

(19)



(11)

EP 4 818 368 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.10.2026 Patentblatt 2026/41

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C25B 1/04 ^(2021.01) **C25B 11/03** ^(2021.01)
C25B 11/051 ^(2021.01) **C25B 11/054** ^(2021.01)

(21) Anmeldenummer: **26166929.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C25B 11/03; C25B 1/04; C25B 11/051;
C25B 11/054

(22) Anmeldetag: **23.03.2026**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH LA MA MD TN

(30) Priorität: **31.03.2025 DE 102025112496**

(71) Anmelder: **KS Gleitlager GmbH**
68789 St. Leon-Rot (DE)

(72) Erfinder:
• **Horstman, Daniel**
26871 Papenburg (DE)
• **Lange, Karsten**
68753 Waghäusel (DE)
• **Schubert, Werner**
69168 Wiesloch (DE)
• **Reepmeyer, Jens**
26789 Leer (DE)
• **Grauvogl, Manfred**
26817 Rhaderfehn (DE)

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**
Friedrichstraße 6
70174 Stuttgart (DE)

(54) **ELEKTRODE FÜR DIE ALKALISCHE WASSERELEKTROLYSE MIT IDENTIFIKATIONSMERKMAL**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrode (10) für die alkalische Wasserelektrolyse, mit einem Metallsubstrat (12), welches eine Vielzahl von Durchgangsöffnungen (14) aufweist, wobei das Metallsubstrat in einem Markierungsbereich (16) ein Identifikationsmerkmal in Form

eines Lochmusters (18) aufweist, wobei das Lochmuster durch eine Mehrzahl von in das Metallsubstrat eingebrachten Löchern (20) gebildet ist. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen einer Elektrode sowie eine Elektrolysezelle umfassend eine solche Elektrode.

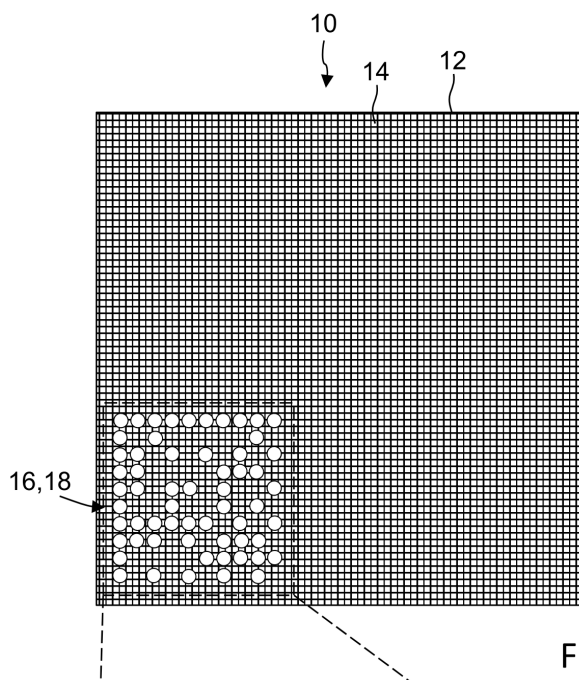


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektrode für die alkalische Wasserelektrolyse sowie ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Elektrode.

[0002] Elektroden für die alkalische Wasserelektrolyse und Verfahren zu ihrer Herstellung sind in vielfältiger Weise aus dem Stand der Technik bekannt, bspw. aus der DE 10 2022 124 917 B3.

[0003] Als Elektrodenmaterial werden beispielsweise Streckmetallgitter oder Lochbleche verwendet, die optional ein- oder beidseitig mit einer Katalysatorschicht beschichtet sein können. Ebenso sind Elektroden auf Basis von metallischen Geweben mit Leinwandbindung bekannt, bspw. aus der DE 10 2010 030 203 A1.

[0004] Um solche Elektroden vor dem Einbau in eine Elektrolysezelle identifizieren zu können, ist es bekannt, die Verpackung der Elektrode mit einem Etikett zu kennzeichnen. Es besteht jedoch zunehmend der Bedarf, solche Elektroden dauerhaft kennzeichnen zu können, um auch während eines Einsatzes oder nach Ablauf einer Lebensdauer, eine Herkunft der Elektrode und gegebenenfalls weitere Informationen nachverfolgen zu können.

[0005] Aus DE 10 2013 209 887 A1 ist es aus dem Bereich der Energiespeicher bekannt, auf Elektroden für Energiespeicherzellen einen auslesbaren Code aufzudrucken, bspw. mittels Laser- oder Tintenstrahldrucker. Zudem wird eine Prägung des Elektrodenmaterials vorgeschlagen.

[0006] Die bekannten Lösungen sind jedoch für die Elektroden für die alkalische Wasserelektrolyse nicht geeignet, da diese im Gegensatz zu Elektroden für Energiespeicherzellen im Betrieb im Elektrolyseur verändert werden, wodurch ein gedruckter Code nicht mehr lesbar wäre. Zudem ist ein Prägen bei den üblicherweise dünnen und mechanisch wenig stabilen Metallsubstraten nicht geeignet, da dies zu Beschädigungen an der Elektrode führen kann, sodass einen Einsatz im Elektrolyseur nicht mehr prozesssicher garantiert werden kann.

[0007] Die Erfindung beschäftigt sich mit der Aufgabe, eine Elektrode für die alkalische Wasserelektrolyse auf einfache Weise eindeutig und dauerhaft kennzeichnen zu können, insbesondere ohne eine katalytische Aktivität der Elektrode signifikant zu beeinträchtigen.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Elektrode mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Elektrolysezelle mit den Merkmalen des Anspruchs 14, und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt wird eine Elektrode für die alkalische Wasserelektrolyse (d.h. die alkalische Elektrolyse von Wasser) vorgeschlagen. Die Elektrode weist ein Metallsubstrat auf. Das Metallsubstrat kann ein- oder beidseitig mit einem Katalysatormaterial beschichtet sein. Das Metallsubstrat weist eine Vielzahl von Durchgangsöffnungen auf. Vorzugsweise ist das Metallsubstrat ein Streckgitter, Lochblech, Gewebe

oder dgl. In einem Bereich des Metallsubstrats (Markierungsbereich) ist eine Mehrzahl von Löchern (Durchgangsöffnungen) in das Metallsubstrat eingebracht. Die Löcher sind von den Durchgangsöffnungen verschieden ausgebildet. Die Löcher sind insbesondere in einem Muster angeordnet. Die Löcher bilden insofern ein Lochmuster (auch als Lochcodierung bezeichnet). Die Löcher, insbesondere das Lochmuster (Lochcodierung), bilden insbesondere ein Identifikationsmerkmal (oder Kennzeichnung) zur Identifizierung der Elektrode.

