



(10) **DE 10 2014 209 263 A1** 2015.11.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 209 263.9**
(22) Anmeldetag: **15.05.2014**
(43) Offenlegungstag: **19.11.2015**

(51) Int Cl.: **H01M 6/00 (2006.01)**
H01M 6/40 (2006.01)
H01M 10/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(72) Erfinder:
Hahn, Robert, Dr., 13156 Berlin, DE

(74) Vertreter:
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719
Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2010 029 060	A1
US	2006 / 0 154 141	A1
EP	2 044 642	B1
WO	2009/ 106 365	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mikrobatterie und Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500), umfassend die Schritte:

– Bilden einer geschichteten Struktur (1) mit einer ersten Metallschicht (2) zur Ausbildung eines ersten Stromableiters, mit einer zweiten Metallschicht (3) zur Ausbildung eines zweiten Stromableiters und mit einer zwischen der ersten Metallschicht (2) und der zweiten Metallschicht (3) angeordneten Isolatorschicht (4), so dass die Isolatorschicht (4) die erste Metallschicht (2) elektrisch von der zweiten Metallschicht (3) isoliert;

– bereichsweises Strukturieren der zweiten Metallschicht (3) und/oder der Isolatorschicht (4) zum Freilegen wenigstens eines ersten Elektrodenkontaktbereichs (2c, 2d) der ersten Metallschicht (2) an einer der Isolatorschicht (4) zugewandten Oberseite (2a) der ersten Metallschicht (2);

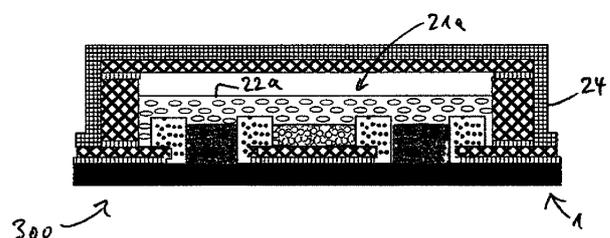
– Ausbilden einer ersten Elektrode (12c, 12d) derart, dass die erste Elektrode (12c, 12d) die erste Metallschicht (2) im freigelegten ersten Elektrodenkontaktbereich (2c, 2d) elektrisch kontaktiert und dass die erste Elektrode (12c, 12d) durch die Isolatorschicht (4) und die zweite Metallschicht (3) hindurchgreift und über eine von der Isolatorschicht (4) abgewandte Oberseite (3a) der zweiten Metallschicht (3) hinaus ragt;

– Ausbilden einer Separatorstruktur (9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d) derart, dass die Separatorstruktur (9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d) die erste Elektrode (12c, 12d) umschließt oder umwandet und sich von der Oberseite (2a) der ersten Metallschicht (2) wenigstens bis zur Oberseite (3a) der zweiten Metallschicht (3) erstreckt, so dass die Separatorstruktur (9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d) die erste Elektrode (12c, 12d) von der zweiten Metallschicht (3) isoliert;

– Ausbilden wenigstens einer zweiten Elektrode (13e, 13f, 13g) auf der zweiten Metallschicht (3), so dass die zweite Elektrode (13e, 13f, 13g) die zweite Metallschicht (3) elektrisch kontaktiert;

– Ausbilden eines Ionenleiters (14; 22a; 22b; 22c) derart, dass der Ionenleiter (14; 22a; 22b; 22c) die erste Elektrode (12c, 12d) und die zweite Elektrode (13e, 13f, 13g) kontaktiert, so dass Ionen über den Ionenleiter (14; 22a; 22b; 22c) von der ersten Elektrode (12c, 12d) zur zweiten Elektrode oder von der zweiten Elektrode (13e, 13f, 13g) zur ersten Elektrode (12c, 12d) wandern können.

Die Erfindung betrifft ferner eine nach diesem Verfahren hergestellte Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Mikrobatterie und ein Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie.

[0002] Im Zuge einer zunehmenden Miniaturisierung in vielen Bereichen der Technik besteht eine beständig steigende Nachfrage nach möglichst kleinen, möglichst dünnen und biegbaren Batterien. Zur Anwendung kommen derartige Batterien beispielsweise in energieautarken Mikrosystemen wie miniaturisierten Funksensoren, aktiven RFID-Tags, medizinischen Implantaten oder Smartcards. Die Batterien sollen eine möglichst große Energiedichte besitzen und in ihren Abmessungen an die jeweilige Anwendung anpassbar sein. Zur Senkung der Herstellungskosten ist es vorteilhaft, möglichst viele Batteriezellen auf einem gemeinsamen Substrat anzuordnen.

[0003] Diesen Anforderungen genügen am besten sogenannte 3D-Batterien. Bei diesem Batterietyp sind die negative und die positive Elektrode nicht übereinander gestapelt, sondern in Form von nebeneinander liegenden Streifen, Quadern oder Säulen in einer Ebene angeordnet und von einem Elektrolyt umgeben. Für bestimmte Elektrodenmaterialien müssen als Stromableiter für den Pluspol und den Minuspol der Batterie unterschiedliche Metalle verwendet werden, zum Beispiel Kupfer und Aluminium. Das Abscheiden und Strukturieren der als Stromableiter dienenden Metalle auf einem gemeinsamen isolierenden Substrat ist bisher jedoch aufwändig und kostenintensiv.

[0004] In der Druckschrift WO 2009/106365 A1 wird eine 3D-Mikrobatterie beschrieben, bei der jede Elektrode einen eigenen Stromableiter besitzt. Die Stromableiter werden auf dasselbe isolierende Substrat aufgebracht. Die Kontakte können entweder an die Oberfläche des Substrats geleitet werden, oder sie können mithilfe von Durchkontaktierungen an die Unterseite des Substrats geführt werden. Zur Herstellung derartiger Kontakte sind jedoch teure Prozesse wie Vakuumabscheidung, Sputtern, Fotolithografie oder galvanische Verfahren notwendig.

[0005] Die Druckschrift US 2006/0154141 A1 beschreibt ebenfalls eine 3D-Mikrobatterie. Auf einem isolierenden Substrat werden Stromableiter für die Elektroden abgeschieden. Anschließend wird ein Elektrolyt aufgebracht, der die Stromableiter leicht überlappt. In Öffnungen dieser Elektrolytschicht werden die Elektroden hergestellt, wobei jeder Elektrode ein eigener Stromableiter zugeordnet ist. Die Elektroden sind streifenförmig oder schachbrettartig angeordnet. Auch hier kann die Herstellung nur unter Verwendung von aufwändigen und kostenintensiven Verfahren durchgeführt werden.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von 3D-Mikrobatterien zu entwickeln, bei dem auf die Verwendung von kostenintensiven Vakuumtechnologien möglichst weitgehend verzichtet werden kann. Die mit diesem Verfahren hergestellten 3D-Mikrobatterien sollen möglichst klein, dünn und mechanisch flexibel sein und eine möglichst große Energiedichte aufweisen.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie sowie durch eine Mikrobatterie gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Spezielle Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0008] Vorgeschlagen wird also ein Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie, umfassend die Schritte:

- Bilden einer geschichteten Struktur mit einer ersten Metallschicht zur Ausbildung eines ersten Stromableiters, mit einer zweiten Metallschicht zur Ausbildung eines zweiten Stromableiters und mit einer zwischen der ersten Metallschicht und der zweiten Metallschicht angeordneten Isolatorschicht, so dass die Isolatorschicht die erste Metallschicht elektrisch von der zweiten Metallschicht isoliert;
- bereichsweises Strukturieren der zweiten Metallschicht und/oder der Isolatorschicht zum Freilegen wenigstens eines ersten Elektrodenkontaktbereichs der ersten Metallschicht an einer der Isolatorschicht zugewandten Oberseite der ersten Metallschicht;
- Ausbilden wenigstens einer ersten Elektrode derart, dass die erste Elektrode die erste Metallschicht jeweils im freigelegten ersten Elektrodenkontaktbereich elektrisch kontaktiert und dass die erste Elektrode durch die Isolatorschicht und die zweite Metallschicht hindurchgreift und über eine von der Isolatorschicht abgewandte Oberseite der zweiten Metallschicht hinaus ragt;
- Ausbilden wenigstens einer Separatorstruktur derart, dass die Separatorstruktur jeweils die erste Elektrode umschließt oder umwandet und sich von der Oberseite der ersten Metallschicht wenigstens bis zur Oberseite der zweiten Metallschicht erstreckt, so dass die Separatorstruktur die erste Elektrode von der zweiten Metallschicht isoliert;
- Ausbilden wenigstens einer zweiten Elektrode auf der zweiten Metallschicht, so dass die zweite Elektrode die zweite Metallschicht elektrisch kontaktiert;
- Ausbilden eines Ionenleiters derart, dass der Ionenleiter die erste Elektrode und die zweite Elektrode kontaktiert, so dass Ionen über den Ionenleiter von der ersten Elektrode zur zweiten Elektrode oder von der zweiten Elektrode zur ersten Elektrode wandern können.

[0009] Vorgeschlagen wird außerdem eine Mikrobatterie, die mit diesem Verfahren herstellbar ist. Eine solche Mikrobatterie umfasst:

- eine geschichtete Struktur mit einer ersten Metallschicht, die einen ersten Stromableiter bildet, mit einer zweiten Metallschicht, die einen zweiten Stromableiter bildet, und mit einer zwischen der ersten Metallschicht und der zweiten Metallschicht angeordneten Isolatorschicht, die die erste Metallschicht elektrisch von der zweiten Metallschicht isoliert;
- wenigstens eine erste Elektrode und wenigstens eine zweite Elektrode;
- wenigstens eine Separatorstruktur;
- einen Ionenleiter, der die erste Elektrode und die zweite Elektrode kontaktiert, so dass Ionen über den Ionenleiter von der ersten Elektrode zur zweiten Elektrode oder von der zweiten Elektrode zur ersten Elektrode wandern können;
- wobei die erste Elektrode die erste Metallschicht an einer der Isolatorschicht zugewandten Oberseite der ersten Metallschicht elektrisch kontaktiert und wobei die erste Elektrode durch die Isolatorschicht und durch die zweite Metallschicht hindurchgreift und über eine von der Isolatorschicht abgewandte Oberseite der zweiten Metallschicht hinaus ragt;
- wobei die zweite Elektrode die zweite Metallschicht kontaktiert, vorzugsweise an der Oberseite der zweiten Metallschicht; und
- wobei die Separatorstruktur die erste Elektrode seitlich, d. h. in Ebenen, die parallel zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur ausgerichtet sind, umschließt oder umwandet und sich dabei von der Oberseite der ersten Metallschicht wenigstens bis zur Oberseite der zweiten Metallschicht erstreckt, so dass die Separatorstruktur die erste Elektrode elektrisch von der zweiten Metallschicht isoliert.

