edelstahl, Indiumzinnoxid (**ITO**) und fluoriertem Zinnoxid (**FTO**). Die Dicke der Elektrodenschicht (**302**) kann kleiner sein als die Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts.

[0062] Die Skin-Tiefe ist ein Maß dafür, wie nahe ein elektrischer Strom entlang einer Oberfläche fließt, auf den eine elektromagnetische Welle trifft. Die Skin-Tiefe, die hierin umfasst ist, hat die gleiche Bedeutung wie die Skin-Tiefe, die in der Technik wohl bekannt ist. Wenn die Katalysatorschicht (**303**) mit dem Inneren einer Frontlampe so verbunden ist, dass sie einer Lichtquelle gegenüberliegt, vergrößert sich der Bereich der Elektrodenschicht (**302**), der nicht auf das sichtbare Licht reagiert, wenn die Dicke der Elektrodenschicht (**302**) größer als die Skin-Tiefe ist, und konsequenterweise verringert sich die Lichtdurchlässigkeit.

[0063] Die Katalysatorschicht (**303**) kann aus zumindest einem hergestellt sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Nickeloxid, Nickelsulfid, Nickel-Kupfer-Phosphid, Platin, Iridium und Rubidium. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Die Katalysatorschicht (**303**) kann so gebildet sein, dass sie eine herausragende Wasserstoff-bildende Wirkung oder Sauerstoff-bildende Wirkung aufweist.

[0064] Die Dicke der Katalysatorschicht (**303**) kann mehr als 150 nm und weniger als 5 µm betragen. Wen die Dicke der Katalysatorschicht (**303**) 150 nm oder weniger beträgt, verringert sich die Haltbarkeit der Wasserzersetzungsvorrichtung. Wenn die Dicke der Katalysatorschicht (**303**) 5 µm oder mehr beträgt, verringert sich die Flexibilität der Wasserzersetzungsvorrichtung, und somit kann eine Rissbildung auftreten, wenn die Wasserzersetzungsvorrichtung mit der gekrümmten Oberfläche der Frontlampe verbunden wird.

[0065] **Fig. 4** ist eine Ansicht, die ein Verfahren zur Herstellung der Wasserzersetzungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig. 4** gezeigt, umfasst das Verfahren zur Herstellung der Wasserzersetzungsvorrichtung einen Schritt zum Bilden einer vorbestimmten Struktur auf zumindest einem von einem ersten Substrat oder einem zweiten Substrat unter Verwendung von Fotolack-Lithographie oder Nanoimprint-Lithographie (**S101**), einen Schritt zum Bilden einer Metallschicht (einer Elektrodenschicht) auf zumindest einem von dem ersten Substrat oder dem zweiten Substrat, das die Struktur hierauf aufweist (**S102**), und einen Schritt zum Bilden einer Katalysatorschicht auf der Metallschicht mittels Elektrodeposition (**S103**).

[0066] Zu diesem Zeitpunkt kann die Fotolack-Lithographie unter Verwendung eines Verfahrens durchgeführt werden, das aus positiver Fotolack-Lithographie und negativ Fotolack-Lithographie ausgewählt ist, ohne dass sie auf ein spezifisches Verfahren beschränkt ist. Die Abscheidung der Metallschicht kann unter Verwendung von Sputtern oder Elektronenstrahlverdampfung durchgeführt werden.

[0067] Das Herstellungsverfahren kann ferner einen Schritt zum Durchführen einer hydrophilen Oberflächenbehandlung auf der Metallschicht umfassen, bevor die Katalysatorschicht hierauf mittels Elektrodeposition gebildet wird. Die hydrophile Oberflächenbehandlung kann eine UV-Ozon-Reinigungsbehandlung sein. Die hydrophile Oberflächenbehandlung kann die Bindungskraft zwischen der Oberfläche des Substrats und einer wässrigen Abscheidungslösung, die eine Vorläufersubstanz umfasst, erhöhen, und mag vermeiden, dass Blasen auf der Oberfläche des Substrats während der Elektrodeposition gebildet werden, indem eine Oberflächenmodifikation durchgeführt wird, z.B. die Bildung einer Hydroxylgruppe (-OH). Die hydrophile Oberflächenbehandlung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Es kann auch eine Oberflächenbehandlung unter Verwendung von Plasma durchgeführt werden.

[0068] Das Herstellungsverfahren kann ferner einen Schritt zum Durchführen einer UV-Ozon-Reinigungsbehandlung an der Wasserzersetzungsvorrichtung umfassen, nachdem die Elektrodeposition der Katalysatorschicht durchgeführt worden ist.

[0069] Die vorbestimmte Struktur kann die gleiche Struktur wie in **Fig. 1** sein. D.h., eine erste externe Leitung und zumindest eine erste interne Leitung, die integral mit der ersten externen Leitung gebildet ist, werden auf dem ersten Substrat gebildet, und eine zweite externe Leitung und zumindest eine zweite interne Leitung, die integral mit der zweiten externen Leitung gebildet ist, werden auf dem zweiten Substrat gebildet. Die erste externe Leitung und die zweite externe Leitung liegen einander gegenüber, und die erste interne Leitung und die zweite interne Leitung sind alternierend in einer Richtung angeordnet, die zur Längsrichtung hiervon rechtwinklig ist.