[0010] Die vorgeschlagene Elektrode weist mit den eingebrachten Löchern eine einfach zu fertigende und dauerhafte Kennzeichnung auf, welche insbesondere auch während oder nach einem Einsatz der Elektrode in einer Elektrolysezelle noch identifizierbar ist. Im Gegensatz zu aufgedruckten Markierungen ist die vorgeschlagene Kennzeichnung mittels eingebrachter Löcher chemisch stabil. Zudem wird durch die Löcher ein zusätzlicher Pfad zur Ableitung von Produktgasen (bspw. Wasserstoff oder Sauerstoff) bereitgestellt ist. Gegenüber aufgedruckten oder eingepägten Markierungen ist insofern eine katalytische Aktivität der Elektrode verbessert. Die Lochcodierung ermöglicht es insbesondere Elektroden voneinander zu unterscheiden und optional anhand der Lochcodierung bestimmte Informationen der entsprechenden Elektrode zuzuordnen. Beispielsweise ist es denkbar, dass eine Datenbank bereitgestellt ist, in der für eine jeweilige Lochcodierung Informationen zu der entsprechenden Elektrode wie beispielsweise Herkunft, Herstellungsdatum, Materialien, etc. hinterlegt sind.

[0011] Die Löcher des Lochmusters sind insbesondere in einem Bereich des Metallsubstrats eingebracht, in dem das Metallsubstrat Durchgangsöffnungen aufweist. Insofern sind die Löcher insbesondere derart eingebracht, dass sie die Durchgangsöffnungen zumindest abschnittsweise überdecken. Insbesondere können die Löcher des Lochmusters derart eingebracht sein, dass die Durchgangsöffnungen begrenzende Materialabschnitte des Metallsubstrats zumindest abschnittsweise abgetragen oder durchbrochen sind.

[0012] Vorzugsweise beträgt eine Ausdehnung des Lochmusters nicht mehr als 2%, insbesondere nicht mehr als 1%, einer Gesamtelektrodenfläche und vorzugsweise mindestens 0,05%, weiter vorzugsweise mindestens 0,5% einer Gesamtelektrodenfläche.

[0013] Vorzugsweise beträgt eine Ausdehnung des Lochmusters zwischen 10 cm² und 100 cm².

[0014] Das Metallsubstrat kann unterschiedlich ausgebildet sein. Das Metallsubstrat ist vorzugsweise ein geöffnetes flaches Metall. Vorzugsweise ist das Metallsubstrat ein Gewebe, Steckgitter, Lochblech oder Schaum.

[0015] Die Durchgangsöffnungen können unterschiedliche Form aufweisen. Die Durchgangsöffnungen können beispielsweise kreisrund, quadratisch, elliptisch oder polygonal sein. Vorzugsweise weisen die Durchgangsöffnungen eine Öffnungsfläche (auch als offene Fläche oder Querschnittsfläche bezeichnet) zwischen

6 mm² und 20 mm² auf. Insbesondere kann ein Durchmesser der Durchgangsöffnungen zwischen 3 mm und 5 mm betragen.

[0016] Die Durchgangsöffnungen des Metallsubstrats sind vorzugsweise in einem regelmäßigen Raster angeordnet. Das Metallsubstrat weist vorzugsweise mehr als 100 Durchgangsöffnungen auf.

[0017] Das Metallsubstrat ist vorzugsweise aus Nickel, insbesondere Ni 200 oder Ni 201, aus Nickelbasislegierung oder aus vernickeltem Metall, insbesondere aus mit Nickel oder Nickellegierung beschichteten Stahl, weiter insbesondere aus mit Nickel oder Nickellegierung beschichtetem Edelstahl mit der Werkstoffnummer 1.4301 (X5CrNi18-10) oder 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2) hergestellt.

[0018] Das Metallsubstrat kann ein- oder beidseitig mit Katalysatormaterial beschichtet sein. Das Metallsubstrat kann ein- oder beidseitig eine thermisch gespritzte Katalysatorschicht aus einem Katalysatormaterial aufweisen. Das Beschichten kann durch verschiedene thermische Spritzverfahren erfolgen. Vorzugsweise erfolgt das Beschichten mittels Plasmaspritzen, insbesondere atmosphärischem Plasmaspritzen (APS) oder Vakuumplasmaspritzen. Zudem sind Kaltgasspritzen, Flamm-spritzen oder Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF-Spritzen) denkbar. Es ist auch denkbar, dass das Beschichten mittels Lichtbogendrahtspritzen erfolgt.

[0019] Das Katalysatormaterial ist insbesondere dazu ausgebildet, eine Elektrolyse von Wasser zu katalysieren. Vorzugsweise umfasst das Katalysatormaterial eine Metalllegierung (als Katalysatormaterial) oder besteht daraus. Das Katalysatormaterial kann insbesondere eine Nickellegierung, insbesondere Nickel-Eisen-Legierung, weiter insbesondere Nickel-Eisen-Aluminium-Legierung, sein. Alternativ kann die Metalllegierung eine Aluminium-Nickel-Molybdän-Legierung sein. Bei einer Verwendung der Elektrode als Anode in einer Elektrolysezelle hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Katalysatorschicht eine Nickellegierung, insbesondere Nickel-Eisen-Legierung, weiter insbesondere Nickel-Eisen-Aluminium Legierung, umfasst oder daraus besteht. Bei einer Verwendung der Elektrode als Kathode in einer Elektrolysezelle hat es sich hingegen als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Katalysatorschicht eine Aluminium-Nickel-Molybdän-Legierung umfasst oder daraus besteht. Insofern kann das Metallsubstrat, d.h. das Drahtgewebe, zumindest einseitig mit einer Aluminium-Nickel-Molybdän-Legierung beschichtet sein.