[0010] Die Mikrobatterie wird also ausgehend von der geschichteten Struktur hergestellt. Dieser als Substrat dienende dreischichtige Aufbau ist auf einfache Weise mittels bekannter Laminat- oder Folientechnologien herstellbar. Die so hergestellte Mikrobatterie hat daher eine besonders flache Bauform, ist äußerst biegsam und kann leicht an die Geometrie miniaturisierter Gehäuse angepasst werden. Die als erster Stromableiter dienende erste Metallschicht und/oder die als zweiter Stromableiter dienende zweite Metallschicht können gegebenenfalls wenigstens einen Teil eines Gehäuses der Batterie bilden. Dadurch können sowohl Materialkosten gesenkt als auch die Anzahl der zur Herstellung nötigen Arbeitsschritte verringert werden. Das Strukturieren der geschichteten Struktur sowie das Ausbilden der Elektroden und der Separatorstruktur kann weitestgehend oder vollständig ohne Zuhilfenahme kostenintensiver Vakuumtechnologien durchgeführt werden. Der Herstellungsprozess kann so erheblich ver-

einfacht und die Herstellungskosten können bedeutend gesenkt werden.

[0011] Typischerweise ist eine Oberseite der ersten Metallschicht mit einer Unterseite der Isolatorschicht zusammengefügt und mit dieser in unmittelbarem Kontakt. Eine von der ersten Metallschicht abgewandte Oberseite der Isolatorschicht ist gewöhnlich mit einer Unterseite der zweiten Metallschicht zusammengefügt und mit dieser in unmittelbarem Kontakt. Eine von der Isolatorschicht abgewandte Oberseite der zweiten Metallschicht und eine von der Isolatorschicht abgewandte Unterseite der ersten Metallschicht bilden damit üblicherweise zugleich eine Ober- und eine Unterseite der geschichteten Struktur.

[0012] Hier und im Folgenden wird eine senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur verlaufende Richtung auch Z-Richtung genannt. Entsprechend sind die Schichtebenen der geschichteten Struktur parallel zu einer X-Y-Ebene ausgerichtet, wobei die X-, Y-, und Z-Achse ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem aufspannen. Eine entlang der Z-Richtung bestimmte Dicke der geschichteten Struktur kann weniger als 1 mm, vorzugsweise weniger als 0,6 mm, besonders bevorzugt weniger als 0,2 mm betragen. Eine Dicke der ersten Metallschicht und/oder der zweiten Metallschicht kann weniger als 0,5 mm, weniger als 0,1 mm, weniger als 0,05 mm oder weniger als 0,02 mm betragen. Eine Dicke der Isolatorschicht kann weniger als 0,05 mm, weniger als 0,01 mm oder weniger als 0,005 mm betragen. Eine auf einem derart dünnen dreischichtigen Substrat basierende Mikrobatterie ist mechanisch besonders flexibel und lässt sich in besonders platzsparender Weise in ein Anwendungssystem integrieren. Ein solches Anwendungssystem kann zum Beispiel ein Funksensor, ein RFID-Tag, ein medizinisches Implantat oder eine Smartcard sein.

[0013] Die erste Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht kann durch eine Metallfolie gegeben sein. Die Isolatorschicht kann als Klebstoffschicht oder als eine Schicht aus einem thermoplastischen Kunststoff ausgebildet sein. Insbesondere kann die Isolatorschicht eines der folgenden Materialien enthalten: Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , ein Parylen oder ein Polyolefin, insbesondere Polyethylen, Polypropylen oder Cast Polypropylen (CPP), Polymethylmethacrylat (PMMA), ein Epoxidharz oder ein Polyimid. Die Isolatorschicht kann zum Beispiel durch reaktives Bedampfen oder durch chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition, CVD) auf die erste Metallschicht und/oder auf die zweite Metallschicht aufgebracht werden. Die Herstellung der geschichteten Struktur kann auch mittels Laminieren vorgenommen werden.

[0014] Jede der beiden Metallschichten kann den Pluspol oder den Minuspol der Mikrobatterie bilden

oder kontaktieren. Die erste Metallschicht kann aus Aluminium gebildet sein. Sie bildet dann vorzugsweise den Pluspol der Mikrobatterie. Die zweite Metallschicht kann aus Kupfer gebildet sein. Sie bildet dann vorzugsweise den Minuspol der Mikrobatterie.

[0015] Die vorstehend aufgeführten Schritte zum Herstellen der Mikrobatterie müssen nicht notwendigerweise in der angegebenen zeitlichen Reihenfolge durchgeführt werden. Da die Separatorstruktur insbesondere dazu dient, die erste Elektrode von der zweiten Metallschicht und/oder von der zweiten Elektrode zu trennen und elektrisch zu isolieren, kann es zum Beispiel vorteilhaft sein, nach dem Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs an der Oberseite der ersten Metallschicht zuerst die Separatorstruktur auszubilden und erst danach die erste Elektrode im ersten Elektrodenkontaktbereich abzuscheiden oder aufzubringen. Auf diese Weise kann zum Beispiel verhindert werden, dass es beim Ausbilden der ersten Elektrode zu einem Kurzschluss zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Metallschicht kommt.

[0016] Das bereichsweise Strukturieren der zweiten Metallschicht an der Oberseite der geschichteten Struktur zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs kann mittels Nassätzen, mittels Laserablation oder mittels eines mechanischen Verfahrens, insbesondere durch Bohren, Fräsen, Schneiden oder Stanzen vorgenommen werden. Das bereichsweise Strukturieren der Isolatorschicht zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs kann mittels Trockenätzen, mittels Laserablation oder ebenfalls mittels eines mechanischen Verfahrens vorgenommen werden, insbesondere also durch Bohren, Fräsen, Schneiden oder Stanzen. Zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs, der ein Teilbereich der Oberseite der ersten Metallschicht ist, wird also typischerweise an der Oberseite der geschichteten Struktur eine Öffnung in die zweite Metallschicht und/oder in die Isolatorschicht eingebracht. Diese Öffnung erstreckt sich dann von der Oberseite der zweiten Metallschicht durch die zweite Metallschicht und durch die Isolatorschicht bis zur Oberseite der ersten Metallschicht. Der erste Elektrodenkontaktbereich bildet somit einen Boden der genannten Öffnung. Die erste Elektrode wird gewöhnlich von der Oberseite der geschichteten Struktur aus im ersten Elektrodenkontaktbereich auf die erste Metallschicht aufgebracht oder auf der ersten Metallschicht abgeschieden.

[0017] Bei speziellen Ausführungsformen des Verfahrens zum Herstellen der Mikrobatterie können zunächst die zweite Metallschicht und die Isolatorschicht zu einem Verbund zusammengefügt werden. Dieser Verbund kann dann anschließend zur Ausbildung der geschichteten Struktur mit der ersten Metallschicht zusammengefügt werden. Beispielsweise

kann die zweite Metallschicht zur Ausbildung der Isolatorschicht an der Unterseite der zweiten Metallschicht ganzflächig beschichtet werden. Zum Strukturieren der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht bzw. zum Ausbilden der zuvor genannten Öffnung in der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht kann dann ein Durchgangsloch in den Verbund aus zweiter Metallschicht und Isolatorschicht eingebracht werden. Dies kann zum Beispiel durch Stanzen oder Bohren erfolgen. Wird nun zur Ausbildung der geschichteten Struktur der Verbund aus zweiter Metallschicht und Isolatorschicht mit der ersten Metallschicht zusammengefügt, zum Beispiel durch Laminieren, so ist der erste Elektrodenkontaktbereich an der Oberseite der ersten Metallschicht im Bereich des Durchgangsloches bereits nach dem Zusammenfügen des Verbundes mit der ersten Metallschicht freigelegt. Dies ist eine besonders einfache und kostengünstige Art und Weise der Strukturierung der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs.

[0018] Es ist jedoch auch denkbar, die Unterseite der zweiten Metallschicht zur Ausbildung der Isolatorschicht nicht ganzflächig, sondern nur bereichsweise zu beschichten. Beispielsweise kann derjenige Bereich bzw. können diejenigen Bereiche der Isolatorschicht, die andernfalls zum späteren Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs oder der ersten Elektrodenkontaktbereiche strukturiert werden müssten, von vornherein ausgespart werden. Zu diesem Zweck kann beim Beschichten der zweiten Metallschicht zur Ausbildung der Isolatorschicht eine Maske oder Schablone verwendet werden. Im Verbund aus zweiter Metallschicht und Isolatorschicht weist die Isolatorschicht dann eine entsprechende Aussparung oder ein entsprechendes Durchgangsloch auf. Nach dem Zusammenfügen des Verbundes aus der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht mit der ersten Metallschicht zur Ausbildung der geschichteten Struktur muss zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs oder der ersten Elektrodenkontaktbereiche der ersten Metallschicht dann nur noch die zweite Metallschicht strukturiert werden. Auch dies kann eine Vereinfachung des Herstellungsprozesses bedeuten.

[0019] Damit die Separatorstruktur die erste Elektrode vollständig von der zweiten Metallschicht und/oder von der zweiten Elektrode trennt und isoliert, wird die Separatorstruktur vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie die erste Elektrode seitlich, d. h. in parallel zur X-Y-Ebene ausgerichteten Ebenen, radial vollständig umschließt oder umwandet. Die Separatorstruktur kann die erste Elektrode z. B. nach Art eines Rohrabschnitts umschließen oder umwandeln, wobei der Rohrquerschnitt parallel zur X-Y-Ebene eine beliebige Form haben kann. Vorzugsweise umschließt die Separatorstruktur die erste Elektrode entlang der gesamten entlang der Z-Richtung be-

stimmten Länge der ersten Elektrode jeweils radial vollständig. Die erste Elektrode, die zweite Elektrode und die Separatorstruktur können also derart ausgebildet werden, dass sich die Separatorstruktur von der Oberseite der ersten Metallschicht wenigstens bis zum von der ersten Metallschicht abgewandten oberen Ende der ersten Elektrode erstreckt, vorzugsweise bis über das obere Ende der ersten Elektrode hinaus, so dass die erste Elektrode und die zweite Elektrode entlang parallel zur X-Y-Ebene verlaufenden Ebenen durch die Separatorstruktur voneinander getrennt sind. Zum Beispiel kann die Separatorstruktur eine seitliche Wandung der zuvor genannten Öffnung in der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht, durch die der erste Elektrodenkontaktbereich freigelegt ist, vollständig auskleiden.