[0070] Der Abstand zwischen der ersten internen Leitung und der zweiten internen Leitung kann 10 bis 500 µm betragen. Zwischen der ersten externen Leitung und der zweiten internen Leitung oder zwischen der zweiten externen Leitung und der ersten internen Leitung kann ein vorbestimmter Abstand gebildet werden, und der vorliegende Abstand kann bevorzugt zwischen 10 bis 500 µm liegen.

[0071] In der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung oder der zweiten internen Leitung kann zum Zeitpunkt der Strukturbildung zumindest ein Loch gebildet werden, und das kann eine Kreisform aufweisen. Der Durchmesser des Lochs kann von 80 bis 95 % der Breite der Leitung betragen. Wenn das Loch eine reguläre polygonale Form aufweist, kann das regulärpolygonale Loch so gebildet werden, dass es die gleiche Fläche wie das kreisförmige Loch aufweist. In einer einzelnen Leitung können zumindest zwei Löcher gebildet werden, und die Zentren der Löcher können mit dem Zentrum der Breite der Leitung ausgerichtet werden. Wenn die Durchmesser der Löcher gleich sind, kann der kürzeste Abstand vom Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch gleich zu einer Länge sein, die der halben Breite der Leitung entspricht.

[0072] Die Dicke der Metallschicht kann weniger als die Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts, sein, und die Dicke der Katalysatorschicht kann größer als 150 nm und weniger als 5 µm betragen.

[0073] Nachstehend werden das Verfahren zur Herstellung der Wasserzersetzungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung und eine Wasserzersetzungsvorrichtung, die mit dem Verfahren hergestellt ist, im Detail unter Bezugnahme auf spezifische Beispiele beschrieben. Man verstehe jedoch, dass diese nachstehend beschriebenen Beispiele nur die vorliegende Erfindung in größerem Detail veranschaulichen oder beschreiben sollen, und somit ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt.

Beispiel 1

[0074] Es wurde Polyethylennaphthalat verwendet, um ein Substrat zu bilden. Ein erstes Substrat wurde so geformt, dass es eine „U"-förmige erste externe Leitung und eine erste interne Leitung aufweist, und ein zweites Substrat wurde so geformt, dass es eine „U"-förmige zweite externe Leitung und zweite interne Leitung aufwies. Jede von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung wurde mit einer Breite von 100 µm gebildet, und der Abstand zwischen der ersten internen Leitung und der zweiten internen Leitung wurde zu 100 µm eingestellt. Es wurde eine Vielzahl von kreisförmigen Löchern, jeweils mit einem Durchmesser von 80 µm, in jeder von der ersten externen Leitung, der zweiten externen Leitung, der ersten internen Leitung und der zweiten internen Leitung gebildet. Die kreisförmigen Löcher wurden so gebildet, dass deren Zentren mit Zentrum der Breite von jeder der Leitungen ausgerichtet war, d.h., an einem Punkt, der von einer Seite von jeder der Leitungen in der Breitenrichtung hiervon um 50 µm entfernt war. Der kürzeste Abstand von dem Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch wurde zu 50 µm eingestellt.

[0075] Anschließend wurde auf jedem von dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat eine Nickelschicht unter Verwendung einer Elektronenstrahl-Verdampfungsvorrichtung gebildet. Da die Skin-tiefe von Nickel im Frequenzbereich sichtbaren Lichts 25 nm beträgt, wurde die Nickelschicht so gebildet, dass sie eine Dicke von 20 nm aufwies.

[0076] Anschließend wurde eine hydrophile Oberflächenbehandlung auf der Nickelschicht, die auf jedem der Substrate gebildet worden war, für 10 Minuten bei 15 bis 20 mW/cm^2 unter Verwendung eines UV-Ozon-Reinigungsgeräts (AC-**6**) durchgeführt. Eine wässrige Abscheidungslösung, die einen Nickel-Vorläufer und einen Phosphor-Vorläufer enthielt, wurde für 20 Minuten mit Stickstoff gespült, und unter Verwendung einer Elektroplattiervorrichtung wurde eine Nickelphosphid-Katalysatorschicht mit einer Dicke von 200 nm auf der Nickelschicht gebildet.

[0077] Entsprechend wurden die erste externe Leitung und die erste interne Leitung zu einer ersten externen Elektrode bzw. einer ersten internen Elektrode einer Wasserstoff-bildenden Elektrode. Die zweite externe Leitung und die zweite interne Leitung wurden zu einer zweiten externen Elektrode bzw. einer zweiten internen Elektrode einer Sauerstoff-bildenden Elektrode.

Vergleichsbeispiel 1

[0078] Es wurde eine Wasserzersetzungsvorrichtung auf die gleiche Weise wie im vorstehenden Beispiel 1 hergestellt, außer, dass eine Nickelphosphid-Katalysatorschicht so gebildet wurde, dass sie eine Dicke von 150 nm aufwies.

Vergleichsbeispiel 2

[0079] Es wurde eine Wasserzersetzungsvorrichtung auf die gleiche Weise wie im vorstehenden Beispiel 1 gebildet, außer, dass eine Nickelphosphid-Katalysatorschicht so gebildet wurde, dass sie eine Dicke von 5 µm aufwies.