[0020] Die Löcher können eine regelmäßige Form aufweisen. Die Löcher können eine unregelmäßige Form aufweisen.

[0021] Vorteilhafte Querschnittsformen der Löcher umfassen: kreisrund, oval (elliptisch), polygonal, sternförmig, dreieckig, rechteckig, quadratisch und Mischungen davon (bspw. eine abschnittsweise polygonale und abschnittsweise gebogene Querschnittsform). Vorzugsweise sind die Löcher kreisrund ausgebildet.

[0022] Die Löcher des Lochmusters können zueinander identisch ausgebildet sein. Beispielsweise können alle Löcher kreisrund mit gleichem Durchmesser ausgebildet sein.

5 **[0023]** Die Löcher des Lochmusters können untereinander verschieden ausgebildet sein. Beispielsweise kann das Lochmuster Löcher unterschiedlicher Form und/oder unterschiedlicher Größe aufweisen. Auf diese Weise lässt sich ein Informationsgehalt des Lochmuster erhöhen. Beispielsweise ist es denkbar, dass das Lochmuster Löcher der gleichen Form (bspw. kreisrunde Löcher) aufweist, zumindest eine Teilmenge dieser Löcher aber einen unterschiedliche Öffnungsfläche, insbesondere unterschiedlichen Durchmesser, aufweisen. Es ist auch denkbar, dass das Lochmuster Löcher unterschiedlicher Form, bspw. kreisrunde Löcher und dreieckige Löcher, aufweist.

[0024] Im vorliegenden Zusammenhang meint "Löcher" Durchgangslöcher.

20 **[0025]** Vorzugsweise sind die Löcher lasergeschnitten, d.h. mittels Laserschneidens in das Metallsubstrat eingebracht. Laserschneiden hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, da, insbesondere im Vergleich zum Stanzen oder Prägen, eine mechanische Einwirkung auf das üblicherweise sehr feine und dünne Metallsubstrat gering ist, was sich positiv auf eine katalytische Aktivität auswirkt. Darüber hinaus lassen sich durch Laserschneiden auch unterschiedlich geformte oder komplex geformte Löcher auf einfache Weise fertigen.

30 **[0026]** Vorzugsweise besteht das Lochmuster aus mindestens 10 und insbesondere höchstens 625 Löchern. Auf diese Weise ist eine eindeutige Zuordnung der Elektrode begünstigt.

35 **[0027]** Die Löcher können in einem, insbesondere regelmäßigem, Raster aus n Spalten und m Zeilen angeordnet sein. Die Anordnung in einem Raster erleichtert das Auslesen des Lochmusters und somit die Identifikation der Elektrode. Insbesondere weist das Raster wenigstens 5 und höchstens 25 Spalten und/oder Zeilen auf.

[0028] Die Löcher können auch in einem unregelmäßigen Muster angeordnet sein. Beispielsweise kann die Anordnung der Löcher mittels eines Zufallsgenerators oder über mittels künstlicher Intelligenz bestimmt sein.

45 **[0029]** Im Rahmen einer besonders bevorzugten Realisierungsform sind die Löcher in Form eines Data-Matrix-Codes angeordnet.

[0030] Vorzugsweise sind die Löcher zueinander beabstandet. Insofern überschneiden sich die Löcher insbesondere nicht. Insbesondere kann zwischen zwei benachbarten Löchern, bspw. zwischen zwei in der gleichen Zeile oder Spalte des Rasters nebeneinander angeordneten Löchern, ein Abstand a vorliegen. Insofern kann zwischen zwei benachbarten Löchern ein Materialabschnitt des Metallsubstrats mit Breite a vorhanden sein. Auf diese Weise kann eine mechanische Stabilität der Elektrode im Markierungsbereich sichergestellt werden. Zudem kann durch die zwischen den Löchern ver-

laufenden Materialabschnitte ein leitfähiger Pfad bereitgestellt werden, sodass auch der Markierungsbereich zur katalytischen Aktivität beitragen kann.

[0031] Wie vorstehend erwähnt, sind die Löcher des Lochmusters von den Durchgangsöffnungen verschieden ausgebildet. Vorzugsweise ist eine jeweilige Öffnungsfläche der Löcher (auch als offene Fläche oder Querschnittsfläche eines Lochs bezeichnet) mindestens doppelt so groß wie eine jeweilige Öffnungsfläche der Durchgangsöffnungen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn eine jeweilige Öffnungsfläche der Löcher mindestens fünf-mal so groß, weiter insbesondere mindestens zehn-mal so groß, und vorzugsweise weniger als 300-mal so groß, weiter vorzugsweise weniger als 100-mal so groß, weiter vorzugsweise weniger als 50-mal so groß, ist wie eine jeweilige Öffnungsfläche der Durchgangsöffnungen. Eine solche Ausgestaltung der Löcher hat sich als vorteilhaft herausgestellt, da sie einerseits eine zuverlässige Unterscheidung der Löcher des Lochmusters von den Durchgangsöffnungen begünstigt, gleichzeitig das Lochmuster aber nur eine vergleichsweise geringe Fläche der Elektrode beansprucht. Zudem haben sich die genannten Dimensionen in Bezug auf eine prozesssichere Fertigung, insbesondere mittels Laserschneidens, als vorteilhaft herausgestellt.

[0032] Im Rahmen einer ersten vorteilhaften Realisierungsform kann das Metallsubstrat als Drahtgitter oder Drahtgewebe aus Drähten mit Drahtdurchmesser d ausgebildet sein. Das Drahtgitter oder Drahtgewebe können insbesondere quadratische Durchgangsöffnungen mit Öffnungsweite w aufweisen. Insbesondere kann das Metallsubstrat als Drahtgewebe aus Drähten mit Drahtdurchmesser d ausgebildet sein, wobei das Drahtgewebe quadratische Maschen mit Maschenweite w aufweist, wobei die Maschen die Durchgangsöffnungen bilden.

