



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer : **0 203 224 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
05.04.89

(51) Int. Cl.⁴ : **C 25 B 11/02, C 25 C 7/02**

(21) Anmeldenummer : **85116337.8**

(22) Anmeldetag : **20.12.85**

(54) **Elektrodenstruktur für elektrochemische Zellen.**

(30) Priorität : **30.05.85 DE 3519272**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
03.12.86 Patentblatt 86/49

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : **05.04.89 Patentblatt 89/14**

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH DE FR GB IT LI NL

(56) Entgegenhaltungen :
DE-A- 3 421 480
US-A- 4 022 679
US-A- 4 389 298

(73) Patentinhaber : **Heraeus Elektroden GmbH**
Heraeusstrasse 12 - 14
D-6450 Hanau/Main (DE)

(72) Erfinder : **Fabian, Peter**
Theodor-Heuss-Strasse 4
D-6463 Freigericht 1 (DE)
Erfinder : **Gerhardt, Wolfgang**
Bahnhofstrasse 52
D-6463 Freigericht 5 (DE)
Erfinder : **Koch, Reinhard**
Brucknerstrasse 8
D-6463 Freigericht 3 (DE)
Erfinder : **Simon, Heinrich**
Schlossstrasse 10
D-6456 Langenselbold (DE)

(74) Vertreter : **Heinen, Gerhard, Dr.**
W.C. Heraeus GmbH Zentralbereich Patente und
Lizenzen Heraeusstrasse 12-14
D-6450 Hanau (DE)

EP 0 203 224 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Elektrode für elektrochemische Zellen, insbesondere Diaphragma- oder Membranzellen, die einen als Stromverteiler dienen plattenförmigen Träger aus Metallblech in einer Stärke von wenigstens 0,4 mm besitzt, wobei der Träger beidseitig wenigstens jeweils zwei sich über seine Ober- und Unterfläche erstreckende Ausbuchtungen aufweist und auf dessen Ober- und Unterfläche wenigstens ein plattenförmiges Elektrodenteil brückenartig auf dem Kamm aufgeschweißt ist.

Aus der US-PS 4 482 448 ist eine Elektrodenstruktur für gaserzeugende Elektroden — das heißt Anode oder Kathode — bekannt, welche einen zentralen plattenförmigen Stromverteiler mit beidseitigen wellenförmigen Ausbuchtungen enthält. Auf den Kämmen der wellenförmigen Ausbuchtungen sind Elektrodenteile, beispielsweise in Form von perforierten Platten oder Streckmetall, durch Verschweißen befestigt. Beim Einsatz in Elektrolysezellen verlaufen die Kämmen der Ausbuchtungen in vertikaler Richtung, so daß die im Elektrodenbereich entstehenden Gase zur Oberkante der Elektrode abgeführt werden können. Es ist somit möglich, die an den Außenteilen der Elektrode erzeugten Gase aufgrund der porösen bzw. perforierten Struktur der Elektrodenteile in die zum Innenbereich der Elektrode gehörenden Ausbuchtungen abzuführen. Aufgrund ihrer einfachen Struktur soll die Elektrode in preisgünstigen Verfahrensschritten, wie beispielsweise Walzen, Stanzen und Schweißen, herzustellen sein.

Als nachteilig erweist es sich, daß nur die unmittelbar an der Membran anliegenden äußeren Teile der Elektrode zur elektrochemischen Umsetzung beitragen welche zudem durch Porosität bzw. Perforation in ihrer wirksamen Oberfläche reduziert sind.

Durch Gasbildung infolge elektrochemischer Reaktion im Bereich der Auflage der Membran auf der Elektrodenoberfläche wird die Ionenwanderung — und damit die Effektivität der elektrochemischen Umsetzung — erheblich behindert. Weiterhin erfordert die Aufteilung des Elektrodenraumes durch die vertikal verlaufenden Ausbuchtungen in einzelnen Strömungskammern eine äußerst gleichmäßige Anströmung dieser elektrolytführenden Kammern, was zu aufwendigen Strömungssystemen in der Praxis führt.

Aufgrund des seitlich angebrachten Stromanschlusses erhöht sich der elektrische Widerstand insbesondere für die auf der gegenüberliegenden Seite befindlichen Teile der Elektrodenfläche; hieraus ergibt sich eine ungleichmäßige Stromverteilung auf der Elektrodenfläche; dies führt zu einer höheren Zellenspannung.