[0020] Beispielsweise kann die Separatorstruktur mittels Sprühbelacken, Elektrophorese, Plasmapolymersation, Laminieren oder Siebdrucken ausgebildet werden. Zum Ausbilden der Separatorstruktur kann zum Beispiel zunächst eine weitere Isolatorschicht aufgebracht werden. Die weitere Isolatorschicht kleidet dann normalerweise die Seitenwände der Öffnung in der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht vollständig aus. Typischerweise bedeckt die weitere Isolatorschicht auch den ersten Elektrodenkontaktbereich an der Oberseite der ersten Metallschicht und/oder die Oberseite der zweiten Metallschicht. Zum erneuten Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs und/oder zum Freilegen wenigstens eines zweiten Elektrodenkontaktbereichs an der Oberseite der zweiten Metallschicht wird die weitere Isolatorschicht dann vorzugsweise wiederum strukturiert. Zu diesem Zweck kann die weitere Isolatorschicht zum Beispiel mittels Fotolithografie, mittels Trockenätzen oder mittels Laserablation strukturiert werden. Der wenigstens eine zweite Elektrodenkontaktbereich der zweiten Metallschicht an der Oberseite der zweiten Metallschicht dient der Kontaktierung der zweiten Metallschicht durch die zweite Elektrode.

[0021] Bei einer speziellen Ausführungsform des Verfahrens kann das Ausbilden der Separatorstruktur insbesondere die folgenden Schritte umfassen:

- Abscheiden eines temporären Fotolacks;
- bereichsweises Entfernen des temporären Fotolacks mittels Fotolithografie zum Herstellen wenigstens einer Aussparung im temporären Fotolack;
- Abscheiden einer ionisch leitfähigen Separatormasse in der Aussparung zur Ausbildung der Separatorstruktur.

[0022] Bei dieser Ausführungsform wird also die zuvor im Fotolack hergestellte Aussparung zur Ausbildung der Separatorstruktur mit der ionisch leitfähigen Separatormasse gefüllt. Typischerweise wird dann in einem nächsten Schritt der übrige Fotolack entfernt. Die ionisch leitfähige Separatormasse, aus der die

Separatorstruktur gebildet wird, kann zum Beispiel einen Binder mit Keramikpartikeln und/oder mit Partikeln ionisch leitfähiger Gläser enthalten. Die Separatorstruktur kann zusätzlich mit einem flüssigen Elektrolyt getränkt werden. Durch das Tränken mit dem flüssigen Elektrolyten kann also die ionische Leitfähigkeit der Separatorstruktur hergestellt oder vergrößert werden. Bei dieser Ausführungsform kann der Ionenleiter ganz oder wenigstens teilweise durch die Separatorstruktur gebildet werden, so dass zur Ausbildung des Ionenleiters keine weitere Schicht auf die geschichtete Struktur aufgebracht werden muss. Dadurch kann eine Dicke der hergestellten Mikrobatterie verringert werden.

[0023] Das Ausbilden der ersten Elektrode und/oder der zweiten Elektrode kann durch Sputtern, reaktives Bedampfen, Siebdruck, Schablonendruck, Dispensieren oder mittels eines galvanischen Abscheidungsprozesses vorgenommen werden. Zur Verbesserung der elektrischen Kontaktfähigkeit können die erste Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht vor dem Ausbilden der Elektroden vorbehandelt werden, vorzugsweise mittels Nassätzen, Trockenätzen oder durch Aufbringen einer mit Graphit oder mit Rußpartikeln versetzten Polymerschicht. Vorzugsweise wird die Vorbehandlung insbesondere im ersten Elektrodenkontaktbereich an der Oberseite der ersten Metallschicht und/oder im zweiten Elektrodenkontaktbereich an der Oberseite der zweiten Metallschicht vorgenommen, also dort, wo die Elektroden auf die Metallschichten aufgebracht werden.

[0024] Zur Ausbildung des Ionenleiters kann ein Polymerionenleiter, ein Festkörperionenleiter, ein gelifizierender Flüssigelektrolyt oder eine mit einem Flüssigelektrolyten tränkbare poröse oder schwammartige Struktur abgeschieden werden. Um beim Aufbringen oder Abscheiden eines Flüssigelektrolyten ein Abfließen des Flüssigelektrolyten zu verhindern, kann vor dem Aufbringen oder Abscheiden des Flüssigelektrolyten ein Rahmen auf der zweiten Metallschicht angeordnet werden. Der Rahmen kann dann zum Beispiel mittels Kleben, Lötten oder Ultraschallschweißen an der zweiten Metallschicht befestigt oder mit der zweiten Metallschicht verbunden werden, typischerweise an der Oberseite der zweiten Metallschicht. Nach dem Aufbringen oder Abscheiden des Flüssigelektrolyten kann der Rahmen dann mit einem Deckel abgeschlossen werden. Es ist jedoch auch denkbar, dass der Rahmen und der Deckel einteilig ausgebildet sind, wobei der Flüssigelektrolyt dann durch eine verschließbare Öffnung im Deckel eingefüllt wird.

[0025] Damit die durch das hier vorgeschlagene Verfahren hergestellte Mikrobatterie mit einer möglichst guten mechanischen Stabilität aufweist, kann die geschichtete Struktur mit einem Kunststoffsubstrat zusammengefügt werden, das eine größere Dicke hat

als die geschichtete Struktur. Zum Beispiel kann die geschichtete Struktur auf das Kunststoffsubstrat laminiert werden. Das Kunststoffsubstrat kann an der Unterseite der geschichteten Struktur, also insbesondere an der Unterseite der ersten Metallschicht, oder an der Oberseite der geschichteten Struktur, also insbesondere an der Oberseite der zweiten Metallschicht, mit der geschichteten Struktur zusammengefügt werden. Wenn die geschichtete Struktur und das Kunststoffsubstrat derart zusammengefügt werden, dass das Kunststoffsubstrat an der Oberseite der geschichteten Struktur angeordnet ist, wird zum Freilegen des wenigstens einen ersten Elektrodenkontaktbereichs und zum Freilegen des wenigstens einen zweiten Elektrodenkontaktbereichs normalerweise auch das Kunststoffsubstrat strukturiert. Dazu können in das Kunststoffsubstrat leicht schmale Kanäle mit einem großen Aspektverhältnis eingebracht werden. Das Aspektverhältnis bezeichnet dabei das Verhältnis zwischen einer Tiefe der in das Kunststoffsubstrat eingebrachten Kanäle zu einer senkrecht zur Tiefe dieser Kanäle bestimmten lateralen Ausdehnung der Kanäle. Das Einbringen der Kanäle in das Kunststoffsubstrat kann zum Beispiel mittels Laserbearbeitung vorgenommen werden. Eine großflächige Ausnehmung oder Vertiefung an der von der geschichteten Struktur abgewandten Oberseite des Kunststoffsubstrats kann auch durch Druckgießen, Prägen oder Fräsen hergestellt werden. Eine solche großflächige Vertiefung oder Ausnehmung im Kunststoffsubstrat kann zum Beispiel der Aufnahme des Ionenleiters dienen. Der Ionenleiter kann also wenigstens teilweise in der genannten großflächigen Vertiefung angeordnet sein.

[0026] Die mittels des hier beschriebenen Verfahrens hergestellte Mikrobatterie weist typischerweise eine Vielzahl von ersten Elektroden und zweiten Elektroden der genannten Art auf. Diese können zum Beispiel in Streifen oder schachbrettartig parallel in parallel zur X-Y-Ebene ausgerichteten Ebenen nebeneinander angeordnet sein. Jeder ersten Elektrode der Mikrobatterie sind dann ein erster Elektrodenkontaktbereich und eine die erste Elektrode seitlich umgebende Separatorstruktur zugeordnet. Weist die Mikrobatterie also eine Vielzahl von ersten Elektroden auf, so hat die Mikrobatterie auch ebenso viele Separatorstrukturen, die die ersten Elektroden jeweils in der beschriebenen Art und Weise umschließen oder umwandern.

[0027] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0028] Fig. 1 eine geschichtete Struktur mit einer ersten Metallschicht, einer zweiten Metallschicht und einer zwischen der ersten Metallschicht und der zweiten Metallschicht angeordneten Isolatorschicht;

[0029] Fig. 2a, Fig. 2b in zeitlicher Reihenfolge das bereichsweise Strukturieren der zweiten Metallschicht und der Isolatorschicht der geschichteten Struktur aus Fig. 1 zum Freilegen von ersten Elektrodenkontaktbereichen an einer Oberseite der ersten Metallschicht;

[0030] Fig. 3a, Fig. 3b ausgehend von der strukturierten geschichteten Struktur gemäß Fig. 2b das Ausbilden von Separatorstrukturen in Randbereichen der ersten Elektrodenkontaktbereiche gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

[0031] Fig. 4a, Fig. 4b ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 3b das Ausbilden von ersten Elektroden und von zweiten Elektroden sowie das Ausbilden eines Ionenleiters zwischen den ersten Elektroden und den zweiten Elektroden;

[0032] Fig. 5a, Fig. 5b ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 2b das Ausbilden von Separatorstrukturen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

[0033] Fig. 6a bis Fig. 6c ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 5b das Aufbringen zweier erster Elektroden und einer zweiten Elektrode, das Ausbilden eines Ionenleiters zwischen den ersten Elektroden und der zweiten Elektrode und das Verschließen der so hergestellten Mikrobatterie mit einem Gehäusesverschluss;

[0034] Fig. 7a bis Fig. 7d ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 2b das Ausbilden von Separatorstrukturen gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel sowie das Aufbringen zweier erster Elektroden und einer zweiten Elektrode;

[0035] Fig. 8a, Fig. 8b ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 7d das Anordnen eines Rahmens zum Aufnehmen eines Flüssigelektrolyten an der Oberseite der geschichteten Struktur sowie das Füllen des Rahmens mit einem Flüssigelektrolyten zum Ausbilden eines Ionenleiters zwischen den ersten Elektroden und der zweiten Elektrode;

[0036] Fig. 8c bis Fig. 8e das Verschließen der Anordnung gemäß Fig. 8b mit einem Deckel und das Versiegeln der Anordnung mit einer Barrierschicht.