[0033] Bei der ersten Realisierungsform kann es dann vorteilhaft sein, wenn wobei ein jeweiliger Lochdurchmesser der Löcher größer ist als eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w (bzw. Maschenweite w), insbesondere wenigstens drei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens vier-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens fünf-mal so groß. Vorzugsweise ist ein jeweiliger Lochdurchmesser der Löcher höchstens zwanzig-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß, wie eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w (bzw. Maschenweite w). Vorzugsweise sind die Löcher kreisrund ausgebildet.

[0034] Weiter erweist es sich bei der ersten Realisierungsform als vorteilhaft, wenn ein Abstand a zwischen zwei benachbarten Löchern, insbesondere eine Breite eines zwischen zwei benachbarten Löchern vorhandenen Materialabschnitts des Metallsubstrats, größer als eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w (bzw. Maschenweite w) ist, insbesondere wenigstens zwei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens drei-mal so groß. Vorzugsweise ist der Abstand a höchstens zehn-mal so groß, weiter vorzugsweise

höchstens sechs-mal so groß, wie eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w (bzw. Maschenweite w). Insbesondere hat sich herausgestellt, dass bei zu geringem Abstand eine mechanische Integrität des Drahtgitters bzw. Drahtgewebes beeinträchtigt ist und bei zu großem Abstand eine katalytische Aktivität der Elektrode reduziert ist.

[0035] Im Rahmen einer zweiten vorteilhaften Realisierungsform kann das Metallsubstrat als Streckgitter (Streckmetallgitter) mit einer Mehrzahl von, insbesondere rautenförmigen, Maschen ausgebildet sein. Die Maschen bilden dann die Durchgangsöffnungen. Die Maschen sind insbesondere durch eine Maschenbreite B und eine Maschenlänge L definiert. Die Maschen sind insbesondere durch Stege des Streckgitters umgrenzt, wobei die Stege in Knoten untereinander verbunden sind. Unter der Maschenbreite B wird dann insbesondere der Abstand von der Mitte eines Knotens zur Mitte des nächsten Knotens über die längere Öffnung der Masche verstanden. Insbesondere wird unter der Maschenbreite B ein "long way of diamond" (LWD) verstanden.

[0036] Bei der zweiten Realisierungsform kann es vorteilhaft sein, wenn ein jeweiliger Lochdurchmesser der Löcher größer als die Maschenbreite B ist, insbesondere wenigstens drei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens vier-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens fünf-mal so groß. Vorzugsweise ist ein jeweiliger Lochdurchmesser der Löcher höchstens zwanzig-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß, wie die Maschenbreite B . Vorzugsweise sind die Löcher kreisrund ausgebildet.

[0037] Weiter erweist es sich bei der zweiten Realisierungsform als vorteilhaft, wenn ein Abstand a zwischen zwei benachbarten Löchern, insbesondere eine Breite eines zwischen zwei benachbarten Löchern vorhandenen Materialabschnitts des Metallsubstrats, größer als die Maschenbreite B ist, insbesondere wenigstens zwei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens drei-mal so groß. Vorzugsweise ist der Abstand a höchstens zehn-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens sechs-mal so groß wie die Maschenbreite B . Insbesondere hat sich herausgestellt, dass bei zu geringem Abstand eine mechanische Integrität des Drahtgitters bzw. Drahtgewebes beeinträchtigt ist und bei zu großem Abstand eine katalytische Aktivität der Elektrode reduziert ist.

[0038] Im Rahmen einer dritten vorteilhaften Realisierungsform kann das Metallsubstrat als Lochblech mit kreisrunden Durchgangsöffnungen ausgebildet sein. Dann kann es vorteilhaft sein, wenn die Löcher ebenfalls kreisrund mit einem Lochdurchmesser ausgebildet sind, wobei ein jeweiliger Lochdurchmesser der Löcher größer ist als ein Durchmesser der Durchgangsöffnungen, insbesondere mehr als drei-mal so groß.

[0039] Gemäß einem zweiten Aspekt wird ein Verfahren zum Herstellen einer Elektrode vorgeschlagen. Gemäß dem Verfahren wird zunächst ein Metallsubstrat mit einer Vielzahl von Durchgangsöffnungen, insbesondere in Form eines Streckgitters, Lochblechs, Gewebes oder

dgl., bereitgestellt. In einem weiteren Schritt wird sodann in einem Abschnitt (Markierungsbereich) des Metallsubstrats, insbesondere mit Durchgangsöffnungen, eine Mehrzahl von Löchern eingebracht. Das Einbringen der Löcher erfolgt vorzugsweise mittels Laserschneidens. Insofern können aus dem Metallsubstrat eine Mehrzahl von Löchern mittels Laserschneidens ausgeschnitten werden. Das Einbringen, insbesondere Ausschneiden, der Löcher erfolgt insbesondere derart, dass die Löcher in einem Lochmuster, insbesondere in einem regelmäßigen oder unregelmäßigen Raster, weiter insbesondere in Form eines Data-Matrix-Codes, angeordnet sind.

[0040] Das Einbringen, insbesondere Ausschneiden, der Löcher erfolgt insbesondere derart, dass die Durchgangsöffnungen begrenzende Materialabschnitte des Metallsubstrats zumindest abschnittsweise abgetragen oder durchbrochen werden.

[0041] Optional kann das Verfahren nach dem Einbringen der Löcher das Durchführen einer Oberflächenbehandlung des Metallsubstrats umfassen. Beispielsweise ist es denkbar, dass das Metallsubstrat aus einem Stahl gefertigt ist und nach dem Einbringen der Löcher das Metallsubstrat vernickelt wird. Es ist auch denkbar, dass das Metallsubstrat nach dem Einbringen der Löcher gestrahlt wird.

[0042] Wie vorstehend beschrieben, kann das Metallsubstrat ein- oder beidseitig mit einem Katalysatormaterial beschichtet sein. Insofern kann das Verfahren das ein- oder beidseitige Beschichten des Metallsubstrats mit einem Katalysatormaterial umfassen. Das Beschichten mit dem Katalysatormaterial kann vor dem Einbringen der Löcher erfolgen. Alternativ kann das Beschichten mit dem Katalysatormaterial nach dem Einbringen der Löcher erfolgen.