Weiterhin ist aus der US-PS 4 013 525 bekannt, die Gitterstruktur von Anoden als flache Streifen, Bänder oder Kanäle in U-Form oder umgekehrter U-Form auszubilden. An den Verbindungsbogen der umgekehrten U-Profile werden die einzelnen

kanalartigen Teile zusammengeschweißt. Dabei ist ein ausreichender Spalt zwischen den Bändern jedes kanalartigen Elementes vorzusehen, um den Zugang eines Punktschweiß-Werkzeugkopfes zu ermöglichen, da die kanalartigen Elemente mit einem Leiter durch Punktschweißen verbunden werden müssen. Hierdurch wird andererseits die von der Stromverteilung her erwünschte große Anzahl von einzelnen Leiterelementen begrenzt. Außerdem müssen auf der Oberseite der Elemente mit umgekehrtem U die Bögen zwischen den Verbindungsstegen entfernt werden, so daß relativ große Mengen an Titan zu Abfall werden.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, Elektroden aus verhältnismäßig einfachen Grundstrukturen in ökonomischer Weise aufzubauen, welche möglichst große aktive Flächen aufweisen, so daß sie auch in elektrochemischen Zellen des Filterpresstyps einsetzbar sind. Sie sollen in unmittelbarer Nähe des Separators eine möglichst große aktive Fläche erzielen und gleichzeitig einen optimalen Gastransport aus dem Bereich der elektrochemischen Umsetzung gewährleisten. Die plattenförmigen Stromverteiler sollen durch ihre Struktur ein möglichst einfaches Aufschweißen der Elektrodenteile ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

In einer bevorzugten Ausführungsform haben die Erhöhungen eine Höhe von 1 bis 10 mm. Der Träger weist dabei eine rechteckige Grundform auf, wobei die Erhöhungen einen dreieckigen Querschnitt aufweisen und durch gerade verlaufende Kanten gebildet sind, welche eine durchgehende Linie zwischen zwei sich gegenüberliegenden Plattenkanten bilden.

Die aufgeschweißten Elektrodenteile sind als Flachprofile mit Rechteckquerschnitt ausgeführt aus im jeweiligen Elektrolyseverfahren resistenten, elektrisch leitenden Metallen oder deren Legierungen, wie auch der Träger selbst. Das Breiten- zu Höhenverhältnis liegt zwischen 1 : 5 und 2 : 3.

Der Spalt zwischen benachbarten Elektrodenteilen wird so gewählt, daß die an den aktiven Oberflächen der Flachprofile im Betrieb entstehenden Gasabzugsfahnen im Bereich des Spaltes nicht miteinander in Berührung kommen und verwirbeln, sondern getrennt bleiben, so daß die Ionen, die an der Elektrodenfläche entladen werden, weitestgehend von Gasblasen ungehindert an die aktiven Flächen gelangen können.

Nach der Erfindung erweist es sich als vorteilhaft, daß Elektrodenteile und Träger aus einfachsten geometrischen Formen aus vorgefertigten Blechen geschnitten werden können und nach Aufbringen der durchgehenden Schweißbuckel, wie sie beispielsweise durch Biege- oder Abkantverfahren hergestellt werden können, alle Elektrodenteile jeweils einer Trägerseite gleichzeitig mit einem Schweißbuckel durch Widerstandsschweißen verbunden werden können.

Die wesentlichen Vorteile der Erfindung sind.

1. Günstige Stromverteilung über zwei Leiterebenen mit optimal dimensionierten Flachprofilen (Rechteckprofilen),

2. hohe Stabilität der Elektrode sowohl mechanisch (verwindungssteif), insbesondere wegen des günstigeren Widerstandsmoments von Rechteckprofilen im Vergleich zu Rundprofilen und quadratischen Profilen, aber auch deshalb, weil alle Flachprofile (Rechteckprofile) der einzelnen Ebenen jeweils rechtwinklig zueinander angeordnet sind,

3. gute Planität der ebenen Aktivfläche der Elektrode bleibt nicht nur nach der Herstellung, dem Transport, sondern auch nach dem Einbau (Montage und Demontage) sowie im Betrieb erhalten, was zu einer Senkung der Betriebskosten führt, weil ein günstigerer, gleichmäßiger Abstand zu der Gegenelektrode eingehalten wird,

4. Sicherheit gegen thermischen Verzug beim Reaktivieren. Dies ermöglicht die verwindungssteife Konstruktion der erfindungsgemäßen Elektrode,