[0037] Fig. 9a bis Fig. 9c ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 7d das Anordnen eines geschlossenen Rahmens zum Aufnehmen eines Flüssigelektrolyten an der Oberseite der geschichteten Struktur, das Füllen des Rahmens mit einem Flüssigelektrolyten durch eine Öffnung im Rahmen sowie das Verschließen der Öffnung;

[0038] Fig. 10a bis Fig. 10d ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 7d das Anordnen eines tem-

porären geschlossenen Rahmens zum Aufnehmen eines Flüssigelektrolyten an der Oberseite der geschichteten Struktur, das Füllen des temporären Rahmens mit einem gelifizierenden Flüssigelektrolyten, das Entfernen des geschlossenen Rahmens nach erfolgter Gelifizierung sowie das Abdecken der so hergestellten Mikrobatterie mittels eines Gehäuseverschlusses;

[0039] Fig. 11a, Fig. 11b in einer Aufsicht erste und zweite Stromableiter einer erfindungsgemäßen Mikrobatterie in einer schachbrettartigen Anordnung und in einer streifenförmigen Anordnung;

[0040] Fig. 12a, Fig. 12b in einer Aufsicht erfindungsgemäße Mikrobatterien mit Gehäusen unterschiedlicher Geometrie;

[0041] Fig. 13a, Fig. 13b das Strukturieren einer geschichteten Struktur gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel; sowie

[0042] Fig. 14a, Fig. 14b das Zusammenfügen einer geschichteten Struktur mit einem Kunststoffsubstrat und das Strukturieren der geschichteten Struktur und des Kunststoffsubstrats.

[0043] Fig. 1 zeigt eine geschichtete Struktur **1** mit einer ersten Metallschicht **2**, einer zweiten Metallschicht **3** und einer zwischen der ersten Metallschicht und der zweiten Metallschicht angeordneten Isolatorschicht **4**. Eine Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht bildet zugleich eine Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1**. Die zweite Metallschicht **3** ist entlang ihrer Unterseite **3b** mit der Isolatorschicht **4** zusammengefügt und mit dieser in unmittelbarem Kontakt. Die erste Metallschicht **2** ist entlang ihrer Oberseite **2a** mit der Isolatorschicht **4** zusammengefügt und mit dieser in unmittelbarem Kontakt. Eine Unterseite **2b** der ersten Metallschicht **2** bildet zugleich eine Unterseite **1b** der geschichteten Struktur **1**. Durch die Isolatorschicht **4** sind die erste Metallschicht **2** und die zweite Metallschicht **3** elektrisch voneinander isoliert. Eine Z-Richtung **40** verläuft senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1**, also parallel zu Flächennormalen der Metallschichten **2**, **3** und der Isolatorschicht **4**. Eine X-Y-Ebene **41** ist parallel zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** ausgerichtet. Die X-, Y- und die Z-Achse bilden dabei ein rechtshändiges Kartesisches Koordinatensystem. Im Folgenden wird beschrieben, wie ausgehend von der geschichteten Struktur **1** eine 3D-Mikrobatterie hergestellt wird. Die Metallschichten **2** und **3** dienen dabei als Stromableiter der Mikrobatterie.

[0044] Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist die erste Metallschicht **2** aus Aluminium gebildet. Die erste Metallschicht **2** bildet den Pluspol der Mikrobatterie. Die zweite Metallschicht **3** ist aus Kupfer gebildet

und bildet den Minuspol der Mikrobatterie. Die erste Metallschicht **2** ist eine Aluminiumfolie mit einer Dicke **5** von 50 µm. Die zweite Metallschicht **3** ist eine Kupferfolie mit einer Dicke **6** von z. B. 5 µm. Die Isolatorschicht **4** enthält ein Polymer, zum Beispiel Polypropylen oder Polyethylen. Hier beträgt eine Dicke **7** der Isolatorschicht **4** zum Beispiel 20 µm. Die Dicken **5**, **6**, **7** werden entlang der Z-Richtung **40** bestimmt. Zur Herstellung der geschichteten Struktur **1** wird zum Beispiel zunächst die Unterseite **3b** der zweiten Metallschicht **3** mit der Isolatorschicht **4** beschichtet, und anschließend wird dieser Verbund aus zweiter Metallschicht **3** und Isolatorschicht **4** auf die Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** laminiert. Die geschichtete Struktur **1** kann also in einfacher und kostengünstiger Weise mittels bekannter Laminat- oder Folientechnologien hergestellt werden.

[0045] Selbstverständlich können bei alternativen Ausführungsformen die Metallschichten **2** und **3** aus anderen leitenden Materialien, insbesondere Metallen, und die Isolatorschicht **4** aus anderen isolierenden Materialien gebildet sein. Ebenso können die Schichten **2**, **3** und **4** von dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel abweichende Dicken aufweisen. Auch kann die geschichtete Struktur **1** durch andere Verfahren als durch Laminiere hergestellt werden. Beispielsweise kann wenigstens eine der Metallschichten **2** und **3** durch Sputterbeschichtung oder durch galvanische Abscheidung erzeugt werden. Die Isolatorschicht **4** kann bei alternativen Ausführungsformen beispielsweise ein Dünnglas wie Si₃N₄, SiO₂ oder Al₂O₃ enthalten. Derartige Dünnglasschichten können eine Dicke von weniger als 5 µm, oder von weniger als einem 1 µm haben. Die Herstellung einer solchen Dünnglasschicht kann zum Beispiel durch reaktives Bedampfen oder durch chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition, CVD) vorgenommen werden. Zur Herstellung der Mikrobatterie kann die geschichtete Struktur **1** auch auf ein Substrat aufgebracht werden, zum Beispiel auf ein Glassubstrat oder auf ein Siliziumsubstrat. Typischerweise ist die geschichtete Struktur **1** dann mit ihrer Unterseite **1b** auf diesem Substrat angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann auch an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** ein Substrat auf die geschichtete Struktur **1** aufgebracht oder mit der geschichteten Struktur **1** zusammengefügt werden. Bei dem auf die Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** aufgebrachten Substrat handelt es sich dann typischerweise um ein Kunststoffsubstrat.

[0046] Die Fig. 2a und Fig. 2b zeigen das bereichsweise Strukturieren der geschichteten Struktur **1** aus Fig. 1 zum Freilegen von ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c** und **2d** der ersten Metallschicht **2** an der der Isolatorschicht **4** zugewandten Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2**. Hier und im Folgenden sind wiederkehrende Merkmale jeweils mit denselben Be-

zugszeichen bezeichnet. In den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c** und **2d** werden zu einem späteren Zeitpunkt erste Elektroden auf die Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** aufgebracht.

[0047] Zum Freilegen der ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** werden zunächst Bereiche **3c** und **3d** aus der zweiten Metallschicht **3** entfernt. Das Strukturieren der zweiten Metallschicht **3** zum Entfernen der Bereiche **3c** und **3d** aus der zweiten Metallschicht **3** kann zum Beispiel mittels Nassätzen, durch Laserbearbeitung oder durch mechanische Bearbeitung wie Bohren, Fräsen, Schneiden oder Stanzen vorgenommen werden. Anschließend werden zum Freilegen der ersten Elektrodenkontakte **2c** und **2d** Bereiche **4a** und **4b** der Isolatorschicht **4** aus der Isolatorschicht **4** entfernt. Dies kann beispielsweise durch Trockenätzen oder, wie bei der Strukturierung der zweiten Metallschicht **3**, durch Laserbearbeitung oder durch mechanische Bearbeitung der Isolatorschicht **4** erfolgen. Die entlang der Z-Richtung **40** fluchtenden Bereiche **3c**, **3d** und **4c**, **4d** bilden Öffnungen **8c** und **8d** in der zweiten Metallschicht **3** und in der Isolatorschicht **4**. Die Öffnungen **8c** und **8d** erstrecken sich jeweils von der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** durch die zweite Metallschicht **3** und durch die Isolatorschicht **4** bis zur Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2**. Die ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** bilden somit jeweils einen Boden der Öffnungen **8c** und **8d**.

[0048] Fig. 3a und Fig. 3b zeigen das Ausbilden von Separatorstrukturen **9c** und **9d**, die dazu dienen, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel erst zu einem späteren Zeitpunkt in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c** und **2d** auf der ersten Metallschicht **2** ausgebildeten ersten Elektroden zur Vermeidung eines elektrischen Kurzschlusses von der zweiten Metallschicht **3** zu isolieren. Dazu wird zunächst eine weitere Isolatorschicht **9** auf der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** abgeschieden. Die weitere Isolatorschicht **9** bedeckt die zweite Metallschicht **3** an ihrer Oberseite **3a** vollständig. Ebenso bedeckt die weitere Isolatorschicht **9** die zuvor freigelegten ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** vollständig. Außerdem bedeckt die weitere Isolatorschicht **9** Seitenwände **11c** der Öffnung **8c** und Seitenwände **11d** der Öffnung **8d** vollständig, wobei sich die Seitenwände **11c**, **11d** entlang der Z-Richtung **40** jeweils von der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** bis zur Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** erstrecken. Die weitere Isolatorschicht **9** kleidet also die Öffnungen **8c** und **8d** vollständig aus, insbesondere auch die Seitenwände **11c** und **11d**. Das Ausbilden der weiteren Isolatorschicht **9** kann zum Beispiel mittels Sprühbelackern, Elektrophorese, Plasmapolymersation oder Gasphasenabscheidung (CVD) vorgenommen werden. Eine Schichtdicke der weiteren Isolatorschicht **9**

kann zum Beispiel wenigstens 0,1 µm, wenigstens 1 µm oder wenigstens 5 µm betragen.