[0080] **Fig. 5** ist ein Graph, der die Stromdichte, gemessen über die Zeit, zeigt, nachdem die Wasserzersetzungsvorrichtung des Beispiels **1** der vorliegenden Erfindung in eine neutrale Lösung (pH = 7) eingetaucht wurde und 10 V hieran angelegt wurden. Wie in **Fig. 5** gezeigt, wies das Beispiel 1 eine konstante Stromdichte über die Zeit auf, und die Stromdichte betrug etwa 1,27 A/cm^2. Wenn dies in die Menge an Wasser, die je Stunde entfernt wird, umgerechnet wird, bedeutet dies, dass 0,1 bis 0,2 ml Wasser je Stunde entfernt werden können.

[0081] **Fig. 6** ist ein Graph, der die Stromdichte, gemessen über die Zeit, zeigt, nachdem die Wasserzersetzungsvorrichtung des Beispiels **1** der vorliegenden Erfindung in eine neutrale Lösung (pH = 7) eingetaucht wurde und 10 V hieran angelegt wurden. Aus **Fig. 6** kann gesehen werden, dass die Stromdichte etwa 1,25 A/cm^2 etwa 80 Sekunden nach der Anlegung des Potentials erreicht, und sich die Stromdichte danach verringert. D.h., es ist ersichtlich, dass die Vorrichtung des Vergleichsbeispiels **1** sich bezüglich der Eigenschaften oder der Haltbarkeit im Vergleich zu der Vorrichtung von Beispiel 1 verschlechtert.

[0082] **Fig. 7** ist eine SEM-Aufnahme der Vorrichtung des Vergleichsbeispiels **2** der vorliegenden Erfindung, aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskops (SEM), nachdem sie mit einer gekrümmten Oberfläche einer Frontlampe verbunden wurde und dann hiervon entfernt wurde. Aus **Fig. 7** ist ersichtlich, dass die Flexibilität der Vorrichtung verringert ist und somit eine Rissbildung auftritt.

[0083] **Fig. 8A** zeigt einen Zustand, in dem das Innere einer Frontlampe feucht ist, bevor die Vorrichtung von Beispiel 1 in Betrieb genommen wird, **Fig. 8B** zeigt einen entfeuchteten Bereich **5** Minuten nach dem Beginn des Betriebs der Vorrichtung des Beispiels **1** unter Verwendung der Stromquelle eines Fahrzeugs, und **Fig. 8C** zeigt einen entfeuchteten Bereich **10** Minuten nach dem Beginn des Betriebs der Vorrichtung von Beispiel 1, wobei die Stromquelle des Fahrzeugs verwendet wurde. **Fig. 9** ist ein Graph, die Stromdichte zeigt, die gemessen wird, wenn die Stromquelle eines Fahrzeugs an die Vorrichtung von Beispiel 1 angeschlossen wird.

[0084] Wie aus **Fig. 8A** bis **Fig. 9** ersichtlich ist, wird Feuchtigkeit aus einem Bereich (**802**) um die Vorrichtung (**801**) des Beispiels **1** entfernt, wenn die Vorrichtung (**801**) des Beispiels **1** für 5 Minuten betrieben wird, und Feuchtigkeit wird aus einem größeren Bereich (**803**) entfernt, wenn die Vorrichtung (**801**) des Beispiels **1** für 10 Minuten betrieben wird. Man kann erkennen, dass über den Ablauf der Zeit des Betriebs der Vorrichtung (**801**) des Beispiels **1** sich ein entfeuchteter Bereich von dem Punkt, der dem Zentrum der Vorrichtung (**801**) des Beispiels **1** entspricht, hin zu den End- und Front-Endbereichen der Frontlampe vergrößert Ferner beträgt die Stromdichte des Beispiels **1** etwa 3,57 mA/cm^2, man kann daher ableiten, dass die Feuchtigkeit effektiv bei Raumtemperatur entfernt wird.

[0085] **Fig. 10** ist ein Graph, der das Transmissionsvermögen des Beispiels **1** der vorliegenden Erfindung im sichtbaren Lichtbereich zeigt. Das Transmissionsvermögen wurde durch Bestrahlen von Licht innerhalb des sichtbaren Lichtbereichs auf die Vorrichtung des Beispiels **1** unter Verwendung einer UV-Vis-NIR-Spektrometervorrichtung, Detektieren des Lichts, das die Vorrichtung durchdrungen hat unter Verwendung eines Detektors, der an einer gegenüberliegenden Seite positioniert war, und Vergleichen der Intensitäten des Lichts vor und nach dem Durchdringen des Lichts gemessen.

[0086] Wie aus **Fig. 10** ersichtlich ist, weist die Vorrichtung des Beispiels **1** ein mittleres Transmissionsvermögen von etwa 79 % für den Gesamtbereich sichtbaren Lichts auf, und besitzt ein minimales Transmissionsvermögen von etwa 75 % für den Wellenlängenbereich von etwa 400 nm bis etwa 450 nm. Wenn die Wasserzersetzungsvorrichtung mit der Frontlampe verbunden wird, beträgt das erforderliche Transmissionsvermögen der Vorrichtung etwa 70 %. Es ist somit ersichtlich, dass Beispiel 1 ein exzellentes Transmissionsvermögen zeigt.