5. gute Stoffaustauschkinetik nicht nur durch die rundum beschichteten, senkrecht stehenden Flachprofile (Rechteckprofile), sondern auch durch deren günstige gegenseitige Beabstandung und Zahl der Leiter pro Fläche,

6. trotzdem gute Schweißbarkeit wegen der gegenseitigen Zuordnung der Leiterebenen,

7. nicht zuletzt eine sehr hohe Materialersparnis bezogen auf eine Elektrode gleicher Fläche an hochwertigen Materialien, wie Titan,

8. ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil ist die einfache Form des Materials der Leiter (Flachprofil bzw. Rechteckprofil), die die Verwendung von Standardvormaterial zu optimalen Einkaufsbedingungen und günstige Lagerhaltung erlaubt,

9. die gute Parallelität der einzelnen Flachprofile ist eine Folge der großen Verwindungssteifigkeit der erfindungsgemäßen Elektrodenkonstruktion bzw. ihres Aufbaus. Der mittlere Abstand zwischen Anode und Kathode im Elektrolyseur wird unbeeinflusst durch geringe Planitätsabweichungen optimal klein gehalten.

Im folgenden ist der Gegenstand der Erfindung anhand der Figuren 1a, 1b und 2 näher erläutert.

Figur 1a zeigt eine Elektrode mit einem Träger, der auf zwei Seiten mit Flachprofilen versehen ist.

Figur 1b zeigt als Ausschnitt eine Kante dieser Elektrode.

Figur 2 zeigt im Querschnitt einen Elektrolyseur, welcher mit den erfindungsgemäßen Elektroden versehen ist.

Gemäß Figur 1a besteht die erfindungsgemäße Elektrode aus einem plattenförmigen Träger 1, welcher auf beiden Seiten als Schweißbuckel dienende Ausbuchtungen 3 aufweist, auf denen als Elektrodenanteile 2 dienende Flachprofile aufgeschweißt sind. Der aus elektrisch leitfähigem Material bestehende plattenförmige Träger 1 hat neben der stabilen Halterung der aktiven Fläche die Aufgabe, in allen als Flachprofile ausgeführten Elektrodenanteile 2 den elektrischen Strom zu verteilen; er dient somit zur Stromverteilung und

Halterung der aktiven Flächen. Der Träger 1 besteht aus Metallblech einer Blechstärke von 0,4 bis 5 mm, vorzugsweise in einer Plattenstärke von 1 bis 3 mm. Die Ausbuchtungen 3 bestehen aus wechselweise angeordneten Erhöhungen bzw. Vertiefungen in den Ober- bzw. Unterflächen des Trägers 1, welche durchlaufende Kanten 4 aufweisen, deren Kantrichtungen senkrecht zu den Längsachsen der langgestreckten Flachprofile 2 verlaufen. Zur besseren Übersicht wird auf Figur 1b verwiesen, welche bruchstückhaft einen Teil der in Figur 1a dargestellten Elektrode wiedergibt.

Figur 1b zeigt im vergrößerten Ausschnitt beispielsweise den rechten unteren Teil der in Figur 1a dargestellten Elektrode. Der plattenförmige Träger 1 ist auf seiner Oberfläche mit einer dachförmigen Ausbuchtung 3 versehen, auf der mittels Schweißungen 5 die aufliegenden Flachprofile 2 fest verbunden sind. Die Kanten 4 dieser Erhöhung verlaufen parallel zur Vorderkante 6 des rechteckförmigen plattenförmigen Trägers 1.

Die auf der Oberkante der Ausbuchtung 3 befindlichen Schweißungen 5, welche die Flachprofile 2 mit der Ausbuchtung 3 verbinden, befinden sich auf einer durchgehenden Linie; dies hat wesentliche fertigungstechnische Vorteile, da mit einer einzigen Widerstandsschweißung viele zueinander parallel angeordnete Flachprofile 2 mit einer solchen — als Schweißbuckel dienenden — Ausbuchtung 3 verbunden werden können.

Durch die hochkant nebeneinander in vorgegebenem Abstand parallel angeordneten Flachprofile 2 ergibt sich ein besonders vorteilhaftes Herstellungsverfahren der Elektroden durch Widerstandsschweißung. Die einzelnen Flachprofile 2 werden durch ein oder mehrere drahtförmige Stabilisierungselemente 7 mittels Widerstandsschweißung zu einem stabilen Gesamtelement zusammengefügt. Dieses Gesamtelement wird wiederum durch Widerstandsschweißung mit den Schweißbuckeln in Form von dachförmigen Ausbuchtungen 3 verbunden.