[0049] Zum erneuten Freilegen der ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** und zum Freilegen von zweiten Elektrodenkontaktbereichen **3e**, **3f** und **3g** der zweiten Metallschicht **3** an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** wird dann die weitere Isolatorschicht **9** bereichsweise strukturiert. Dieses bereichsweise Strukturieren der weiteren Isolatorschicht **9** kann zum Beispiel mittels Fotolithografie, mittels Trockenätzen oder mittels Laserbearbeitung vorgenommen werden.

[0050] Nach dem bereichsweisen Strukturieren der weiteren Isolatorschicht **9** bildet diese in Randbereichen der Öffnungen **8c** und **8d** somit die Separatorstrukturen **9c** und **9d**, die sich von der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** durchgehend bis zur Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** erstrecken und die die Seitenwände **11c** und **11d** der Öffnungen **8c** und **8d** jeweils vollständig auskleiden. Im Bereich der Öffnungen **8c** und **8d** ist die zweite Metallschicht **3** zu den Öffnungen **8c** und **8d** hin somit vollständig von den Separatorstrukturen **9c** und **9d** bedeckt, so dass die Separatorstrukturen **9c** und **9d** verhindern, dass zu einem späteren Zeitpunkt in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c** und **2d** auf die erste Metallschicht **2** aufgebrachte erste Elektroden mit der zweiten Metallschicht **3** in Kontakt kommen und so einen elektrischen Kurzschluss zwischen der ersten Metallschicht **2** und der zweiten Metallschicht **3** hervorrufen.

[0051] Fig. 4a und Fig. 4b zeigen ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 3b in zeitlicher Reihenfolge das Ausbilden von ersten Elektroden **12c** und **12d**, das Ausbilden von zweiten Elektroden **13e**, **13f** und **13g** sowie das Ausbilden eines Ionenleiters **14** zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und den zweiten Elektroden **13e**, **13f** und **13g**. Die Anordnung gemäß Fig. 4b stellt eine erfindungsgemäße Mikrobatterie **100** dar.

[0052] Die ersten Elektroden **12c** und **12d** werden in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** auf die erste Metallschicht **2** aufgebracht. Das Ausbilden der ersten Elektroden **12c** und **12d** kann zum Beispiel durch Sputtern, durch reaktives Bedampfen, durch Siebdruck, Schablonendruck oder mittels eines galvanischen Abscheidungsprozesses vorgenommen werden. Die ersten Elektroden **12c** und **12d** werden derart ausgebildet, dass sie sich entlang der Z-Richtung **40** von der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** bis über die Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** erstrecken und senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** über die Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** hinausragen. Beim Aufbringen der ersten Elektroden **12c** und

12d auf die erste Metallschicht **2** verhindern die Separatorstrukturen **9c** und **9d**, dass die ersten Elektroden **12c** und **12d** mit der zweiten Metallschicht **3** in Kontakt kommen und einen Kurzschluss zwischen der ersten Metallschicht **2** und der zweiten Metallschicht **3** verursachen. Die ersten Elektroden **12c** und **12d** sind derart in den Öffnungen **8c** und **8d**, die zuvor in die Isolatorschicht **4** und in die zweite Metallschicht **3** eingebracht worden sind, angeordnet, dass sie durch die Isolatorschicht **4** und die zweite Metallschicht **3** hindurch greifen und senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** über die Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** hinausragen. Seitlich, das heißt parallel zur X-Y-Ebene **41**, schließen die Separatorstrukturen **9c** und **9d** die ersten Elektroden **12c** und **12d** jeweils radial vollständig ein und separieren die ersten Elektroden **12c** und **12d** seitlich von der zweiten Metallschicht **3**. Die Separatorstrukturen **9c** und **9d** umwandeln die ersten Elektroden **12c** und **12d** also seitlich radial vollständig, und zwar wenigstens von der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** bis zur Oberseite **3a** der ersten Metallschicht **3**.

[0053] Die zweiten Elektroden **13e**, **13f** und **13g** werden in den zweiten Elektrodenkontaktbereichen **3e**, **3f** und **3g** der zweiten Metallschicht **3** an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** auf die zweite Metallschicht **3** aufgebracht. Auch das Ausbilden der zweiten Elektroden **13e**, **13f** und **13g** kann durch Sputtern, durch reaktives Bedampfen, durch Siebdruck, Schablonendruck oder mittels eines galvanischen Abscheidungsprozesses vorgenommen werden.

[0054] Zur Verbesserung des elektrischen Kontaktes zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und der ersten Metallschicht **2** und/oder zur Verbesserung des elektrischen Kontaktes zwischen den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** und der zweiten Metallschicht **3** können die erste Metallschicht **2** und/oder die zweite Metallschicht **3** vor dem Ausbilden der ersten Elektroden **12c**, **12d** und der zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** vorbehandelt werden. Diese Vorbehandlung der ersten Metallschicht **2** und/oder der zweiten Metallschicht **3** kann zum Beispiel durch Nasätzen oder durch Trockenätzen vorgenommen werden. Alternativ oder zusätzlich kann zum Vorbehandeln der ersten Metallschicht **2** und/oder der zweiten Metallschicht **3** eine weitere leitfähige Schicht auf die erste Metallschicht **2** und/oder auf die zweite Metallschicht **3** aufgebracht werden, zum Beispiel eine mit Graphit oder mit Rußpartikeln versetzte Polymer-schicht. Das Vorbehandeln der ersten Metallschicht **2** und/oder der zweiten Metallschicht **3** wird wenigstens in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c**, **2d** der ersten Metallschicht **2** und/oder in den zweiten Elektrodenkontaktbereichen **3e**, **3f**, **3g** der zweiten Metallschicht **3** vorgenommen.

[0055] Die ersten Elektroden **12c**, **12d** und die zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** werden derart ausgebildet, dass sie parallel zur X-Y-Ebene **41**, also parallel zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** nebeneinander angeordnet sind. Parallel zur X-Y-Ebene **41** bestimmte Abstände **15a** bis **15d** zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** können zum Beispiel jeweils weniger als 100 µm oder weniger als 50 µm betragen. Die ersten Elektroden **12c**, **12d** und die zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** werden ferner derart ausgebildet, dass sie entlang der Z-Richtung **40** wenigstens bereichsweise überlappen. Bei dem in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiel überlappen die ersten Elektroden **12c**, **12d** mit den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** entlang der Z-Richtung **40** in einem Überlappungsbereich **16**, der sich ausgehend von der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **2** über eine Länge von wenigstens 50 µm oder von wenigstens 100 µm bis zum von der geschichteten Struktur **1** abgewandten oberen Ende der ersten Elektroden **12c**, **12d** erstreckt.

[0056] Die geringen Abstände der ersten Elektroden **12c**, **12d** von den ihnen jeweils benachbarten zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** sowohl parallel als auch senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** erleichtern das Wandern von Ionen zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g**, die jeweils unterschiedlichen Polen der Mikrobatterie zugeordnet sind. Das Wandern der Ionen zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** erfolgt innerhalb des Ionenleiters **14**, der zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und den zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** ausgebildet wird. Der Ionenleiter **14** wird in Gestalt einer weiteren Schicht an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** bzw. an einer Oberseite **9a** der weiteren Isolatorschicht **9**, die die zweite Metallschicht **3** wenigstens bereichsweise bedeckt, aufgebracht. Der Ionenleiter **14** wird derart aufgebracht, dass er die ersten Elektroden **12c**, **12d** und die zweiten Elektroden **13e**, **13f**, **13g** unmittelbar kontaktiert. Der Ionenleiter **14** bildet eine zusammenhängende Schicht. Die durch den Ionenleiter **14** gebildete Schicht verläuft parallel zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1**. Zur Ausbildung des Ionenleiters **14** kann zum Beispiel ein Polymerionenleiter, ein Festkörperionenleiter, ein gelifizierender Flüssigelektrolyt oder eine mit einem Flüssigelektrolyten tränkbare schwammartige Struktur abgedeckt werden.

[0057] **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen ausgehend von der Anordnung gemäß **Fig. 2b** das Ausbilden von Separatorstrukturen **10c** und **10d** in den Randbereichen der Öffnungen **8c** und **8d** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Zunächst wird an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** eine temporäre Fotolackschicht **10** abgeschieden. Die Fotolackschicht **10**

bedeckt die Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** vollständig. Auch die ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** werden von der Fotolackschicht **10** vollständig bedeckt. Die Fotolackschicht **10** wird ferner derart abgeschieden, dass sie die Öffnungen **8c** und **8d** in der zweiten Metallschicht **3** und in der Isolatorschicht **4** vollständig ausfüllt. Anschließend wird die Fotolackschicht **10** zum Ausbilden der Separatorstrukturen **10c** und **10d** mittels Fotolithografie strukturiert. Durch das Strukturieren der Fotolackschicht **10** werden die ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c** und **2d** an der Oberseite **2a** der Metallschicht **2** sowie der zweite Elektrodenkontaktbereich **3f** an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** freigelegt. Zur Verbesserung der elektrischen Kontaktfähigkeit der ersten Metallschicht **2** und der zweiten Metallschicht **3** können die erste Metallschicht **2** und die zweite Metallschicht **3** insbesondere in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c**, **2d** und dem zweiten Elektrodenkontaktbereich **3f** wie zuvor in Bezug auf **Fig. 4** beschrieben vorbehandelt werden.

[0058] **Fig. 6a** zeigt das Aufbringen der ersten Elektroden **12c**, **12d** in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c**, **2d** sowie das Aufbringen der zweiten Elektrode **13f** auf die zweite Metallschicht **3** im zweiten Elektrodenkontaktbereich **3f**. Die Anordnung gemäß **Fig. 6a** unterscheidet sich von der Anordnung gemäß **Fig. 4a** dadurch, dass die von der ersten Metallschicht **2** abgewandten oberen Enden der ersten Elektroden **12c**, **12d** sich entlang der Z-Richtung **40** bis zum von der zweiten Metallschicht **3** abgewandten oberen Ende der zweiten Elektrode **13f** erstrecken. Die oberen Enden der ersten Elektroden **12c**, **12d** und der zweiten Elektrode **13f** liegen also in einer gemeinsamen Ebene **17**, die parallel zur X-Y-Ebene **41** ausgerichtet ist. Der Überlappungsbereich **16**, in dem sich die ersten Elektroden **12c**, **12d** und die zweite Elektrode **13f** entlang der Z-Richtung **40** überlappen, erstreckt sich in **Fig. 6a** somit über die gesamte Länge der zweiten Elektrode **13f**, nämlich von der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** bis zur Ebene **17**.