[0087] Wie aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlich ist, betreffen verschiedene Aspekte der vorliegenden Erfindung das Bereitstellen einer Wasserzersetzungsvorrichtung, die sowohl Transparenz als auch Haltbarkeit erreichen kann, sogar wenn ein opakes Material hierfür verwendet wird.

[0088] Zur Einfachheit der Erklärung und zur akkuraten Definition in den anhängigen Ansprüchen werden die Ausdrücke „ober“, „unter“, „inner-“, „äußer-“, „ober-“, „unter-“, „ober“, „unter“, „nach oben gerichtet“, „nach unten gerichtet“, „Front“, „Rück“, „Rückseiten-“, „Innen-“, „Außen-“, „nach innen gerichtet“, „nach außen gerichtet“, „intern“, „extern“, „innen-“,

„außen-“, „vorwärts-“ und „rückwärts-“, verwendet, um Merkmale der beispielhaften Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Position solcher Merkmale, wie sie in den Figuren gezeigt werden, zu beschreiben.

[0089] Die vorstehenden Beschreibungen von spezifischen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind zum Zwecke der Veranschaulichung und der Beschreibung gegeben worden. Sie sollen nicht erschöpfend sein oder die Erfindung auf die offenbarten präzisen Formen beschränken, und offensichtlich sind viele Modifikationen und Variationen im Licht der vorstehenden Lehren möglich. Die beispielhaften Ausführungsformen wurden gewählt und beschrieben, um bestimmte Prinzipien der Erfindung zu erklären, als auch ihre praktische Anwendung, um es anderen Fachmännern zu ermöglichen, verschiedene beispielshafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung herzustellen und einzusetzen, als auch verschiedene Alternativen und Modifikationen hiervon. Es ist beabsichtigt, dass der Umfang der Erfindung durch die hieran angehängten Ansprüche und ihre Äquivalente definiert wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- KR 1020180097437 [0001]

Patentansprüche

1. Wasserzersetzungsvorrichtung, umfassend:
eine Wasserstoff-bildende Elektrode, die eine erste externe Elektrode und zumindest eine erste interne Elektrode, die integral mit der ersten externen Elektrode gebildet ist, umfasst; und
eine Sauerstoff-bildende Elektrode, die eine zweite externe Elektrode und zumindest eine zweite interne Elektrode, die integral mit der zweiten externen Elektrode gebildet ist, umfasst,
worin die erste externe Elektrode und die zweite externe Elektrode so angeordnet sind, das sie einander gegenüberliegen, und
worin die erste interne Elektrode und die zweite interne Elektrode alternierend in einer Richtung rechtwinklig zu der Längsrichtung hiervon angeordnet sind.

2. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, worin die erste interne Elektrode und zweite interne Elektrode in einem vorbestimmten Abstand von 10 bis 500 µm voneinander angeordnet sind.

3. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, worin zumindest eine von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode oder der zweiten internen Elektrode zumindest ein hierin gebildetes Loch aufweist.

4. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, worin das zumindest eine Loch eine Kreisform aufweist.

5. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 4, worin das zumindest eine Loch einen Durchmesser aufweist, der 80 bis 95 % der Breite der Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode ausmacht.

6. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, worin jede von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode eine Breite von 100 µm oder weniger aufweist.

7. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 5 oder 6, worin der Durchmesser des zumindest einen Lochs 80 bis 95 µm beträgt.

8. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 5, worin das zumindest eine Loch ein Loch mit einer regulären polygonalen Form umfasst und worin das Loch mit der regulären polygonalen Form die gleiche Fläche wie das kreisförmige Loch aufweist.

9. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 5, worin das zumindest eine Loch, das in der Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode gebildet ist, zumindest zwei Löcher umfasst.

10. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, worin die zumindest zwei Löcher so gebildet sind, dass jedes Zentrum hiervon mit einem Zentrum der Breite der Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode ausgerichtet ist.

11. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 10, worin, wenn die zumindest zwei Löcher den gleichen Durchmesser aufweisen, der kürzeste Abstand von einem Zentrum des einen Lochs zu einem anderen Loch von den zumindest zwei Löchern gleich zu einer Länge ist, die zur Hälfte der Breite der Entsprechenden von der ersten externen Elektrode, der ersten internen Elektrode, der zweiten externen Elektrode und der zweiten internen Elektrode äquivalent ist.

12. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 11, worin der kürzeste Abstand 50 µm oder weniger beträgt.

13. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, worin zumindest eine von der Wasserstoff-bildenden Elektrode oder der Sauerstoff-bildenden Elektrode umfasst:
ein Substrat;
eine Elektrodenschicht, die auf einer Oberfläche des Substrats gebildet ist; und
eine Katalysatorschicht, die auf einer Oberfläche der Elektrodenschicht mittels Elektrodeposition gebildet ist.

14. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 13, worin das Substrat aus zumindest einem hergestellt ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Polyethylenterephthalat, Polyethylennaphthalat und Polydimethylsiloxan.

15. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 13 oder 14, worin die Elektrodenschicht aus zumindest einem hergestellt ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Titan, Kupfer, Eisen, Aluminium, Edelstahl, Indiumzinnoxid (ITO) und fluoriertem Zinnoxid (FTO).

16. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 13, 14 oder 15, worin die Elektrodenschicht eine Dicke aufweist, die kleiner ist als die Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts.

17. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 13, 14, 15 oder 16, worin die Katalysatorschicht aus zumindest einem hergestellt ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nickel, Nickeloxid, Nickelsulfid, Nickel-Kupfer-Phosphid, Platin, Iridium und Rubidium.

18. Wasserzersetzungsvorrichtung gemäß Anspruch 13, 14, 15, 16 oder 17, worin die Katalysatorschicht eine Dicke aufweist, die größer als 150 nm und kleiner als 5 µm ist.

19. Verfahren zur Herstellung einer Wasserzersetzungsvorrichtung, wobei das Verfahren umfasst:
Bilden einer vorbestimmten Struktur auf zumindest einem von einem ersten Substrat oder einem zweiten Substrat unter Verwendung von Fotolack-Lithographie und Nanoimprint-Lithographie;
Bilden einer Metallschicht auf einer Oberfläche von dem zumindest einem von dem ersten Substrat oder dem zweiten Substrat, das die Struktur hierauf aufweist; und
Bilden einer Katalysatorschicht auf einer Oberfläche der Metallschicht mittels Elektrodeposition.

20. Verfahren gemäß Anspruch 19, worin die vorbestimmte Struktur umfasst:
eine erste externe Leitung und mindestens eine erste interne Leitung, die integral mit der ersten externen Leitung gebildet ist, wobei die erste externe Leitung und die erste interne Leitung auf dem ersten Substrat gebildet sind; und
eine zweite externe Leitung und mindestens eine zweite interne Leitung, die integral mit der zweiten externen Leitung gebildet ist, wobei die zweite externe Leitung und die zweite interne Leitung auf dem zweiten Substrat gebildet sind,
worin die erste externe Leitung und die zweite externe Leitung einander gegenüberliegen, und die erste interne Leitung und die zweite Leitung alternierend in einer Richtung rechtwinklig zur Längsrichtung angeordnet hiervon angeordnet sind.

21. Verfahren gemäß Anspruch 20, worin die erste interne Leitung und die zweite interne Leitung in einem vorbestimmten Abstand von 10 bis 500 µm voneinander angeordnet sind.

22. Verfahren gemäß Anspruch 20 oder 21, worin zumindest eine von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung oder der zweiten internen Leitung zumindest ein hierin gebildetes Loch aufweist.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, worin das zumindest eine Loch eine Kreisform aufweist.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, worin das zumindest eine Loch einen Durchmesser aufweist, der 80 bis 95 % der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung beträgt.

25. Verfahren gemäß Anspruch 22, 23 oder 24, worin das zumindest eine Loch ein Loch mit einer regulären polygonalen Form umfasst und worin das Loch mit der regulären polygonalen Form die gleiche Fläche wie das kreisförmige Loch aufweist.

26. Verfahren gemäß Anspruch 22, worin das zumindest eine Loch, das in einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung gebildet ist, zumindest zwei Löcher umfasst.

27. Verfahren gemäß Anspruch 26, worin die zumindest zwei Löcher so gebildet sind, dass deren Zentren mit einem Zentrum der Breite einer Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung ausgerichtet sind.

28. Verfahren gemäß Anspruch 27, worin, wenn die zumindest zwei Löcher die gleichen Durchmesser aufweisen, der kürzeste Abstand von einem Zentrum von einem Loch zu einem anderen Loch von den zumindest zwei Löchern gleich zu einer Länge ist, die zur Hälfte der Breite der Entsprechenden von der ersten externen Leitung, der ersten internen Leitung, der zweiten externen Leitung und der zweiten internen Leitung äquivalent ist.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 28, worin die Metallschicht eine Dicke aufweist, die geringer ist als die Skin-Tiefe, bezogen auf den Frequenzbereich sichtbaren Lichts.

30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 29, worin die Katalysatorschicht eine Dicke aufweist, die größer als 150 nm und kleiner als 5 µm ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