Da das drahtförmige Stabilisierungselement 7 sich auf der zum Träger 1 gerichteten Seite der Flachprofile 2 befindet, bildet es auch keinerlei Hindernisse für die Elektrolytströmung auf der den Membranen bzw. Diaphragma zugekehrten äußeren Seiten der Flachprofile 2.

Das Verhältnis von Flachprofilhöhe zum Mittelenabstand benachbarter Flachprofile liegt im Bereich von 0,8 : 1 bis 1,6 : 1. Das Verhältnis von Flachprofilstärke zu Flachprofilhöhe beträgt zwischen 1 : 5 und 2 : 3. In der Praxis haben sich Flachprofilhöhen von 3 bis 5 mm sowie Flachprofilstärken von 1 bis 2 mm besonders gut bewährt.

Die Blechstärke des Trägers 1 liegt im Bereich von 0,4 bis 5 mm, während die Ausbuchtungen jeweils eine Höhe von 4 bis 8 mm aufweisen. Das bevorzugte Verhältnis zwischen der Blechstärke des Trägers 1 und der Höhe der Erhöhungen liegt im Bereich von 0,05 : 1 bis 3 : 4. In der Praxis hat sich ein Verhältnis von 1 : 5 als besonders gut bewährt herausgestellt, wobei die Blechstärke 1 mm beträgt.

Im oberen Teil der Figur 1b ist die auf der

Unterfläche des Trägers 1 befindliche Ausbuchtung 3 als Vertiefung erkennbar. Die durch Abkantwerkzeug herstellbare Ausbuchtung verläuft über die gesamte Fläche, wobei hier jedoch nur ein Ausschnitt dargestellt ist. Die auf der Unterseite befindliche Ausbuchtung 3 und die mit ihr durch Widerstandsschweißen fest verbundenen Flachprofile 2 entsprechend in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkung den zur oberen Seite der Elektrode gemachten Ausführungen. Die unterhalb des Trägers 1 befindlichen Flachprofile 2 sind durch ein drahtförmiges Stabilisierungselement 7 — entsprechend den Flachprofilen 2 der oberen Seite — elektrisch und mechanisch miteinander fest verbunden.

Figur 2 zeigt den Einsatz der erfindungsgemäßen Elektrode in einer Elektrolyseanordnung nach dem Prinzip der Filterpressenbauweise. Zwischen den Endplatten 16 befinden sich mit den endständigen Kathoden 9 beginnend, abwechselnd beidseitig mit Flachprofilen bestückte Anoden 10 und Kathoden 11.

Die beidseitig bestückten Elektroden entsprechen den aus Figur 1a und 1b bekannten Darstellungen, während die endständigen Elektroden nur einseitig bestückt sind; sie entsprechen ansonsten in ihrem Aufbau den beidseitig bestückten Elektroden.

Als Material für die Anoden 10 kommen Metalle in Frage, die chemisch beständig gegenüber dem Anolyten sind, vorzugsweise Titan und Titanlegierungen, weiterhin sind die Flachprofile mit einer elektrokatalytisch aktiven Beschichtung versehen.

Die Kathoden 9 und 11 sind entsprechend den Anoden aufgebaut und bestehen aus einem Metall, das chemisch beständig gegenüber dem Katholyten ist, vorzugsweise aus Nickel bzw. Nickellegierungen oder rostfreiem Stahl. Die Flachprofile auf der Kathode können eine elektrokatalytisch aktive Beschichtung, beispielsweise Raney-Nickelbeschichtung, aufweisen.

Der Anolytraum und der Katholytraum sind durch ein Diaphragma 12 oder eine ionenselektive Membran getrennt.

Zur Verwendung der erfindungsgemäßen Elektroden in einem Elektrolyseur nach dem Filterpressenprinzip werden diese in einem Rahmen 17, der vorzugsweise aus dem gleichen Material bestehen soll wie die zugehörigen Elektroden, eingeschweißt.

Der Rahmen 17 ist mit Durchbrüchen 18 versehen die dem Zu bzw. Ablauf des Anolyt bzw. Katholyt dienen.

