(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 021 833 A1** 2011.12.01

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 021 833.2**
(22) Anmeldetag: **28.05.2010**
(43) Offenlegungstag: **01.12.2011**

(51) Int Cl.: ***C25B 11/03*** (2006.01)

(71) Anmelder:
Uhde GmbH, 44141, Dortmund, DE

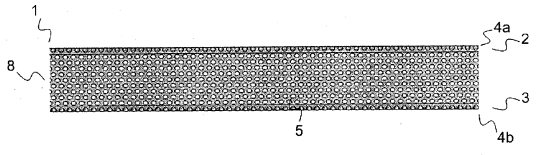
(72) Erfinder:
Dulle, Karl-Heinz, 59399, Olfen, DE; Funck, Frank, 46119, Oberhausen, DE; Hoormann, Dirk, 59368, Werne, DE; Oelmann, Stefan, 58239, Schwerte, DE; Woltering, Peter, 48485, Neuenkirchen, DE; Schmitt, Carsten, 58093, Hagen, DE; Hofmann, Philipp, 44137, Dortmund, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrode für Elektrolysezelle**

(57) Zusammenfassung: Elektrode einer Elektrolysezelle für gaserzeugende elektro-chemische Prozesse, welche im eingebauten Zustand einer Ionenaustauschermembran parallel gegenüberliegend angeordnet ist, umfassend eine Vielzahl horizontaler Lamellenelemente, welche ihrerseits dreidimensional geformt sind und eine Vielzahl von durchgehenden Öffnungen aufweisen, wobei die Lamellenelemente eine ebene Oberfläche ohne konstruktive Erhebungen und Vertiefungen aufweisen, und die ebene Oberfläche im eingebautem Zustand in die Elektrolysezelle in direktem Kontakt mit der Ionenaustauschermembran steht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektrode und ein Verfahren für gaserzeugende elektro-chemische Prozesse, welche im eingebauten Zustand einer Ionenaustauschermembran parallel gegenüberliegend angeordnet ist, bestehend aus einer Vielzahl horizontaler Lamellenelemente, welche ihrerseits dreidimensional geformt sind und eine Vielzahl von durchgehenden Öffnungen aufweisen und eine vergleichsweise niedrige Zellspannung aufweisen.

[0002] Das Verfahren für gaserzeugende elektrochemische Prozesse ist im Stand der Technik bekannt, gleiches gilt für geeignete Elektroden, welche in Elektrolyseapparaten eingesetzt werden. Diese Elektroden sind unter anderem bekannt aus DE 198 16 334 A1 der Anmelderin. Hierin wird ein Elektrolyseapparat zur Herstellung von Halogengasen aus wässrigen Alkalihalogenidlösungen beschrieben. Da die Strömungsverhältnisse bei der Gasproduktion im Elektrolyten durch das entstehende Produktgas nachteilig im Membran-Elektroden-Bereich beeinflusst werden, wird in DE 198 16 334 A1 vorgeschlagen, die jalousieartigen Einzelrippen der Elektrode gegen die Horizontale geneigt einzubauen. Damit wird eine seitlich gerichtete Strömung in der Zelle veranlasst, da die unter der Einzellamelle befindlichen Gasblasen der konstruktiven Öffnung nach oben folgen.

[0003] DE 198 16 334 A1 löst aber nicht das Problem, dass nach wie vor eine definierte Gasmenge unter jedem Jalousienelement verbleibt. Somit wird durch die durch Blasenanlagerung Elektrodenkontakt ein bedeutsamer Flächenanteil der Membran ”geblindet”. Die Blindung besteht darin, dass kein Fluid nachfliessen kann und somit keine Gasproduktion in diesem Bereich stattfindet. Diese ”Blindung” aufgrund des Gasstaus führt weiterhin zu einer Isolierung der Membran, was die Erhöhung der Stromdichte in den anderen Bereichen der Membran zur Folge hat, was wiederum zu erhöhter Zellspannung und höherem Stromverbrauch führt.