[0043] Die vorstehend in Bezug auf die Elektrode als solche beschriebenen Vorteile und optionalen Merkmale können auch zur Ausgestaltung des Verfahrens gemäß dem zweiten Aspekt dienen.

[0044] Gemäß einem dritten Aspekt wird eine Elektrolysezelle für die alkalische Wasserelektrolyse vorgeschlagen. Die Elektrolysezelle umfasst wenigstens eine Elektrode gemäß dem ersten Aspekt, vorzugsweise zwei Elektroden gemäß dem ersten Aspekt, zwischen denen ein Separator angeordnet ist. Insbesondere umfasst die Elektrolysezelle eine erste Elektrode (Kathode), eine zweite Elektrode (Anode) und einen zwischen erster und zweiter Elektrode angeordneten Separator. Die Elektrolysezelle umfasst vorzugsweise außerdem für jede Elektrode eine Bipolarplatte, wobei die jeweilige Elektrode zwischen der Bipolarplatte und dem Separator angeordnet ist.

[0045] Es ist denkbar, dass sowohl auf der ersten Elektrode als auch auf der zweiten Elektrode zumindest abschnittsweise eine, insbesondere thermisch gespritzte, Katalysatorschicht aufgebracht ist, insbesondere die erste Elektrode und die zweite Elektrode zumindest abschnittsweise mit Katalysatormaterial beschichtet sind. Es ist auch denkbar, dass nur auf einer der Elektroden,

insbesondere auf der an der Wasserstoff- bzw. Kathoden-Seite angeordneten Elektrode, zumindest abschnittsweise eine, insbesondere thermisch gespritzte, Katalysatorschicht aufgebracht ist und die andere Elektrode (insbesondere auf der Sauerstoff- bzw. Anoden-Seite) unbeschichtet ist. Eine solche Elektrolysezelle lässt sich kostengünstig und effizient betreiben.

[0046] Gemäß einem vierten Aspekt wird die Verwendung einer vorstehend beschriebenen Elektrode bei der alkalischen Elektrolyse von Wasser, insbesondere zur Sauerstofferzeugung in einer Elektrolysezelle für die alkalische Wasserelektrolyse vorgeschlagen.

[0047] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 vereinfachte schematische Darstellung einer beispielhaften Ausgestaltung einer Elektrode in Draufsicht;

Figur 1A einen vergrößerten Ausschnitt der Elektrode gemäß Fig. 1;

Figur 2 schematische Darstellung zur Erläuterung einer Ausgestaltung des Metallsubstrats als Drahtgewebe;

Figur 3 schematische Darstellung zur Erläuterung einer Ausgestaltung des Metallsubstrats als Streckgitter; und

Figur 4 schematische Darstellung zur Erläuterung einer Ausgestaltung des Metallsubstrats als Lochblech.

[0048] In der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Figuren sind für identische oder einander entsprechende Merkmale jeweils dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0049] Die Figur 1 zeigt in vereinfachter schematischer Darstellung eine beispielhafte Ausgestaltung einer Elektrode, welche insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet ist.

[0050] Die Elektrode 10 weist ein Metallsubstrat 12 auf, welches eine Vielzahl von Durchgangsöffnungen 14 aufweist. Wie nachfolgend noch näher erläutert, kann es sich bei dem Metallsubstrat 12 beispielsweise um ein Metallgitter, ein Drahtgewebe, ein Streckgitter, ein Lochblech oder dgl. handeln.

[0051] Das Metallsubstrat 12 kann ein- oder beidseitig mit einem Katalysatormaterial (nicht dargestellt) beschichtet sein.

[0052] Die Elektrode 10 weist in einem Markierungsbereich 16 ein Lochmuster 18 (Lochcodierung 18) auf. Im Konkreten sind in einem Abschnitt der Elektrode eine Mehrzahl von Löchern 20 eingebracht, vorzugsweise mittels Laserschneidens.

[0053] Die Löcher 20 sind im Beispiel kreisrund ausgebildet und weisen ein Lochdurchmesser D_L auf (vgl.

Fig. 1A). Bei nicht dargestellten Ausgestaltungen können die Löcher 20 aber auch eine andere Geometrie aufweisen, bspw. oval, rechteckig oder polygonal oder Kombinationen davon ausgebildet sein.

[0054] Die Löcher 20 sind größer als die Durchgangsöffnungen 14 ausgebildet. Wie vorstehend erwähnt, ist eine jeweilige Öffnungsfläche der Löcher 20 vorzugsweise mindestens doppelt so groß, vorzugsweise mindestens drei-mal so groß, wie eine jeweilige Öffnungsfläche der Durchgangsöffnungen 14.

[0055] Wie aus Figur 1A ersichtlich, sind die Löcher 20 in einem regelmäßigen Raster mit 10 Spalten und 10 Zeilen angeordnet. Bei nicht dargestellten Ausgestaltungen können aber auch mehr oder weniger Spalten und/oder Zeilen vorgesehen sein oder die Löcher 20 in einem unregelmäßigen Muster angeordnet sein.

[0056] Die Löcher 20 sind derart angeordnet, dass benachbarte Löcher 20 einer Spalte oder Zeile mit einem Abstand a zueinander beabstandet sind (vgl. Fig. 1A).

[0057] Im konkreten Beispiel sind die Löcher 20 in der Art eines Digital-Matrix-Codes angeordnet.

[0058] Wie vorstehend erwähnt, dient das Lochmuster 18 insbesondere als Identifikationsmerkmal, anhand derer die Elektrode 10 bestimmten Informationen zugeordnet werden kann. Beispielsweise ist es denkbar, dass in einer Datenbank für jedes Lochmuster 18 Informationen zu der Elektrode wie beispielsweise Herkunft, Herstelldatum, Materialien, etc. hinterlegt sind.

[0059] Wie vorstehend erwähnt, kann das Metallsubstrat 12 unterschiedlich ausgebildet sein. Die Figur 2 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung eines Metallsubstrats 12, welches als Drahtgewebe 22 ausgebildet ist. Das Drahtgewebe 22 weist Schussdrähte 24 und Kettdrähte 26 auf. Die Schussdrähte 24 und die Kettdrähte 26 sind, im Beispiel in einer Leinwandbindung, miteinander verwebt, sodass dazwischen Maschen 28 gebildet sind, welche die Durchgangsöffnungen 14 darstellen.