Zur Abdichtung der einzelnen Räume werden auf jeder Seite des Diaphragmas oder der Membran Dichtungen 15 eingebracht, die außerdem der Isolierung der benachbarten Elektroden, die naturgemäß entgegengesetzte Polarität haben, dienen.

Ein wesentliches Kriterium der erfindungsgemäßen Anordnung bilden die Strömungskanäle zwischen den Flachprofilen, die z. B. bei gasentwickelnden Elektroden einen sicheren Abtransport der Gasblasen gewährleistet und in denen

eine gute Durchmischung des Elektrolyten stattfindet.

Die Halterungsmaßnahmen zur Filterpressenbauweise sind zwecks besserer Übersicht in Figur 2 nicht dargestellt.

Patentansprüche

1. Elektrode für elektrochemische Zellen, insbesondere für Diaphragma- oder Membranzellen, mit einer dem optimalen Gastransport aus dem Bereich der elektrochemischen Umsetzung dienenden Struktur, die einen als Stromverteiler dienenden plattenförmigen Träger (1) aus Metallblech in einer Stärke von wenigstens 0,4 mm enthält, wobei der Träger (1) beidseitig wenigstens jeweils zwei sich über seine Ober- und Unterfläche erstreckende Ausbuchtungen (3) aufweist, und auf dessen Ober- und Unterfläche wenigstens ein plattenförmiges Elektrodenteil (2) brückenartig auf dem Kamm der Ausbuchtung (3) aufgeschweißt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenflächen der Ausbuchtungen (3) einen spitzen Winkel einschließen und als Schweißbuckel für die plattenförmigen Elektrodenteile (2) dienen, daß zur Bildung einer Lamellenstruktur eine Vielzahl von plattenförmigen Elektrodenteilen (2) mit ihren schmalen Seitenkanten jeweils auf dem Kamm der Ausbuchtungen (3) aufgeschweißt sind und mit den Ebenen ihrer breiten Seitenflächen senkrecht zur Ober- bzw. Unterfläche des Trägers (1) angeordnet sind.

2. Elektrodenstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (3) im Verlauf der Linien ihrer Kämme die Ebenen der Elektrodenteile (2) in einem Winkel schneiden, der zwischen 30° und 90° liegt.

3. Elektrodenstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (3) eine Höhe von 1 bis 10 mm aufweisen.

4. Elektrodenstruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (3) durch gerade verlaufende Kanten (4) gebildet sind.

5. Elektrodenstruktur nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (1) eine rechteckige Grundform aufweist, wobei die Ausbuchtungen (3) eine durchgehende Linie zwischen zwei sich gegenüberliegenden Plattenkanten bilden.

6. Elektrodenstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenteile (2) einen rechteckigen Querschnitt mit einem Seitenverhältnis von 1 : 1,5 bis 1 : 5 aufweisen.

7. Elektrodenstruktur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Mittenabstandes benachbarter Elektrodenteile (2) zur Höhe der Elektrodenteile im Bereich von 1 : 1,6 bis 1 : 0,8 liegt.

8. Elektrodenstruktur nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß alle Elektrodenteile (2) einer Trägerseite jeweils durch wenigstens zwei drahtförmige Stabilisierungselemente (7) aus Metall durch Verschweißen miteinander ver-

bunden sind.

Claims

1. Electrode for electrochemical cells, in particular for diaphragm or membrane cells, having a structure permitting optimum gas transport out of the region of the electro chemical reaction, which contains a plate-like carrier (1) of sheet metal of a thickness of at least 0.4 mm and acting as a current distributor, wherein the carrier (1) has on both sides at least two corrugations (3) extending over each of its top and bottom surfaces and on the top and bottom surfaces of which at least one plate-like electrode element (2) is welded in bridge-like manner on to the crest of the corrugation (3), characterised in that the side surfaces of the corrugations (3) subtend an acute angle and act as welding humps for the plate-like electrode elements (2), that for the purpose of forming a lamellar structure, a plurality of plate-like electrode elements (2) are welded by their narrow lateral edges on to the crest of the corrugations (3) and are arranged with the planes of their wide lateral surfaces at right angles to the top and bottom surfaces, respectively, of the carrier (1).

2. Electrode structure according to claim 1, characterised in that the corrugations (3) in the extension of the lines of their crests, intersect the planes of the electrode elements (2) at an angle lying between 30° and 90°.

3. Electrode structure according to claim 2, characterised in that the corrugations (3) have a height of 1 to 10 mm.

4. Electrode structure according to one or more of claims 1 to 3, characterised in that the corrugations (3) are formed by rectilinearly extending edges (4).