[0004] Um das Problem der ”Blindung” zu beheben offenbart EP 0 095 039 Quereinbuchtungen in den Lamellenelementen der Elektrode vorzusehen, wobei in DE 44 15 146 A1 erläutert wird, dass die Einbuchtungen nicht ausreichend sind, um die ”Blindung” zu verhindern. DE 44 15 146 A1 schlägt daher vor, in dem nach unten gereichten Lamellenteil Löcher oder Bohrungen vorzusehen und somit die Gasableitung zu verbessern. Ungelöst ist dabei das Problem des Restgasanteils, der noch im Nahbereich der Kontaktstelle verbleibt sowie die dort behinderte Strömung des Elektrolyten.

[0005] Dieses Problem wird durch den Gegenstand in DE 10 2005 006 555 A1 verbessert in dem derartige „Blindungen” minimiert werden. Dies wird erreicht durch eine Elektrolyseelektrode einer Elektrolysezelle für gaserzeugende elektro-chemische Prozesse, welche im eingebauten Zustand einer Ionenaustauschermembran parallel gegenüberliegend angeordnet ist, bestehend aus einer Vielzahl horizontaler Lamellenelemente, welche ihrerseits strukturiert und dreidimensional geformt sind und mit einer Teilfläche in direktem Kontakt mit der Membran stehen, wobei die Lamellenelemente Rillen und Löcher aufweisen, und wobei die Mehrzahl der Löcher in Rillen angeordnet sind, und wobei die Lochflächen ganz oder teilweise in den Rillen liegen oder in diese hinein ragen. Durch den Einsatz dieser Elektroden konnte eine erhebliche Spannungserniedrigung von über 50 mV bei einer Stromdichte von 6 kA/m^2 erreicht werden, im Vergleich zu einer bekannten Elektrode mit vergleichbaren Außenabmessungen.

[0006] Nachteilig ist, dass durch die Rillenanordnung, eine Oberfläche entsteht, die konstruktive Erhebungen und Vertiefungen aufweist, wodurch es zu einer nachteiligen Gasstagnation kommt und dadurch bedingt zu einer ungleichmäßigen Stromdichteverteilung über die Ionenaustauschermembran.

[0007] Die Lösung dieses Problems hat sich die vorliegende Erfindung zur Aufgabe gemacht. Dies soll erfolgen, durch die Bereitstellung einer Elektrode, die die vorgenannten Nachteile nicht mehr aufweist und ein Verfahren zum Betrieb der erfindungsgemäßen Elektrode soll eine Erniedrigung der Zellspannung und ein damit verbundener erniedrigter elektrischer Energiebedarf erzielt werden.

[0008] Überraschenderweise wird die Aufgabe durch eine vereinfachte Konstruktion der in der DE 10 2005 006 555 A1 beschriebenen Ausführung gelöst.

[0009] Nach der vorliegenden Erfindung wird das Problem durch den Einsatz einer Elektrode einer Elektrolysezelle für gaserzeugende elektro-chemische Prozesse gelöst. Die Elektrode ist im eingebauten Zustand einer Ionenaustauschermembran parallel gegenüberliegend angeordnet, und umfasst eine Vielzahl horizontaler Lamellenelemente, welche ihrerseits dreidimensional geformt sind und eine Vielzahl von durchgehenden Öffnungen aufweisen, wobei die Lamellenelemente eine ebene Oberfläche ohne konstruktive Erhebungen und Vertiefungen aufweisen, und die ebene Oberfläche im eingebautem Zustand in die Elektrolysezelle in direktem Kontakt mit der Ionenaustauschermembran steht.

[0010] Die vorliegende Erfindung unterscheidet sich von einem durchgängigen Lochblech, wie es beispielsweise in der DE 69600860 T2, in der DE 243256 A1, und der DE 2630883 A1 vorgeschlagen wird, indem sich die Elektrode aus einer Vielzahl

von Lamellenelementen zusammensetzt, die durch eine bewusste Streckung durch Kaltverformung dreidimensional ausgeformt sind. Durch diese Biegung wird die Stabilität der Elektrode erhöht und eine Verbesserung der Ebenheit der mit der Membran in Kontakt stehenden Oberfläche erreicht. Eine derartige Zusammensetzung aus Einzelelementen ist wie eingangs zitiert Stand der Technik.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die durchgehenden Öffnungen im Kontaktbereich des jeweiligen Lamellenelements mit der Ionenaustauschermembran angeordnet. Diese Anordnung dient dem Zweck die Ionenaustauschermembran im Betrieb der Elektrolysezelle mit Elektrolyt zu versorgen, sowie die Gasableitung zu gewährleisten.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die durchgehenden Öffnungen als Stanzlöcher ausgeformt. Dabei können diese Öffnungen jedwede geometrische Form aufweisen, wobei Öffnungen mit rundem Querschnitt bevorzugt sind.