[0059] Die Anordnung gemäß **Fig. 6a** unterscheidet sich von der Anordnung gemäß **Fig. 4a** ferner dadurch, dass sich die Separatorstrukturen **10c**, **10d** entlang der Z-Richtung **40** jeweils von der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht bis zum von der ersten Metallschicht **2** abgewandten oberen Ende der ersten Elektroden **12c**, **12d** erstrecken. Ferner erstrecken sich die Separatorstrukturen **10c**, **10d** entlang der Z-Richtung **40** bis zum von der zweiten Metallschicht **3** abgewandten oberen Ende der zweiten Elektrode **13f**. Somit ist die zweite Elektrode **13f** entlang ihrer gesamten entlang der Z-Richtung **40** bestimmten Länge durch die Separatorstrukturen **10c**, **10d** von den ersten Elektroden **12c**, **12d** getrennt. Die Separatorstrukturen **10c**, **10d** füllen also parallel zur X-Y-

Ebene **41** zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und der zweiten Elektrode **13f** liegende Bereiche vollständig aus. Auch dies verhindert, dass es beim Aufbringen oder Abscheiden der ersten Elektroden **12c**, **12d** und/oder der zweiten Elektrode **13f** zu einem elektrischen Kurzschluss zwischen den Elektroden **12c**, **12d**, **13f** bzw. zwischen der ersten Metallschicht **2** und der zweiten Metallschicht **3** kommt. Die ersten Elektroden **12c**, **12d** sind hier also über ihre gesamte senkrecht zu den Schichtebenen der geschichteten Struktur **1** bestimmte Länge seitlich vollständig von den Separatorstrukturen **10c**, **10d** umschlossen, wobei die Separatorstrukturen **10c**, **10d** seitlich jeweils unmittelbar an die ersten Elektroden **12c**, **12d** heranreichen. In analoger Weise ist die zweite Elektrode **13f** über ihre gesamte entlang der Z-Richtung **40** bestimmte Länge seitlich vollständig von den Separatorstrukturen **10c**, **10d** umschlossen, wobei die Separatorstrukturen **10c**, **10d** seitlich unmittelbar an die zweite Elektrode **13f** heranreichen. Dies verleiht der Anordnung aus Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und Separatorstrukturen **10c**, **10d** ein hohes Maß an Kompaktheit und Stabilität.

[0060] **Fig. 6b** zeigt wiederum das Aufbringen des Ionenleiters **14**. Dieser bildet eine zusammenhängende Schicht, die an den von der geschichteten Struktur **1** abgewandten oberen Enden der ersten Elektroden **12c**, **12d**, der zweiten Elektrode **13f** und der Separatorstrukturen **10c**, **10d** aufgebracht bzw. abgeschieden wird. Das Aufbringen oder Abscheiden des Ionenleiters **14** kann wie zuvor in Zusammenhang mit **Fig. 4b** beschrieben durchgeführt werden. Die Anordnung gemäß **Fig. 6b** stellt eine erfindungsgemäße Mikrobatterie **200** dar.

[0061] **Fig. 6c** zeigt die Mikrobatterie **200** aus **Fig. 6b** mit einem an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** angeordneten Verschluss **18**. Der Verschluss **18** schließt die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und den Ionenleiter **14** seitlich und nach oben, das heißt in eine von der geschichteten Struktur **1** abgewandte Richtung hin, zur Umgebung hin ab. In **Fig. 6c** ist der Verschluss **18** aus demselben metallischen Material gebildet wie die zweite Metallschicht **3**. Der Verschluss **18** wird an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** auf der zweiten Metallschicht **3** angeordnet und mit dieser zusammengefügt, hier zum Beispiel durch Löten. Der Verschluss **18** und die zweite Metallschicht **3** sind somit in elektrischem Kontakt. Da derjenige Abschnitt der zweiten Metallschicht **3**, der die zweite Elektrode **13f** elektrisch kontaktiert, mit den übrigen Abschnitten der zweiten Metallschicht **3** verbunden und in elektrischem Kontakt ist, insbesondere also mit denjenigen Abschnitten der zweiten Metallschicht **3**, die mit dem Verschluss **18** in elektrischem Kontakt sind, ist der metallische Verschluss **18** über die zweite Metallschicht **3** in elektrischem Kontakt mit der zweiten Elektrode **13f** und kann als Stromableiter der zweiten Elektrode **13f** dienen.

[0062] Fig. 7a bis Fig. 7d zeigen ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 2b das Ausbilden von Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Die Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß diesem dritten Beispiel sind elektrisch isolierend und ionisch leitfähig, so dass die Separatorstrukturen **19c**, **19d** selbst als Ionenleiter dienen können. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann also das erfindungsgemäße Ausbilden der Separatorstrukturen **19c**, **19d** und das erfindungsgemäße Ausbilden des Ionenleiters zwischen den Elektroden in einem Verfahrensschritt vorgenommen werden.

[0063] Die Anordnung gemäß Fig. 7a entspricht der zuvor beschriebenen Anordnung gemäß Fig. 5a mit der an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** auf die geschichtete Struktur **1** aufgetragenen Fotolackschicht **10**. Die Fotolackschicht **10** wird nun mittels Fotolithografie derart strukturiert, dass dort, wo die Separatorstrukturen **19c** und **19d** ausgebildet werden sollen, zunächst Aussparungen in die Fotolackschicht **10** eingebracht werden. Diese Aussparungen sind in Fig. 7 nicht gesondert dargestellt. Nach dem Einbringen dieser Aussparungen in die Fotolackschicht **10** bleiben im Bereich der ersten Elektrodenkontaktbereiche **2c**, **2d** und im Bereich der zweiten Elektrodenkontaktbereiche **3e**, **3f**, **3g** Blöcke **10c–g** der Fotolackschicht **10** stehen. Diese Blöcke **10c–g** bilden in Bezug auf die Fotolackschicht **10** das Negativ der Separatorstrukturen **9c** und **9d** gemäß Fig. 5b.

[0064] Die durch das Strukturieren der Fotolackschicht **10** zwischen den Blöcken **10c–g** gebildeten Aussparungen werden dann zum Ausbilden der Separatorstrukturen **19c**, **19d** mit einer elektrisch isolierenden und ionisch leitfähigen Separatormasse gefüllt. Das Auffüllen der Aussparungen mit der Separatormasse oder das Abscheiden der Separatormasse in den Aussparungen zur Ausbildung der Separatorstrukturen **19c**, **19d** kann zum Beispiel durch Dispensieren oder durch Rakeln vorgenommen werden. Die Separatormasse kann zum Beispiel einen Binder mit Keramikpartikeln oder einen Binder mit Partikeln ionisch leitfähiger Gläser enthalten. Die auf diese Weise hergestellte Anordnung ist in Fig. 7b dargestellt. Im nächsten Schritt werden die beim Strukturieren der Fotolackschicht **10** stehen gebliebenen Blöcke **10c–g** entfernt, so dass lediglich die durch das Auffüllen der Aussparungen zwischen den Blöcken **10c–g** mit der Separatormasse gebildeten Separatorstrukturen **19c**, **19d** stehen bleiben, wie in Fig. 7c dargestellt. Die Geometrie der Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß Fig. 7c ist identisch mit der Geometrie der Separatorstruktur **9c**, **9d** gemäß Fig. 5b. Bei alternativen Ausführungsformen können die Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß Fig. 7c auch direkt durch Dispensieren der Separatormasse oder durch Drucken der Separatormasse erzeugt werden, zum Beispiel mittels Siebdruck.

[0065] In Fig. 7d sind das Aufbringen oder Abscheiden der ersten Elektroden **12c**, **12d** in den ersten Elektrodenkontaktbereichen **2c**, **2d** (siehe Fig. 7c) der ersten Metallschicht **2** sowie das Aufbringen oder Abscheiden der zweiten Elektrode **13f** im zweiten Elektrodenkontaktbereich **3f** (siehe Fig. 7c) der zweiten Metallschicht **3** dargestellt. Das Ausbilden oder Abscheiden der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** kann wie zuvor beschrieben vorgenommen werden. Die in Fig. 7d dargestellte Geometrie der Anordnung der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und der Separatorstrukturen **19c**, **19d** unterscheidet sich von der Geometrie der Anordnung gemäß Fig. 5a lediglich dadurch, dass die Separatorstrukturen **19c**, **19d** sich entlang der Z-Richtung **40** über die von der geschichteten Struktur **1** abgewandten oberen Enden der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** hinaus erstrecken.

[0066] Da die aus der ionisch leitfähigen Separatormasse gebildeten Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß Fig. 7d das Wandern von Ionen zwischen den ersten Elektroden **12c**, **12d** und der zweiten Elektrode **13f** über die Separatorstrukturen **19c**, **19d** ermöglichen, muss zur Ausbildung eines Ionenleiters nicht notwendigerweise eine weitere Elektrolytschicht aufgebracht werden, wie dies zum Beispiel bei der Anordnung gemäß Fig. 6b der Fall ist. Gegenüber der Anordnung gemäß Fig. 6b kann eine Mikrobatterie, die gemäß den in den Fig. 7a–d beschriebenen Verfahrensschritten hergestellt wird, daher ggf. eine geringere Dicke aufweisen und besonders raumsparend ausgebildet sein.

[0067] Zur Ausbildung des Ionenleiters **14** können die Separatorstrukturen **19c**, **19d** gemäß Fig. 7d zusätzlich mit einem flüssigen Elektrolyt getränkt werden. Entsprechende Verfahrensschritte sind in zeitlicher Reihenfolge in den Fig. 8a–e dargestellt.