5. Electrode structure according to claim 4, characterised in that the carrier (1) has a rectangular base shape, the corrugations (3) forming a continuous line between two mutually opposed plate edges.

6. Electrode structure according to claim 1, characterised in that the electrode elements (2) have a rectangular cross-section with a ratio of 1 : 1.5 to 1 : 5 between its sides.

7. Electrode structure according to claim 6, characterised in that the ratio between the spacing between centres of adjacent electrode elements (2) and the height of the electrode elements lies within the range from 1 : 1.6 to 1 : 0.8.

8. Electrode structure according to claim 6 or 7, characterised in that all the electrode elements (2) of one side of the carrier are interconnected by welding by at least two wire-like metal stabilising elements (7) in each case.

Revendications

1. Electrode pour cellules électrochimiques, notamment pour cellules à diaphragme ou membrane, avec une structure servant à transporter de manière optimale les gaz hors de la région de la transformation électrochimique, cette structure comportant un support en forme de plaque (1) servant de distributeur de courant, fait de tôles métalliques épaisses d'au moins 0,4 mm, ce support (1) présentant des deux côtés au moins deux renflements (3), lesquels s'étendent sur sa face supérieure et sa face inférieure sur lesquelles au moins une partie d'électrode en forme de plaque (2) est soudée en étant disposée à la façon d'un pont sur la crête du ou des renflements (3), caractérisée par le fait que les surfaces latérales des renflements (3) forment un angle aigu et servent de bossages pour le soudage des parties d'électrode en forme de plaque (2), par le fait que, pour former une structure lamellaire, plusieurs parties d'électrode en forme de plaque (2) sont soudées par leur chants sur la crête des renflements (3) et sont agencées de manière que les plans de leurs faces latérales larges soient respectivement perpendiculaires à la face supérieure et à la face inférieure du support (1).

2. Structure d'électrode selon revendication 1, caractérisée par le fait que le tracé des lignes de crête des renflements (3) coupe les plans des parties d'électrode (2) sous un angle compris entre 30° et 90°.

3. Structure d'électrode selon revendication 2, caractérisée par le fait que les renflements présentent une hauteur de 1 à 10 mm.

4. Structure d'électrode selon une ou plusieurs des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les renflements (3) sont formés par des arêtes (4) à tracé rectiligne.

5. Structure d'électrode selon revendication 4, caractérisée par le fait que le support (1) présente une forme de base rectangulaire, les renflements (3) formant une ligne continue entre deux bords opposés de la plaque.

6. Structure d'électrode selon revendication 1, caractérisée par le fait que les parties d'électrode (2) présentent une section droite rectangulaire dont les côtés sont dans un rapport de 1 : 1,5 à 1 : 5.

7. Structure d'électrode selon revendication 6, caractérisée par le fait que le rapport de l'entraxe de parties d'électrode voisines (2) à la hauteur des parties d'électrode se situe dans la plage de 1 : 1,6 à 1 : 0,8.

8. Structure d'électrode selon revendication 6 ou 7, caractérisée par le fait que toutes les parties d'électrode (2) d'un côté du support sont mutuellement assemblées à chaque fois par au moins deux éléments de stabilisation métalliques filiformes (7) soudés sur elles.