[0013] Vorteilhaft weisen die Lamellenelemente bei runden durchgehenden Öffnungen eine Blechdicke auf, die kleiner ist als der Lochdurchmesser, beziehungsweise weisen die Lamellenelemente bei nicht runden durchgehenden Öffnungen eine Blechdicke auf, die kleiner ist als der hydraulische Querschnitt.

[0014] Optional bestehen die einzelnen Lamellenelemente in der Art einer Sichel aus zwei Flankenteilen und einem Übergangsbereich, wobei der Übergangsbereich die beiden Flankenteile verbindet und eine Wölbung zur Membran hin gerichtet ist, und die beiden Flankenteile in einem Winkel von jeweils über 10 Winkelgrad von der Membranfläche weg geneigt sind.

[0015] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Elektrode bestehen die einzelnen Lamellenelemente in der Art eines flachen C-Profils aus einem ersten flachen Bauchteil, welches im eingebauten Zustand parallel zur Membran verläuft und einem oder weiteren Flankenteilen, welche im eingebauten Zustand in einem Winkel von mindestens 10 Winkelgrad von der Membran weg geneigt sind, und zwischen dem flachen Bauchteil und dem oder den weiteren Flankenteilen ein oder mehrere beliebig geformte Übergangsbereiche angeordnet sind. Die Übergangsbereiche sind vorteilhafterweise als abgerundete Kante geformt.

[0016] Mit Vorteil weist der flache Bauchteil des C-Profils eine Vielzahl von in Reihen angeordneter durchgehender Öffnungen auf, die diagonal zueinander angeordnet sind. Durch diese Anordnung der Öffnungen wird die Fläche des Bauchteils optimal ausgenutzt, um eine größtmögliche Zahl an Öffnungen unterzubringen und somit die Gasstagnation noch weiter zu verringern. Optional sind auch die Flankenteile mit durchgehenden Öffnungen versehen.

[0017] Vorzugsweise beträgt der Abstand der einzelnen horizontal angeordneten Lammellenelemente in C-Profil untereinander 0 bis 5 mm, bevorzugt 0 bis 2 mm und besonders bevorzugt 0 mm. Durch einen möglichst geringen Abstand der einzelnen Lammellenteile untereinander wird der Prozess optimiert, da ca. 6 bis 10% der Membranfläche wieder gewonnen werden und für den eigentlichen Elektrolyseprozess zur Verfügung stehen.

[0018] Das Elektrolyseverfahren, das Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, zeichnet sich durch den Einsatz einer flächigen Elektrode wie sie oben beschrieben ist, aus. Vorteilhaft werden für die Herstellung der Halogengase Elektrolyseure in Einzelzellenbauweise oder in Filterpressenbauweise eingesetzt.

[0019] Nachstehend soll die Erfindung anhand von 2 Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

[0020] Fig. 1: Ein Querschnitt eines erfindungsgemäßen Lamellenelements in sichelförmiger Ausgestaltung, wobei der Querschnitt in Seitenansicht dargestellt ist.

[0021] Fig. 2: Eine Draufsicht eines erfindungsgemäßen Lamellenelements in C-Profil-artiger Ausgestaltung

[0022] Fig. 1 zeigt eine Lamelle einer Elektrode in sichelförmiger Ausgestaltung, wobei die Lamellenelemente **1** aus zwei Flankenelementen, einer oberen Flanke **2** und einer unteren Flanke **3**, welche durch jeweils gewölbte Übergangsbereiche **4a**, **4b**, die über gestrichelte Kreise dargestellt sind, miteinander verbunden sind. Die Löcher **5** sind genau zwischen den beiden Übergangsbereichen **4a** und **4b** angeordnet, welche im eingebauten Zustand der Elektrode im Zentrum des Kontaktbereichs **6** mit der Membran **7** liegt. Die Membran **7** hebt sich in den Übergangsbereichen **4a** und **4b** von dem Lamellenelement **1** wieder ab. Dabei weist die Oberfläche des Lamellenelements **1** keinerlei konstruktive Erhebungen und Vertiefungen auf, sondern ist eben ausgestaltet, so dass diese ebene Oberfläche im eingebauten Zustand in die Elektrolysezelle in direktem Kontakt mit der Membran **7** steht.