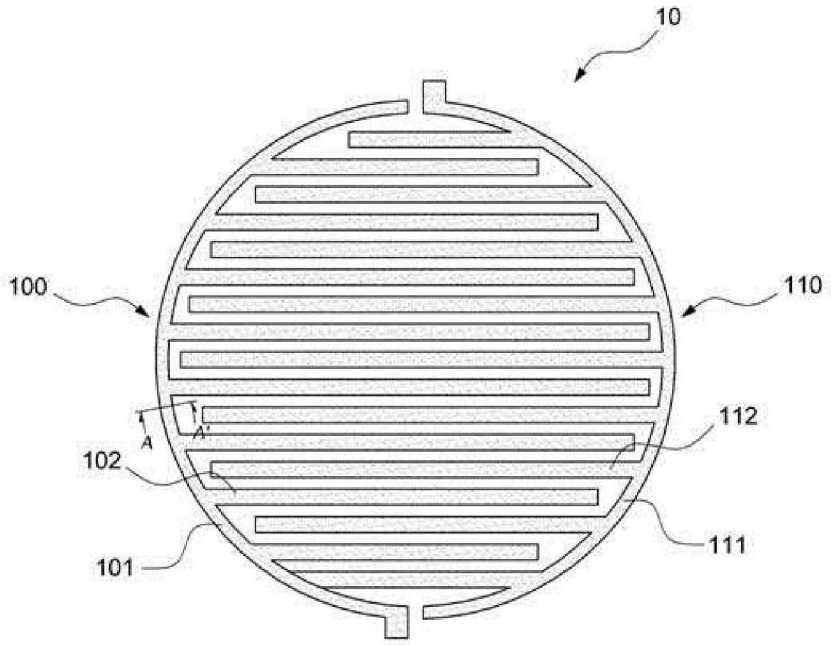


FIG. 2

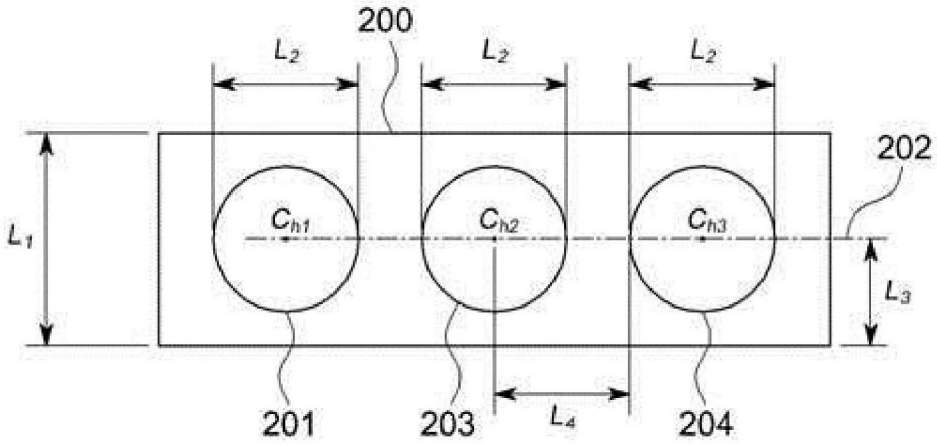


FIG. 3

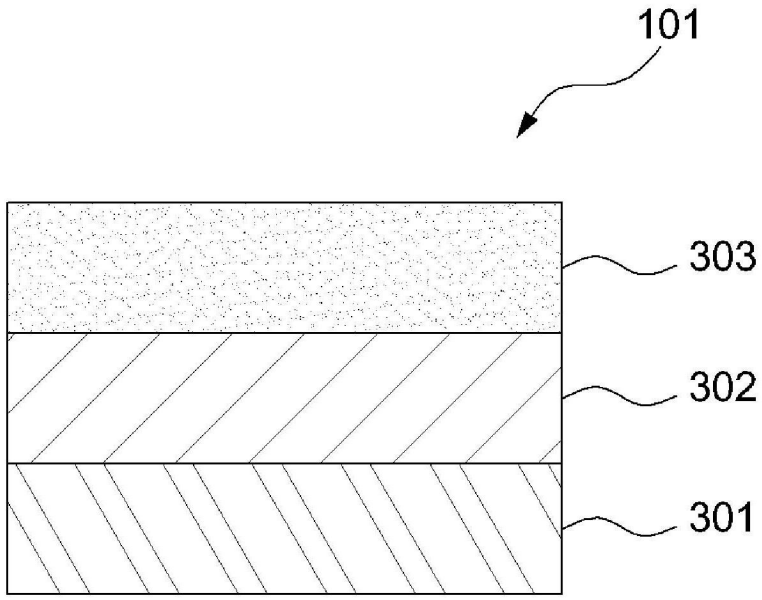

101
303
302
301

FIG. 4

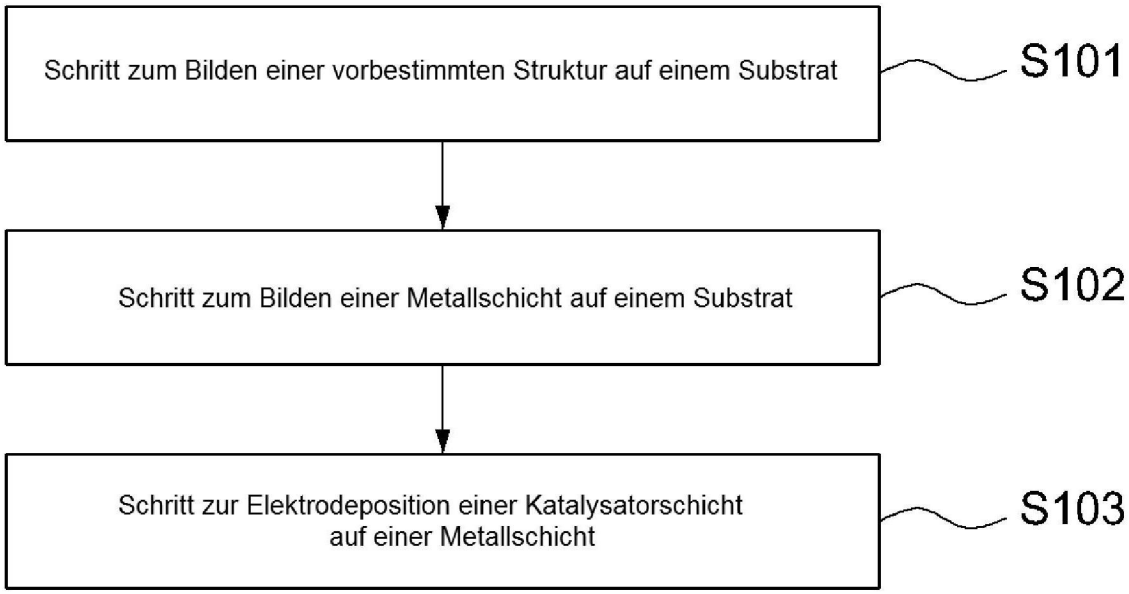

Schritt zum Bilden einer vorbestimmten Struktur auf einem Substrat
S101
Schritt zum Bilden einer Metallschicht auf einem Substrat