[0068] Fig. 8a zeigt die Anordnung gemäß Fig. 7d mit einem Rahmen **50** zum Aufnehmen eines flüssigen Elektrolyten, wobei der Rahmen **50** an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** auf der zweiten Metallschicht **3** angeordnet und mit der zweiten Metallschicht **3** zusammengefügt wird. Das Befestigen des Rahmens **50** an der zweiten Metallschicht **3** kann zum Beispiel mittels Kleben, Lötens oder Ultraschallschweißen vorgenommen werden. Sofern zum Ausbilden der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** Technologien verwendet werden, bei denen die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** auf ein möglichst planares Substrat aufgebracht werden, ist es vorteilhaft, den Rahmen **50** erst nach dem Ausbilden der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** mit der geschichteten Struktur **1** zusammenzufügen. Technologien, die zum Ausbilden der Elektroden **12c**, **12d**, **13f** ein möglichst planares Substrat voraussetzen, sind insbesondere das Beschichten mit Lacken und Resisten durch Schleuderbeschichtung sowie Laminieren, Fotolithografie, Siebdruck oder das

Aufrakeln von Schichten. Werden die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** jedoch zum Beispiel mittels Projektionslithografie, Sprühbeschichtung, Beschichten mittels Dispenser oder durch direktes Laserbearbeiten ausgebildet, so kann der Rahmen gegebenenfalls auch schon vor dem Aufbringen der Elektroden mit der geschichteten Struktur **1** zusammengefügt werden. Bei dem Rahmen **50** kann es sich zum Beispiel um ein mit einem Klebstoff oder mit einem Thermoplast **20** beschichtetes Metallblech handeln.

[0069] In Fig. 8b umschließt der auf der geschichteten Struktur **1** angeordnete Rahmen **50** die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und die Separatorstrukturen **19c**, **19d** derart, dass er einen nach oben offenen Raum **21a** zum Aufnehmen eines flüssigen Elektrolyten **22a** bildet, in dem die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und die Separatorstrukturen **19c**, **19d** angeordnet sind.

[0070] In den Fig. 8b bis Fig. 8e ist der von dem Rahmen **50** gebildete Raum **21a** mit dem als Ionenleiter dienenden Flüssigelektrolyten **22a** gefüllt. Der Rahmen **50** verhindert das seitliche Abfließen des Flüssigelektrolyten **22a**. Durch das wenigstens teilweise Befüllen des Raumes **21a** mit dem Flüssigelektrolyten **22a** werden die ebenfalls im Raum **21a** angeordneten Separatorstrukturen **19c**, **19d** mit dem Flüssigelektrolyten **22a** getränkt.

[0071] Die Fig. 8c und Fig. 8d zeigen das Verschließen des durch den Rahmen **50** gebildeten und nach oben offenen Raumes **21a** mittels eines Deckels **23**. Der Deckel **23** wird zum Verschließen des Raumes **21a** am von der geschichteten Struktur **1** abgewandten oberen Ende des Rahmens **50** auf dem Rahmen **50** angeordnet und mit diesem zusammengefügt, zum Beispiel durch Kleben, Lötten oder Ultraschallschweißen.

[0072] In Fig. 8d schließen die geschichtete Struktur **1**, der Rahmen **50** und der Deckel **23** den mit dem Flüssigelektrolyten **22a** gefüllten Raum **21a** nach allen Seiten hin vollständig ab, so dass der Flüssigelektrolyt **22a** nicht aus dem Raum **21a** entweichen kann. Die Anordnung gemäß Fig. 8d stellt eine erfindungsgemäße Mikrobatterie **300** dar. Fig. 8e zeigt die Mikrobatterie **300** aus Fig. 8d, die zusätzlich eine Barrierschicht **24** aufweist, mit der der Rahmens **50** und der Deckels **23** versiegelt sind. Die Barrierschicht **24** verhindert zusätzlich das Austreten des flüssigen Elektrolyten **22a** aus dem Raum **21a**. Die Barrierschicht **24** kann elektrisch leitend sein, so dass sie über die zweite Metallschicht **3** die zweite Elektrode **13f** kontaktiert und so als Stromableiter für die zweite Elektrode **13f** dienen kann.

[0073] Die Fig. 9a bis Fig. 9c zeigen das Ausbilden eines Raumes **21b** zum Aufnehmen eines Flüssigelektrolyten **22b**, das Befüllen des Raumes **21b** mit dem Flüssigelektrolyten **22b** sowie das Abschlie-

ßen des Raumes **21b** gegenüber der Umgebung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Ausgangspunkt ist wiederum die Anordnung gemäß Fig. 7d, bei der die Separatorstrukturen **19c**, **19d** ionisch leitfähig sind. Die Anordnung gemäß den Fig. 9a bis Fig. 9c unterscheidet sich von der Anordnung gemäß Fig. 8d dadurch, der Raum **21b** durch einen einteiligen Gehäuseverschluss **18b** gebildet wird, der zum Befüllen des Raumes **21b** mit dem Flüssigelektrolyten **22b** eine Öffnung **24b** aufweist, die mit einem Verschlusselement **25b** verschließbar ist. In Fig. 9a wird der Gehäuseverschluss **18b** wie in Fig. 8d gezeigt an der Oberseite **1a** mit der geschichteten Struktur **1** zusammengefügt. Fig. 9b zeigt dieselbe Anordnung nach dem Befüllen des Raumes **21b** mit dem Flüssigelektrolyten **22b** durch die Öffnung **24b**. Fig. 9c schließlich zeigt die Anordnung aus Fig. 9b, nachdem die Öffnung **24b** im Deckel **23** mit dem Verschlusselement **25b** verschlossen worden ist, so dass der Flüssigelektrolyt **22b** im Raum **21b** eingeschlossen ist und nicht aus dem Raum **21b** entweichen kann. Die Anordnung gemäß Fig. 9c stellt eine erfindungsgemäße Mikrobatterie **400** dar.

[0074] Fig. 10a bis Fig. 10d zeigen ausgehend von der Anordnung gemäß Fig. 7d das Ausbilden eines gelartigen Ionenleiters, der durch einen gelifizierenden Flüssigelektrolyten **22c** gebildet wird. In den Fig. 10a und Fig. 10b wird zur Ausbildung eines Raumes **21c** zum Aufnehmen des gelifizierenden Flüssigelektrolyten **22c** zunächst ein temporärer Gehäuseverschluss **18c** auf der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** angeordnet. An seiner Unterseite weist der temporäre Gehäuseverschluss **18c** elastische Dichtungen **26** auf. Wenn der Verschluss **18c** an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** auf die geschichtete Struktur **1** aufgesetzt wird, schließen der Verschluss **18c** mit den elastischen Dichtungen **26** und die geschichtete Struktur **1** den Raum **21c** vollständig ein. In dem Raum **21c** sind dann auch die Elektroden **12c**, **12d**, **13f** und die Separatorstrukturen **19c**, **19d** angeordnet.

[0075] Durch eine Öffnung **24c** an der Oberseite des Verschlusses **18c** wird der Raum **21c** mit dem gelifizierenden Flüssigelektrolyten **22c** befüllt (Fig. 10b). Die elastischen Dichtungen **26** verhindern dabei das Abfließen des gelifizierenden Elektrolyten **22c** aus dem Raum **21c**. Sobald der Flüssigelektrolyt **22c** gelifiziert ist, wird der Verschluss **18c** entfernt, wie in Fig. 10c dargestellt. Der nun gelifizierte Elektrolyt **22c** bildet einen schichtartigen Ionenleiter, der die Separatorstrukturen **19c**, **19d** kontaktiert. Der schichtartige Ionenleiter **22c** ist parallel zu den Schichten der geschichteten Struktur **1** angeordnet.

[0076] Fig. 10d zeigt einen an der Oberseite **1a** der geschichteten Struktur **1** angeordneten und mit dieser zusammengefügt Gehäuseverschluss **18d**. Die geschichtete Struk-

tur **1** und der Verschluss **18d** schließen einen Raum **22d** ein, in dem die Elektroden **12c**, **12d**, **13f**, die Separatorstrukturen **19c**, **19d** und der aus dem gelieferten Elektrolyten **22c** gebildete Ionenleiter angeordnet sind. Der Verschluss **18d** ist aus demselben Metall gebildet wie die zweite Metallschicht **3**. Der Verschluss **18d** und die zweite Metallschicht **3** können elektrisch verbunden sein, so dass der Verschluss **18d** als Stromableiter für die zweite Elektrode **13f** dienen kann. Die Anordnung gemäß **Fig. 10d** stellt eine erfindungsgemäße Mikrobatterie **500** dar.

[0077] **Fig. 11a** und **Fig. 11b** zeigen jeweils eine Aufsicht auf die als Stromableiter dienenden strukturierten Metallschichten **2** (schwarz), **3** (schraffiert) und auf die zwischen den Segmenten der Metallschichten **2**, **3** angeordneten Separatorstrukturen (weiß), die z. B. aus der strukturierten weiteren Isolatorschicht **9** gemäß **Fig. 3b** gebildet sind. Die Blickrichtung in den **Fig. 11a** und **Fig. 11b** ist die negative Z-Richtung **40**. In **Fig. 11a** sind die einzelnen Segmente der Metallschichten **2**, **3** schachbrettartig angeordnet. In der Aufsicht der **Fig. 11b** sind die einzelnen Segmente der Metallschichten **2**, **3** in Streifen angeordnet. Die in den **Fig. 11a** und **Fig. 11b** gezeigten strukturierten Stromableiter gehören jeweils zu derselben Batteriezelle. Die den Stromableiter der ersten Elektroden bildenden Segmente der ersten Metallschicht **2** sind in den Anordnungen gemäß den **Fig. 11a** und **Fig. 11b** elektrisch miteinander verbunden und befinden sich auf demselben elektrischen Potential. Ebenso sind die den Stromableiter der zweiten Elektroden bildenden Segmente der zweiten Metallschicht **3** in den Anordnungen gemäß den **Fig. 11a** und **Fig. 11b** unterhalb der durch die strukturierte weitere Isolatorschicht **9** gebildeten Separatorstrukturen elektrisch miteinander verbunden und befinden sich auf demselben elektrischen Potential.

[0078] **Fig. 12a** und **Fig. 12b** zeigen wiederum in einer Aufsicht (Blickrichtung: negative Z-Richtung **40**) die strukturierten Metallschichten **2** (schwarz) und **3** (schraffiert) und die durch die weitere Isolatorschicht **9** gebildeten Separatorstrukturen in der schachbrettartigen Anordnung nach **Fig. 11a**, die in Gehäusen **18e** und **18f** unterschiedlicher Geometrien angeordnet und jeweils an diese Gehäusegeometrien angepasst sind.