[0023] Fig. 2 Zeigt ein Lamellenelement **1** in der Ausführungsform eines flachen C-Profils. Die nach hinten geknickten Flanken **2** und **3** sind sehr kurz gehalten in Relation zum flachen Bauchteil **8**, das um ein Vielfaches breiter ausgestaltet ist. Zwischen den Flanken **2** und **3** und dem Bauchteil **8** befinden sich die Übergangsbereiche **4a** und **4b**. Vorteilhaft besitzt

das Lamellenelement **1** im flachen Bauchbereich **8** in Reihen angeordnete Löcher **5**, wobei diese Lochreihen parallel zueinander angeordnet sind. Dadurch kann die zur Verfügung stehende Fläche des Bauchteils **8** am effektivsten für die Elektrolyse genutzt werden. Vorteilhaft findet sich eine weitere Lochreihe in den Übergangsbereichen **4a** oder **4b**, beziehungsweise sind noch weitere zusätzliche Lochreihen in den Flanken **2** und **3** selbst vorgesehen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Ausgestaltung ist, dass der Bauchteil **8** im eingebauten Zustand planparallel zur Membran **7** angeordnet ist, in welchem die elektrochemische Reaktion ablaufen kann. Dabei wird die Membran **7** über die Löcher **5** mit Lauge oder Sole versorgt.

[0024] Im Weiteren wurde die Zellspannung einer Elektrolysezelle unter Einsatz einer Elektrode, die aus einer C-Profil-artigen Ausgestaltung der Lamellenelemente der hier vorliegenden Erfindung aufgebaut war, bestimmt. Im Vergleich dazu wurde die Zellspannung einer Elektrolysezelle unter Einsatz einer Elektrode, die aus einer C-Profil-artigen Ausgestaltung der in DE 10 2005 006 555 A1 offenbarten Erfindung, die sich dadurch unterscheidet, dass die vorgesehenen Löcher in Rillen angeordnet sind und die Oberfläche der Lamellenelemente somit konstruktive Erhebungen und Vertiefungen aufweisen, gemessen. Beide eingesetzten C-Profile unterschieden sich in ihrer Ausgestaltung also nur durch ihre Oberflächenbeschaffenheit. Beide im Versuch verwendeten C-Profile besaßen 11 × 62 Löcher, die im Falle der erfindungsgemäßen Ausgestaltung in Lochreihen angeordnet waren, die diagonal zueinander angeordnet sind. Der Lochdurchmesser betrug 1,5 mm und die Höhe des C-Profils betrug 23 mm.

[0025] In der DE 10 2005 006 555 A1 dargestellten Erfindung, wird die vorteilhafte Wirkung der Rillen betont, die damit begründet wird, dass der Bereich mit der höchsten Stromdichte, nämlich der Kontaktbereich, zum einen durch von unten nachströmendes Fluid ideal über die vorgesehenen Rillen mit Edukt versorgt wird und auf der anderen Seite das gebildete und um ein vielfaches voluminösere Produktgas über die Rillen nach oben oder über die Löcher zur Rückseite der Elektrolyseelektrode geführt wird. Dadurch bedingt würde der Fachmann zunächst kein Bestreben haben eine konstruktive Veränderung der Lamellenelemente vorzunehmen.

[0026] Überraschenderweise konnte durch den hier durchgeführten Vergleichsversuch eine erhebliche Spannungserniedrigung von ca. 60 mV (standardisiert auf 90°C, 32 Gew.-% NaOH und 6 kN/m^2) erreicht werden, wenn auf die Rillenstruktur der Lamellenelemente verzichtet wird. Dies wird auf eine Gasstagnation innerhalb der Rillen zurückgeführt, die in der DE 10 2005 006 555 A1 nicht berücksichtigt wurde.