S102
Schritt zur Elektrodeposition einer Katalysatorschicht auf einer Metallschicht
S103

FIG. 5

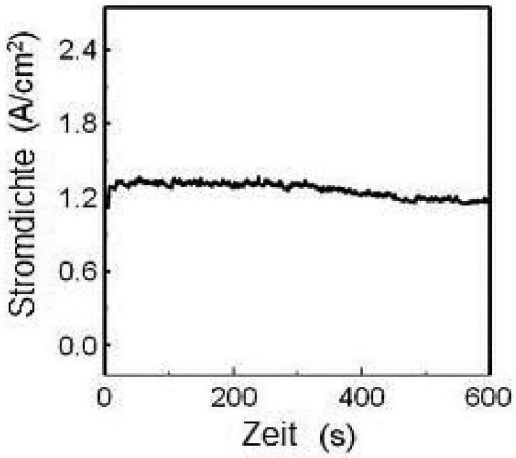

Stromdichte (A/cm²)
2.4
1.8
1.2
0.6
0.0
0
200
400
600
Zeit (s)

FIG. 6

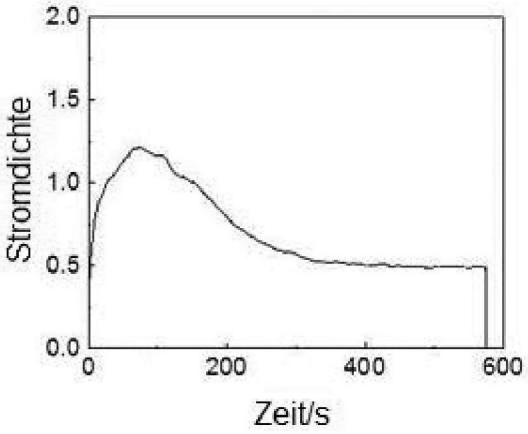

Stromdichte
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
200
400
600
Zeit/s