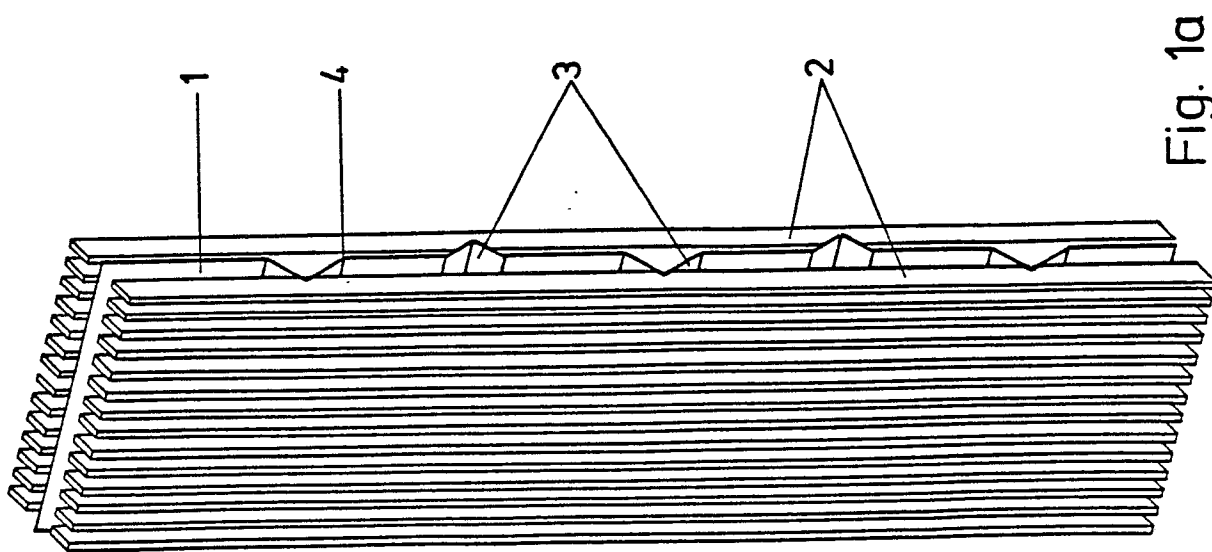


Fig. 1a

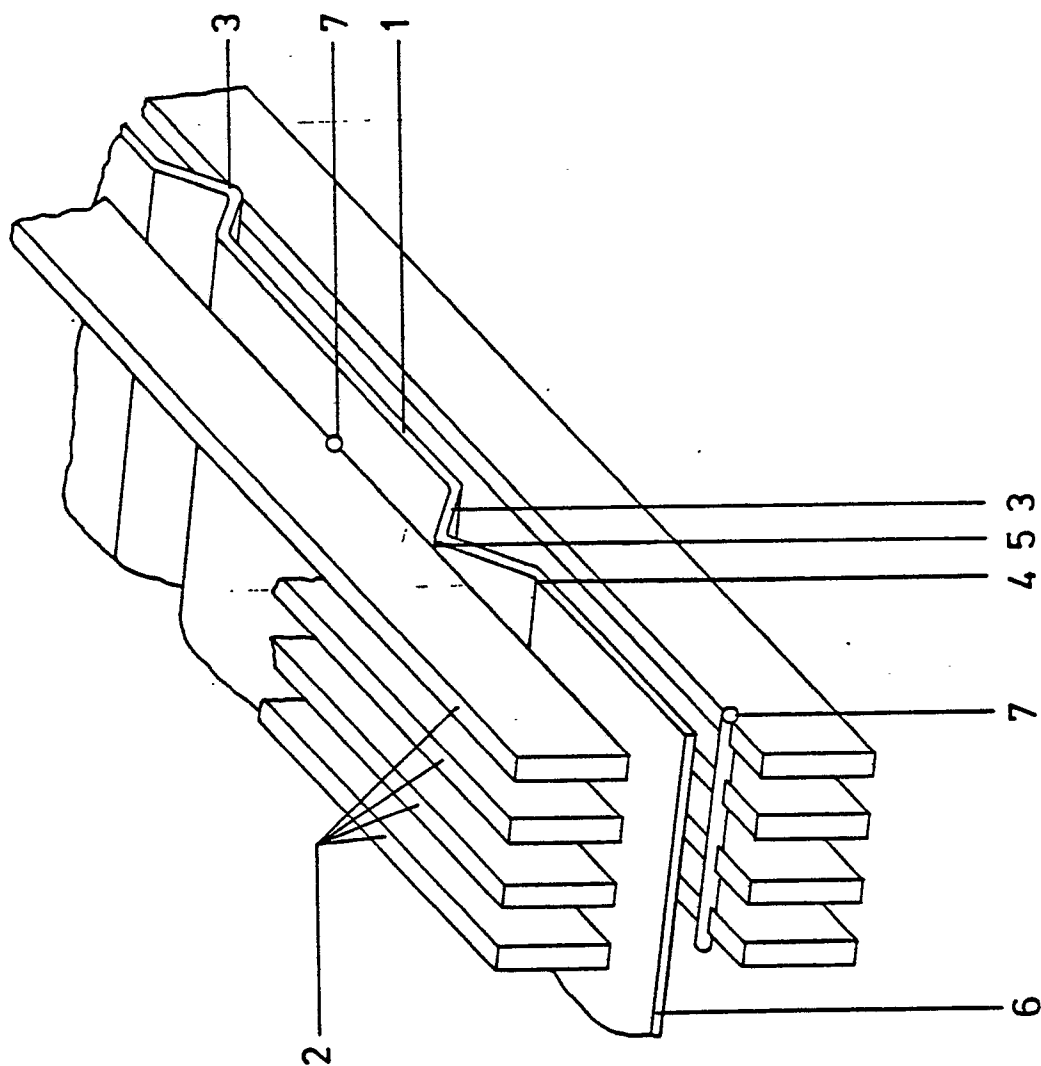