[0060] Die Schussdrähte 24 und die Kettdrähte 26 weisen jeweils einen Drahtdurchmesser d auf. Im dargestellten Beispiel sind die Schussdrähte 24 und die Kettdrähte 26 zueinander identisch ausgebildet. Insbesondere weisen die Schussdrähte 24 und die Kettdrähte 26 eine runde Querschnittsform mit identischem Durchmesser d auf.

[0061] Die Schussdrähte 24 und die Kettdrähte 26 sind im Beispiel derart regelmäßig miteinander verwebt, dass die Maschen 20 (Durchgangsöffnungen) eine quadratische Maschengeometrie mit Maschenweite w aufweisen.

[0062] Wie vorstehend erwähnt, kann es bei einer solchen Ausgestaltung des Metallsubstrats 12 vorteilhaft sein, wenn ein Lochdurchmesser D_L größer als eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Maschenweite w ist, insbesondere wenigstens drei-mal so groß.

[0063] Die Figur 3 zeigt eine weitere beispielhafte Ausgestaltung eines Metallsubstrats 12, welches als Streckgitter 30 mit einer Mehrzahl von, im Beispiel rautenförmigen, Maschen 32 (Durchgangsöffnungen 14) ausge-

bildet ist. Wie aus Figur 3 ersichtlich, sind die Maschen 32 in bekannter Weise durch Stege 34 des Streckgitters 30 umgrenzt, wobei die Stege 34 in Knoten 36 untereinander verbunden sind. Eine jeweilige Masche 32 ist dabei durch eine Maschenbreite B und eine Maschenlänge L definiert, welche jeweils von Knoten 36 zu Knoten 36 entlang der langen Öffnung (Maschenbreite B) oder der kurzen Öffnung (Maschenlänge L) gemessen sind. Die Maschenbreite B wird gelegentlich auch als LWD (long way of diamond) und die Maschenlänge L als SWD (short way of diamond) bezeichnet.

[0064] Wie vorstehend erwähnt, kann es bei einer solchen Ausgestaltung des Metallsubstrats 12 als Streckmetallgitter 30 dann vorteilhaft sein, wenn ein Lochdurchmesser D_L größer als eine Maschenbreite B ist, insbesondere wenigstens drei-mal so groß.

[0065] Die Figur 4 zeigt eine weitere beispielhafte Ausgestaltung eines Metallsubstrats 12, welches als Lochblech 38 ausgebildet ist, also kreisrunde Durchgangsöffnungen 14 aufweist. Wie vorstehend erwähnt, kann es bei einer solchen Ausgestaltung des Metallsubstrats 12 vorteilhaft sein, wenn ein Lochdurchmesser D_L mindestens doppelt so groß wie ein Durchmesser der Durchgangsöffnungen 14 ist.

Patentansprüche

1. Elektrode (10) für die alkalische Wasserelektrolyse, mit einem, insbesondere ein- oder beidseitig mit einem Katalysatormaterial beschichteten, Metallsubstrat (12), welches eine Vielzahl von Durchgangsöffnungen (14) aufweist, wobei das Metallsubstrat (12) in einem Markierungsbereich (16) ein Identifikationsmerkmal in Form eines Lochmusters (18) aufweist, wobei das Lochmuster (18) durch eine Mehrzahl von in das Metallsubstrat (12) eingebrachten Löchern (20) gebildet ist, wobei eine jeweilige Öffnungsfläche der Löcher (20) mindestens doppelt so groß ist wie eine jeweilige Öffnungsfläche der Durchgangsöffnungen (14).
2. Elektrode (10) nach Anspruch 1, wobei die Löcher (20) mittels Laserschneidens in das Metallsubstrat (12) eingebracht sind.
3. Elektrode (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Lochmuster (18) mindestens 10 und höchstens 625 Löcher (20) aufweist.
4. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Löcher (20) in einem, insbesondere regelmäßigem, Raster aus n Spalten und m Zeilen angeordnet sind, insbesondere wobei das Raster wenigstens 5 und höchstens 25 Spalten und/oder Zeilen aufweist.

5. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Löcher (20) in Form eines Data-Matrix-Codes angeordnet sind.
6. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Löcher des Lochmusters (18) zueinander beabstandet sind. 5
7. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine jeweilige Öffnungsfläche der Löcher (20) mindestens fünf-mal so groß ist wie eine jeweilige Öffnungsfläche der Durchgangsöffnungen (14), insbesondere mindestens zehn-mal so groß. 10
8. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Metallsubstrat (12) als Drahtgitter, Streckgitter, Lochblech, oder Gewebe ausgebildet ist. 15
9. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Metallsubstrat (12) ein- oder beidseitig mit einem Katalysatormaterial beschichtet ist, wobei das Katalysatormaterial eine Nickellegierung oder eine Aluminium-Nickel-Molybdän-Legierung ist. 20 25
10. Elektrode (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Metallsubstrat (12) als Drahtgitter oder Drahtgewebe (22) aus Drähten (24, 26) mit Drahtdurchmesser d ausgebildet ist, wobei das Drahtgitter oder Drahtgewebe (22) quadratische Durchgangsöffnungen (14) mit Öffnungsweite w aufweist. 30
11. Elektrode (10) nach dem vorherigen Anspruch, 35
wobei ein jeweiliger Lochdurchmesser D_L der Löcher (20) größer ist als eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w , insbesondere wenigstens drei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens vier-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens fünf-mal so groß, und vorzugsweise höchstens zwanzig-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß 40
und/oder
wobei ein Abstand a zwischen zwei benachbarten Löchern (20) größer ist als eine Summe s aus Drahtdurchmesser d und Öffnungsweite w ist, insbesondere wenigstens zwei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens drei-mal so groß, und vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens sechs-mal so groß. 45 50 55
12. Elektrode (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Metallsubstrat (12) als Streckgitter (30) mit Maschen (32) der Maschenbreite B ausgebildet ist, 60
wobei ein jeweiliger Lochdurchmesser D_L der Löcher (20) größer als die Maschenbreite B ist, insbesondere wenigstens drei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens vier-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens fünf-mal so groß, und vorzugsweise höchstens zwanzig-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß, 65
und/oder
wobei ein Abstand a zwischen zwei benachbarten Löchern (20) größer als die Maschenbreite B ist, insbesondere wenigstens zwei-mal so groß, weiter insbesondere wenigstens drei-mal so groß, und vorzugsweise höchstens zehn-mal so groß, weiter vorzugsweise höchstens sechs-mal so groß. 70
13. Elektrode (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Metallsubstrat (12) als Lochblech (38) mit kreisrunden Durchgangsöffnungen (14) ausgebildet ist, wobei ein jeweiliger Lochdurchmesser D_L der Löcher (20) größer als ein Durchmesser der Durchgangsöffnungen (14) ist, insbesondere mehr als drei-mal so groß. 75
14. Elektrolysezelle für die alkalische Wasserelektrolyse, umfassend wenigstens eine Elektrode (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche. 80
15. Verfahren zum Herstellen einer Elektrode (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend:
- Bereitstellen eines Metallsubstrats (12), welches eine Vielzahl von Durchgangsöffnungen (14) aufweist;
- Einbringen eines Lochmusters (18) in das Metallsubstrat (12), umfassend das Einbringen einer Mehrzahl von Löchern (20) in das Metallsubstrat (12) mittels Laserschneidens. 85