FIG. 7

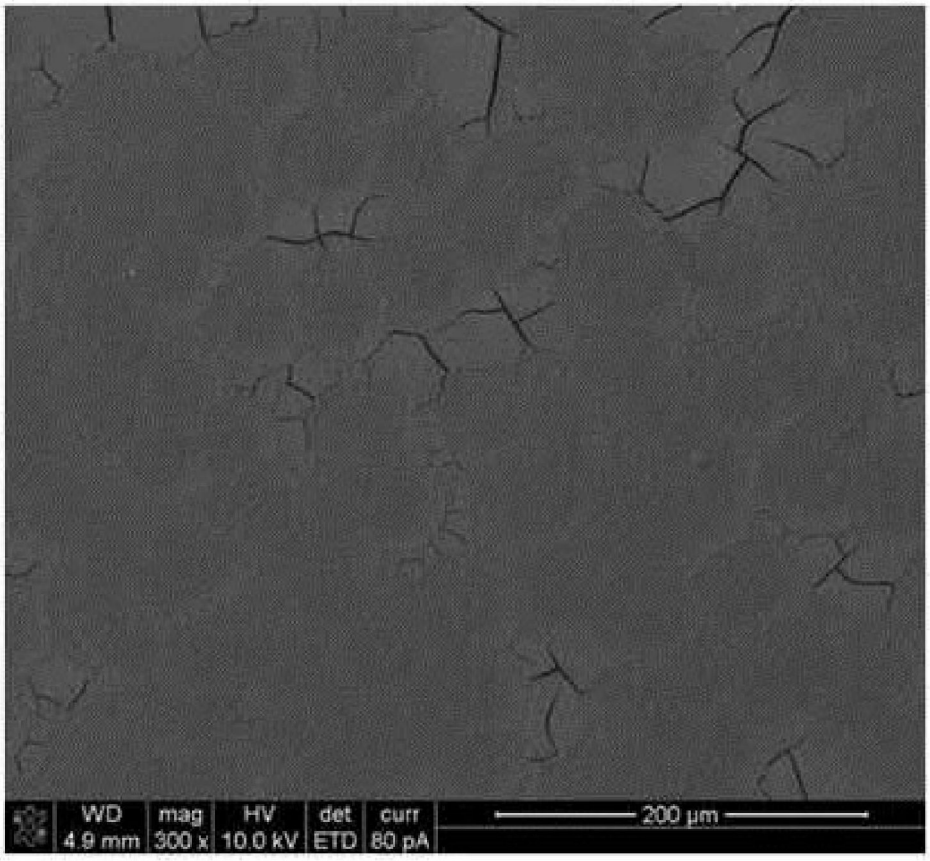

WD
4.9 mm
mag
300 x
HV
10.0 kV
det
ETD
curr
80 pA
200 µm

FIG. 8

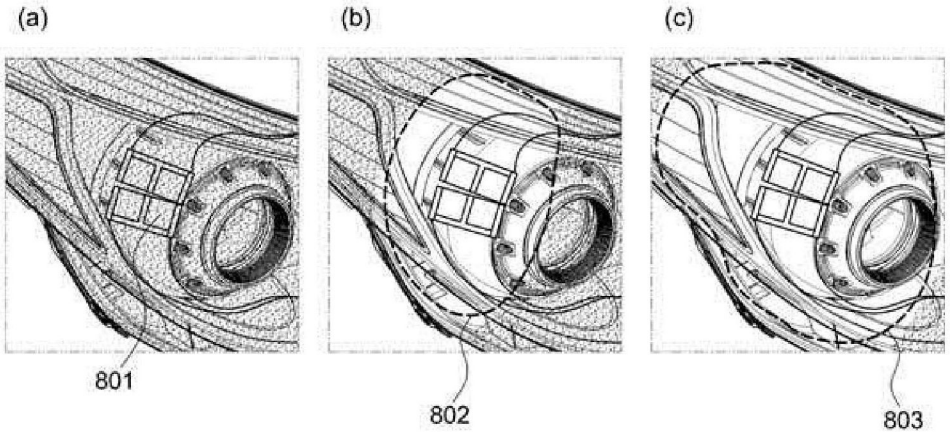

(a)
(b)
(c)
801
802
803

FIG. 9

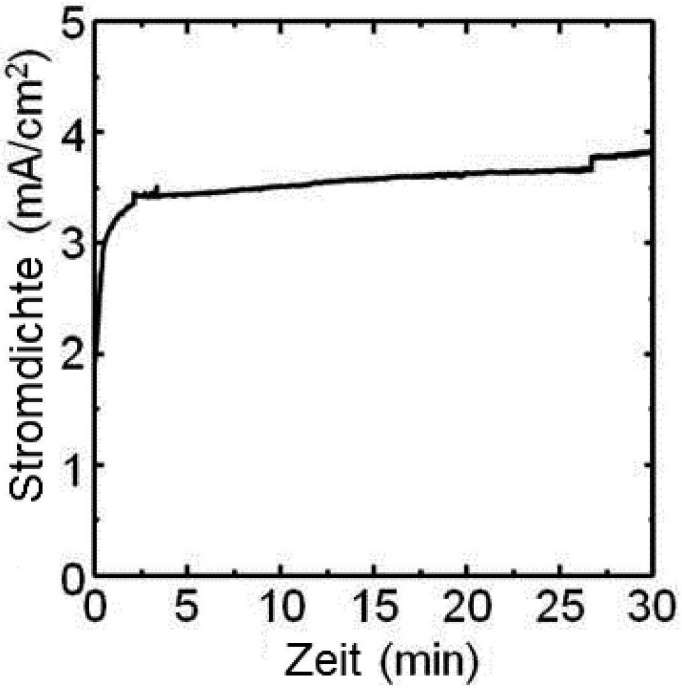
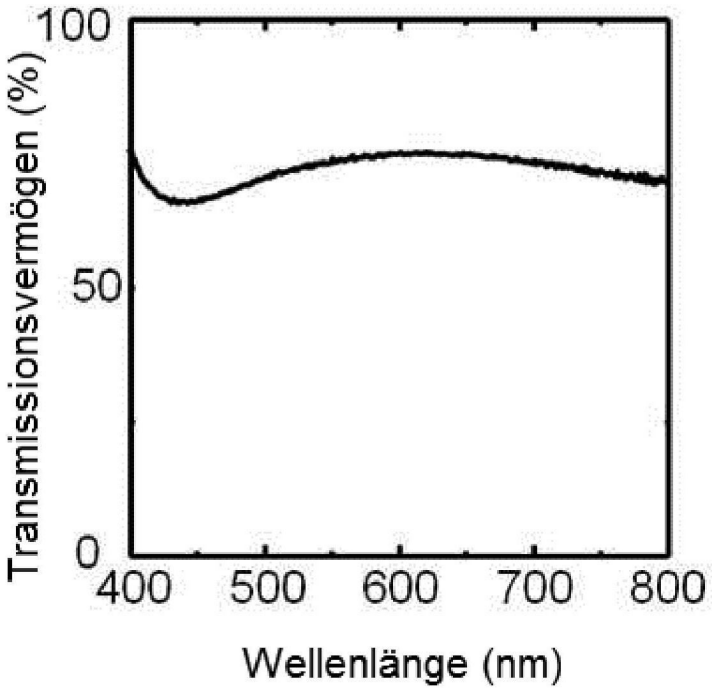

Stromdichte (mA/cm²)
0
1
2
3
4
5
0
5
10
15
20
25
30
Zeit (min)

FIG. 10


Transmissionsvermögen (%)
0
50
100
400
500
600
700
800
Wellenlänge (nm)