Fig. 1b

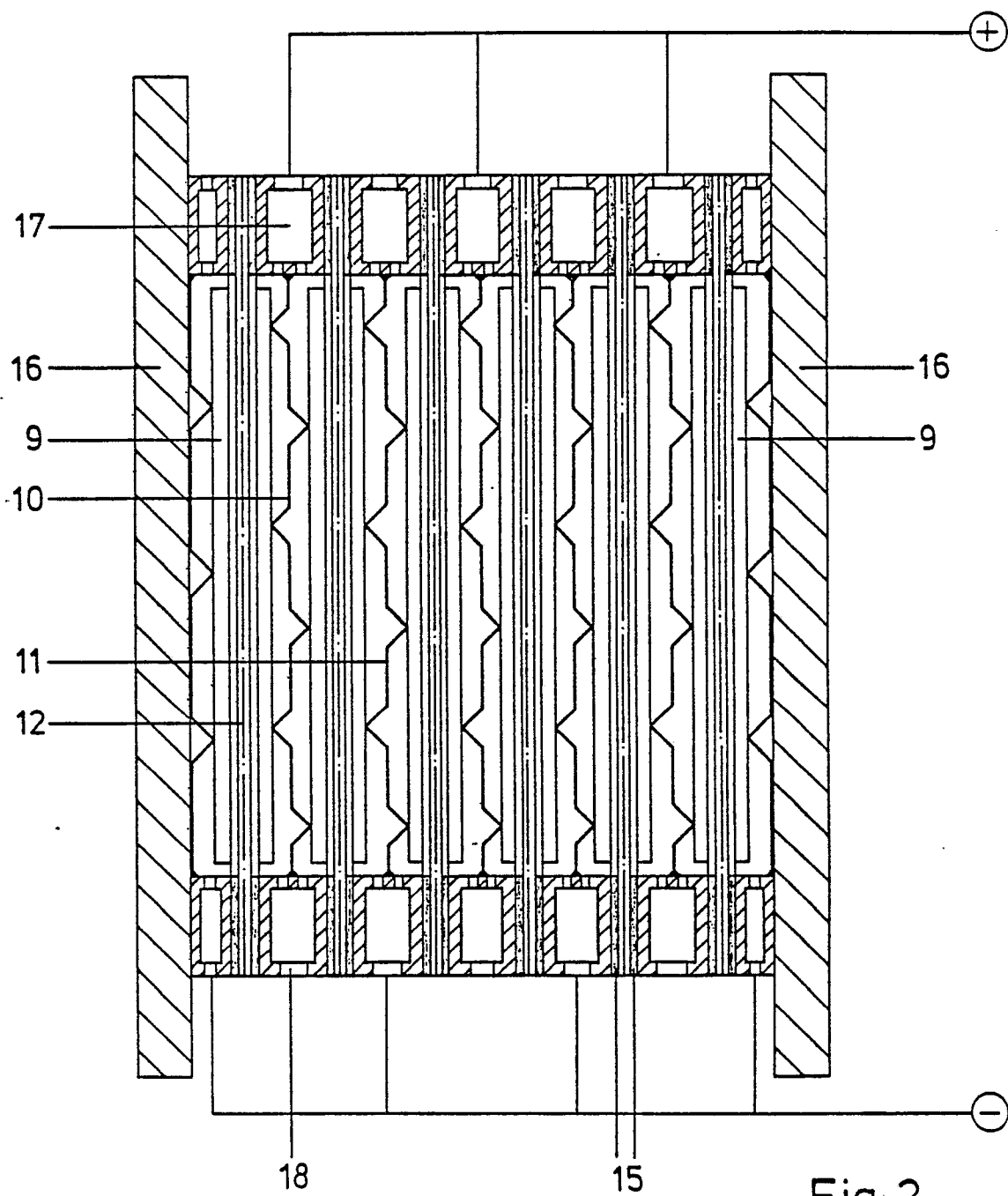


Fig. 2