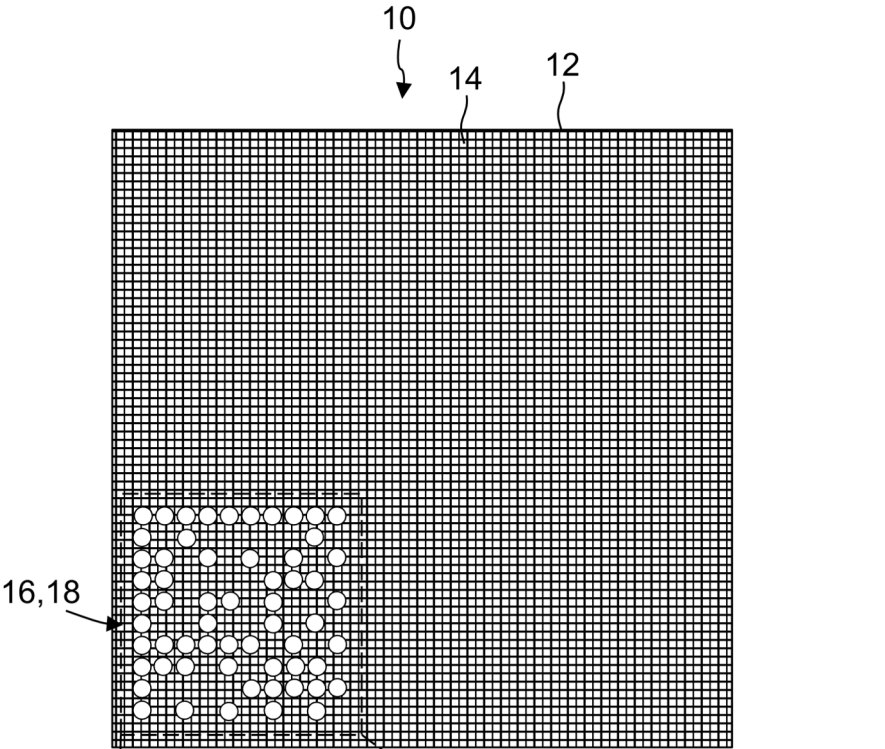


Fig. 1

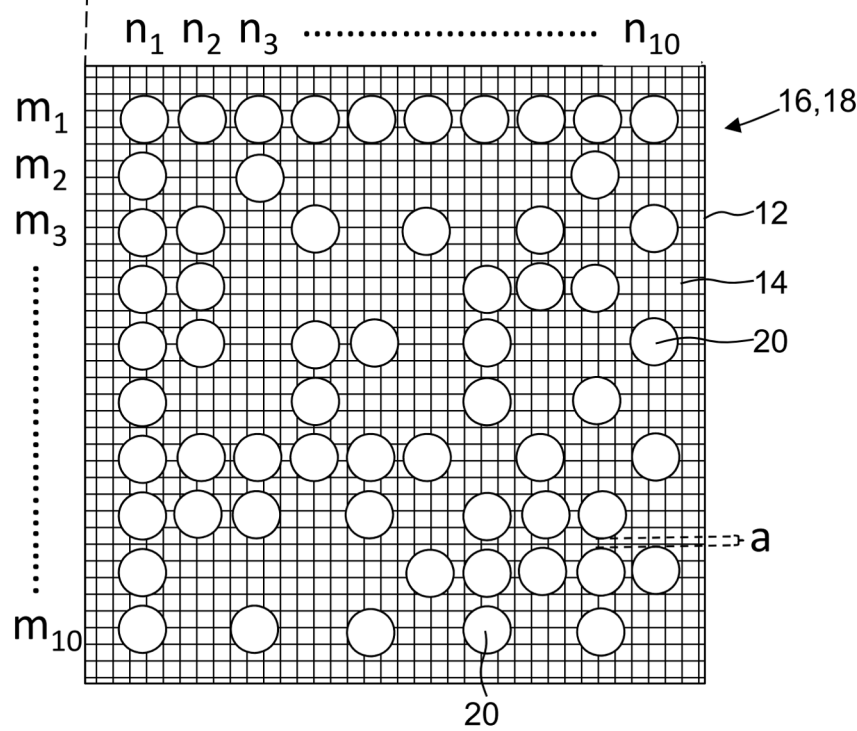


Fig. 1A

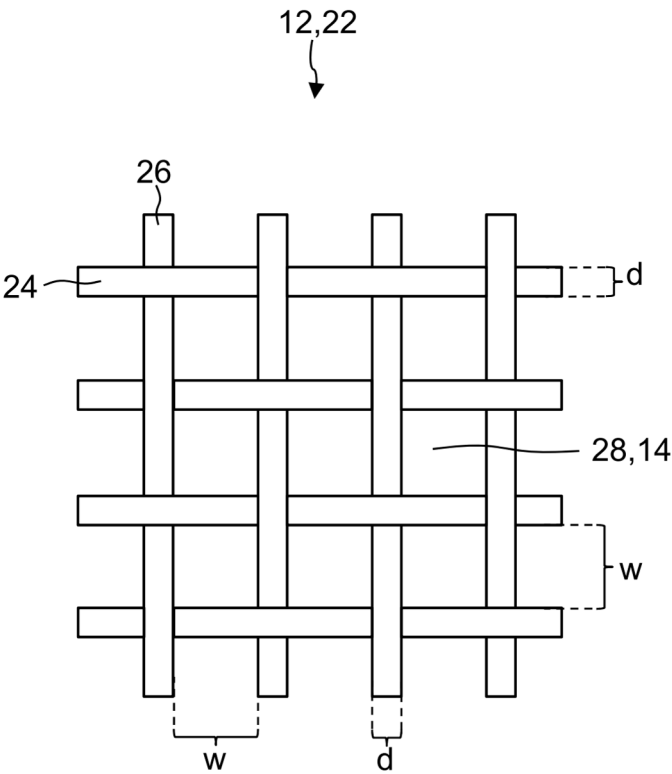


Fig. 2

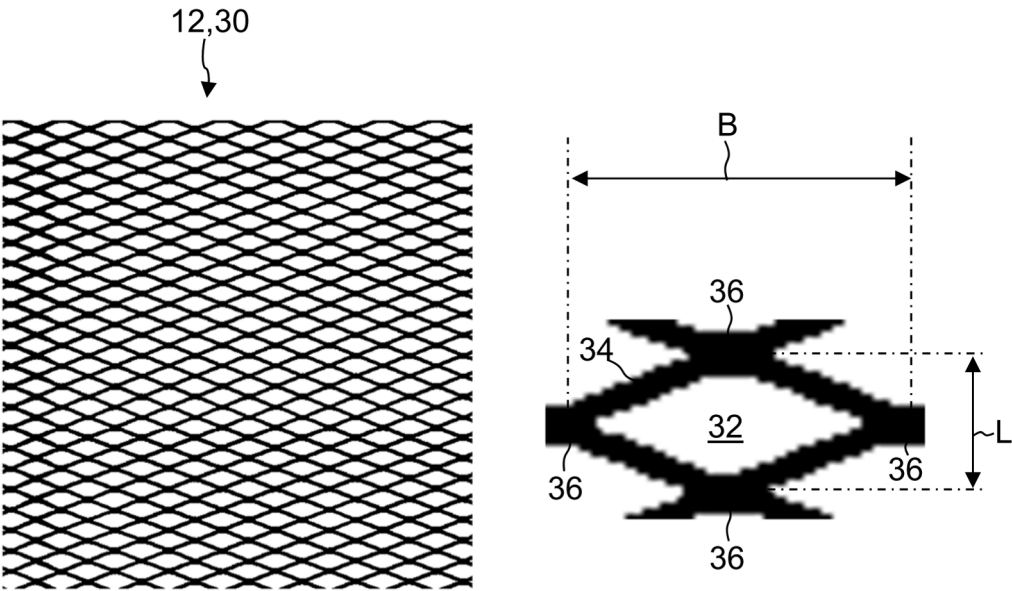


Fig. 3

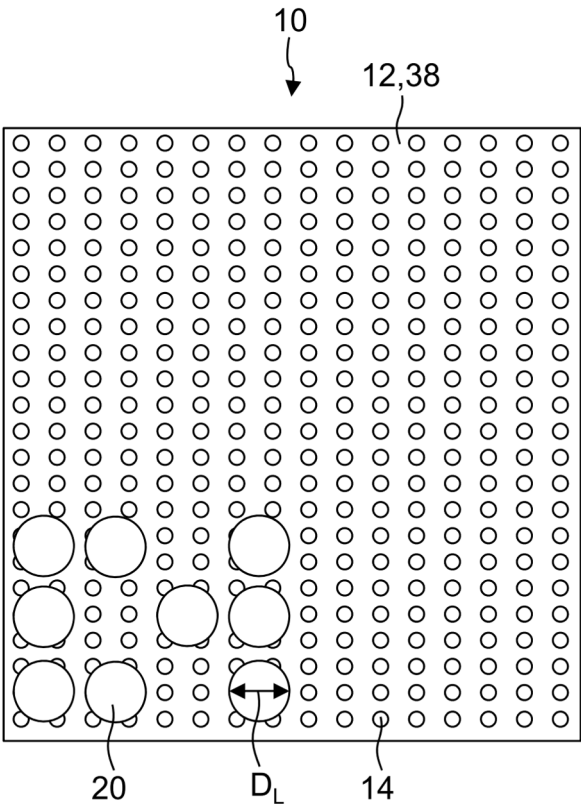


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 26 16 6929

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P24C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 83 24 661 U1 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH) 26. März 1987 (1987-03-26) * das ganze Dokument *	1-15	INV. C25B1/04 C25B11/03 C25B11/051 C25B11/054
A	DE 10 2013 209887 A1 (THYSSENKRUPP SYSTEM ENG GMBH [DE]) 4. Dezember 2014 (2014-12-04) * Absätze [0006] - [0008]; Abbildungen 1-2 * * Absätze [0027] - [0029]; Ansprüche 1-21 *	1-15	
A,P	WO 2025/103704 A1 (FREUDENBERG CARL KG [DE]) 22. Mai 2025 (2025-05-22) * Seite 4, Zeile 10 - Seite 5, Zeile 25 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		11. August 2026	Teppo, Kirsi-Marja
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 26 16 6929

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-08-2026

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 8324661 U1	26-03-1987	KEINE	

DE 102013209887 A1	04-12-2014	KEINE	

WO 2025103704 A1	22-05-2025	DE 102023131980 A1	22-05-2025
		WO 2025103704 A1	22-05-2025

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102022124917 B3 [0002]
- DE 102010030203 A1 [0003]
- DE 102013209887 A1 [0005]