[0027] Vorteile, die sich aus der Erfindung ergeben:
– konstruktive Vereinfachung der Lamellenelemente der Elektrode
– eine erhebliche Spannungserniedrigung im Vergleich zu Ausführungsformen des Standes der Technik wird erzielt.
– gleichmäßige Stromdichteverteilung über die Membran kann gewährleistet werden
– Problem der Gasstagnation in Rillen wird behoben
– wirtschaftliches Verfahren durch erhebliche Erniedrigung der Zellspannung möglich.

Bezugszeichenliste

1	Lamellenelemente
2	obere Flanke
3	untere Flanke
4a, b	gewölbter Übergangsbereich
5	Löcher
6	Kontaktbereich
7	Membran
8	Bauchteil

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

- DE 19816334 A1 [**0002**, **0002**, **0003**]
- EP 0095039 [**0004**]
- DE 4415146 A1 [**0004**, **0004**]
- DE 102005006555 A1 [**0005**, **0008**, **0024**, **0025**, **0026**]
- DE 69600860 T2 [**0010**]
- DE 243256 A1 [**0010**]
- DE 2630883 A1 [**0010**]

Patentansprüche

1. Elektrode einer Elektrolysezelle für gaserzeugende elektro-chemische Prozesse, welche im eingebauten Zustand einer Ionenaustauschermembran parallel gegenüberliegend angeordnet ist, umfassend eine Vielzahl horizontaler Lamellenelemente, welche ihrerseits dreidimensional geformt sind und eine Vielzahl von durchgehenden Öffnungen aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lamellenelemente eine ebene Oberfläche ohne konstruktive Erhebungen und Vertiefungen aufweisen, und die ebene Oberfläche im eingebautem Zustand in die Elektrolysezelle in direktem Kontakt mit der Ionenaustauschermembran steht.

2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die durchgehenden Öffnungen im Kontaktbereich des jeweiligen Lamellenelements mit der Ionenaustauschermembran angeordnet sind.

3. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die durchgehenden Öffnungen als Stanzlöcher ausgeführt sind.

4. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellenelemente bei runden durchgehenden Öffnungen eine Blechdicke aufweisen, die kleiner als der Lochdurchmesser ist, beziehungsweise die Lamellenelemente bei nicht runden durchgehenden Öffnungen eine Blechdicke aufweisen, die kleiner als der hydraulische Querschnitt ist.

5. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Lamellenelemente in der Art einer Sichel aus zwei Flankenteilen und einem Übergangsbereich bestehen, wobei der Übergangsbereich die beiden Flankenteile verbindet und eine Wölbung zur Membran hin gerichtet ist, und die beiden Flankenteile in einem Winkel von jeweils über 10 Winkelgrad von der Membranfläche weg geneigt sind.

6. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Lamellenelemente in der Art eines flachen C-Profils aus einem ersten flachen Bauchteil, welches im eingebauten Zustand parallel zur Membran verläuft und einem oder weiteren Flankenteilen bestehen, welche im eingebauten Zustand in einem Winkel von mindestens 10 Winkelgrad von der Membran weg geneigt sind, und zwischen dem flachen Bauchteil und dem oder den weiteren Flankenteilen ein oder mehrere beliebig geformte Übergangsbereiche angeordnet sind.

7. Elektrode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der flache Bauchteil eine Vielzahl von in Reihen angeordneter durchgehender Öffnungen aufweist, die diagonal zueinander angeordnet sind.

8. Elektrode nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Flankenteile mit durchgehenden Öffnungen versehen sind.

9. Elektrode nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der einzelnen horizontal angeordneten Lammellenelemente untereinander 0 bis 5 mm, bevorzugt 0 bis 2 mm und besonders bevorzugt 0 mm beträgt.

10. Elektrolyseverfahren zur Herstellung von Halogengasen aus wässrigen Alkalihalogenidlösungen, dadurch gekennzeichnet, dass flächige Elektroden gemäß einem der vorstehenden Ansprüche eingesetzt werden.

11. Elektrolyseverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung der Halogengase Elektrolyseure in Einzelzellenbauweise oder in Filterpressenbauweise eingesetzt werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

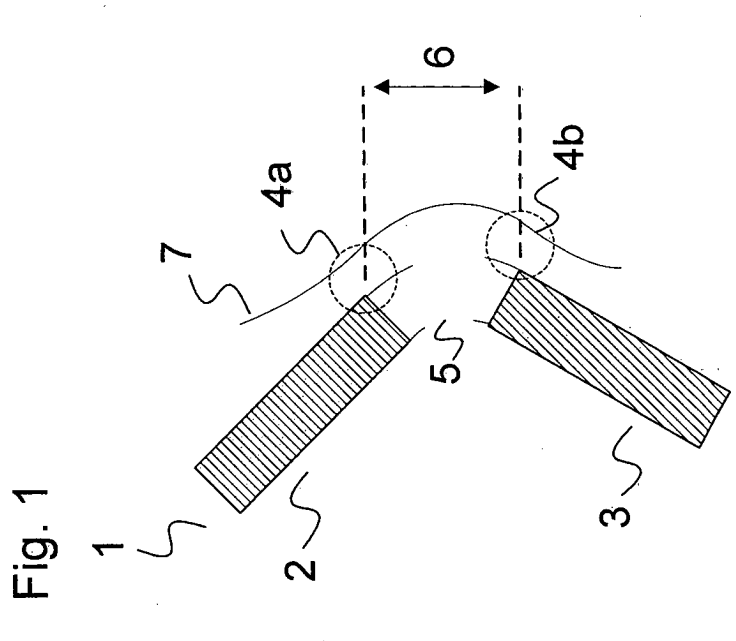


Fig. 1

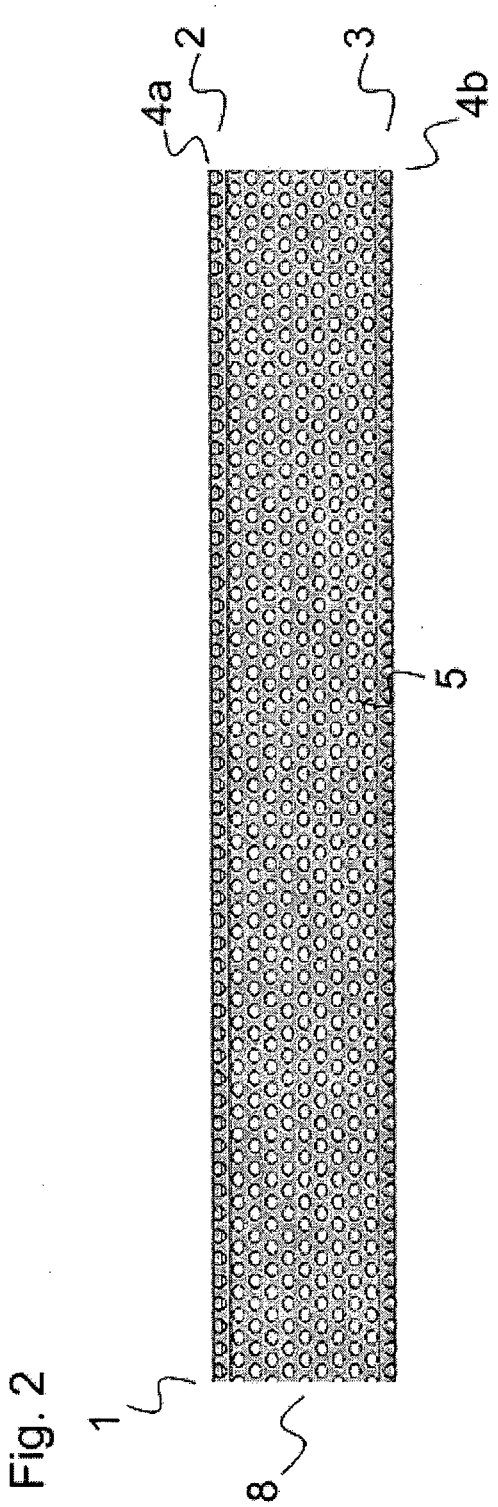


Fig. 2