[0079] **Fig. 12a** zeigt ein rundes Gehäuse **18e** mit einer zentralen runden Aussparung **28a**. Das runde Gehäuse **18e** und die zentrale runde Aussparung **28** sind bezüglich eines gemeinsamen Mittelpunktes **29** konzentrisch angeordnet. Stromanschlüsse **30** und **31** sind durch das versiegelte Gehäuse **18e** nach außen geführt und dienen der elektrischen Kontaktierung der Metallschichten **2** und **3**.

[0080] Das Gehäuse **18f** aus **Fig. 12b** unterscheidet sich von dem Gehäuse **18e** aus **Fig. 12a** da-

durch, dass das Gehäuse **18f** zusätzlich zu der zentralen Aussparung **28a** eine weitere Aussparung **28b** in Form eines zusammenhängenden Kreissegments **28b** aufweist, das hier einen Winkel von 90° umfasst. Im Bereich der Aussparung **28b** ist zum Beispiel eine Vielzahl von elektronischen Komponenten **32** angeordnet.

[0081] **Fig. 13a** und **Fig. 13b** zeigen weitere Ausführungsformen der in **Fig. 2b** gezeigten geschichteten Struktur **1** nach erfolgter Strukturierung der zweiten Metallschicht **3** und der Isolatorschicht **4** zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs **2c** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** und zum Ausbilden der zweiten Elektrodenkontaktbereiche **3e** und **3f** der zweiten Metallschicht **3**, die hier nicht an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3**, sondern im Inneren der zweiten Metallschicht **3** angeordnet sind. Zum Herstellen einer Mikrobatterie mit besonders hoher mechanischer Stabilität, weist jeweils wenigstens eine der Metallschichten **2**, **3** eine Dicke von 0,1 mm bis 0,5 mm auf. Die Dicken der beiden Metallschichten können sich also z. B. um einen Faktor von wenigstens oder bis zu 5, von wenigstens oder bis zu 10 oder von wenigstens oder bis zu 50 unterscheiden.

[0082] In **Fig. 13a** ist die erste Metallschicht **2** eine Aluminiumfolie mit einer Dicke **5** von 5–15 µm. Die zweite Metallschicht **3** ist eine Kupferfolie mit einer Dicke **6** von 100–500 µm. Die erste Metallschicht **2** wurde zur Ausbildung der geschichteten Struktur **1** auf die dickere zweite Metallschicht **3** laminiert. Zum Strukturieren der geschichteten Struktur ist es vorteilhaft, diese auf ein Trägersubstrat aufzubringen (hier nicht gezeigt). Die Anordnung gemäß **Fig. 13b** unterscheidet sich von der Anordnung gemäß **Fig. 13a** dadurch, dass die erste Metallschicht **2** hier eine Dicke **5** von 0,5–1,0 mm hat.

[0083] Zum Strukturieren der geschichteten Struktur **1** gemäß den **Fig. 13a** und **Fig. 13b** wird zunächst durch Fräsen oder durch Laserabtrag an der Oberseite **3a** der zweiten Metallschicht **3** eine großflächige Vertiefung **61** eingebracht, die dem Aufnehmen eines Elektrolyten zur Ausbildung eines Ionenleiters dient. Zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs **2c** an der Oberseite **2a** der ersten Metallschicht **2** wird sodann in den Boden der Vertiefung **60** eine Öffnung oder ein Kanal **61** in die zweite Metallschicht **3** eingebracht, in dem später die erste Elektrode auf die erste Metallschicht **2** aufgebracht wird. Ebenso werden in den Boden der Vertiefung **60** Öffnungen oder Kanäle **62** zum Aufnehmen der zweiten Elektroden eingebracht. Der Boden der Öffnungen oder Kanäle **62** bildet die zweiten Elektrodenkontaktbereiche der zweiten Metallschicht **3**. Die Kanäle **61** und **62** können ebenfalls mittels Fräsen oder Laserabtrag gebildet werden. Das Ausbilden der Elektroden, der Separatorstrukturen und des Ionenleiters können wie zuvor beschrieben durchgeführt werden.

[0084] Fig. 14a und Fig. 14b zeigen die geschichtete Struktur **1**, die an ihrer Oberseite mit einem Kunststoffsubstrat **70** zusammengefügt ist. Die Dicke **5** der ersten Metallschicht **2** und die Dicke **6** der zweiten Metallschicht **3** betragen z. B. jeweils weniger als 50 μm oder weniger als 20 μm . Bei der ersten Metallschicht **2** handelt es sich um eine Aluminiumfolie, bei der zweiten Metallschicht **3** um eine Kupferfolie. Eine Dicke **75** des Kunststoffsubstrats beträgt z. B. wenigstens 0,1 mm oder wenigstens 0,2 mm. In das Kunststoffsubstrat können besonders einfach schmale Kanäle mit einem hohen Aspektverhältnis eingebracht werden, in denen dann zum Kontaktieren der ersten Metallschicht **2** und der zweiten Metallschicht **3** die ersten und die zweiten Elektroden aufgebracht oder abgeschieden werden.

[0085] Die Anordnungen gemäß den Fig. 14a und Fig. 14b unterscheiden sich nur durch die Art des Zusammenfügens der geschichteten Struktur **1** mit dem Kunststoffsubstrat **70**. In Fig. 14a sind beide durch eine Klebeschicht **71** an der Oberseite der geschichteten Struktur verbunden. In Fig. 14b sind die geschichtete Struktur **1** und das Kunststoffsubstrat **70** ohne eine solche Klebeschicht direkt miteinander verbunden. Dies ist z. B. dann möglich, wenn das Kunststoffsubstrat **70** zum Zusammenfügen mit der geschichteten Struktur **1** mit einem Lösungsmittel angelöst oder aufgeschmolzen werden kann.

[0086] Nach dem Zusammenfügen des Kunststoffsubstrats **70** mit der geschichteten Struktur **1** wird zunächst eine großflächige Vertiefung **72** an der von der geschichteten Struktur **1** abgewandten Oberseite des Kunststoffsubstrats **70** in das Kunststoffsubstrat **70** eingebracht, vorzugsweise durch Druckgießen, Prägen, Fräsen oder durch Laserbearbeitung. Analog der Vertiefung **60** in den Fig. 13a und Fig. 13b kann die Vertiefung **72** dem Aufnehmen eines Elektrolyten zur Ausbildung eines Ionenleiters der Mikrobatterie dienen. Anschließend werden in den Boden der Vertiefung **72** Kanäle **73** und **74** zum Aufnehmen der ersten und zweiten Elektroden in das Substrat **70** eingebracht, und zwar zunächst bis zur zweiten Metallschicht **3** aus Kupfer. Das Strukturieren des Kunststoffsubstrats **70** kann beispielsweise durch Laserstrukturierung erfolgen. Im Bereich des Kanals **73** wird die kupferne zweite Metallschicht **3** dann mittels Nassätzen entfernt. Die Isolatorschicht **4** kann zur Ausbildung des Kanals **73** durch Laserbearbeitung oder durch Plasmaätzen entfernt werden. Alternativ können die Kanäle **73** und **74** auch durch Mikrofräsen hergestellt werden. Das Ausbilden der Elektroden, der Separatorstrukturen und des Ionenleiters können danach wie oben beschrieben durchgeführt werden.

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

- WO 2009/106365 A1 [0004]
- US 2006/0154141 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Mikrobatterie (**100; 200; 300; 400; 500**), umfassend die Schritte:

- Bilden einer geschichteten Struktur (**1**) mit einer ersten Metallschicht (**2**) zur Ausbildung eines ersten Stromableiters, mit einer zweiten Metallschicht (**3**) zur Ausbildung eines zweiten Stromableiters und mit einer zwischen der ersten Metallschicht (**2**) und der zweiten Metallschicht (**3**) angeordneten Isolatorschicht (**4**), so dass die Isolatorschicht (**4**) die erste Metallschicht (**2**) elektrisch von der zweiten Metallschicht (**3**) isoliert;

- bereichsweises Strukturieren der zweiten Metallschicht (**3**) und/oder der Isolatorschicht (**4**) zum Freilegen wenigstens eines ersten Elektrodenkontaktbereichs (**2c, 2d**) der ersten Metallschicht (**2**) an einer der Isolatorschicht (**4**) zugewandten Oberseite (**2a**) der ersten Metallschicht (**2**);

- Ausbilden einer ersten Elektrode (**12c, 12d**) derart, dass die erste Elektrode (**12c, 12d**) die erste Metallschicht (**2**) im freigelegten ersten Elektrodenkontaktbereich (**2c, 2d**) elektrisch kontaktiert und dass die erste Elektrode (**12c, 12d**) durch die Isolatorschicht (**4**) und die zweite Metallschicht (**3**) hindurchgreift und über eine von der Isolatorschicht (**4**) abgewandte Oberseite (**3a**) der zweiten Metallschicht (**3**) hinaus ragt;

- Ausbilden einer Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) derart, dass die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) die erste Elektrode (**12c, 12d**) umschließt oder umwandet und sich von der Oberseite (**2a**) der ersten Metallschicht (**2**) wenigstens bis zur Oberseite (**3a**) der zweiten Metallschicht (**3**) erstreckt, so dass die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) die erste Elektrode (**12c, 12d**) von der zweiten Metallschicht (**3**) isoliert;

- Ausbilden wenigstens einer zweiten Elektrode (**13e, 13f, 13g**) auf der zweiten Metallschicht (**3**), so dass die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) die zweite Metallschicht (**3**) elektrisch kontaktiert;

- Ausbilden eines Ionenleiters (**14; 22a; 22b; 22c**) derart, dass der Ionenleiter (**14; 22a; 22b; 22c**) die erste Elektrode (**12c, 12d**) und die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) kontaktiert, so dass Ionen über den Ionenleiter (**14; 22a; 22b; 22c**) von der ersten Elektrode (**12c, 12d**) zur zweiten Elektrode oder von der zweiten Elektrode (**13e, 13f, 13g**) zur ersten Elektrode (**12c, 12d**) wandern können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das bereichsweise Strukturieren der zweiten Metallschicht (**3**) zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs (**2c, 2d**) der ersten Metallschicht (**2**) mittels Nassätzen, mittels Laserablation oder mittels eines mechanischen Verfahrens, insbesondere Bohren, Fräsen, Schneiden oder Stanzen vorgenommen wird und/oder wobei das bereichsweise Strukturieren der Isolatorschicht (**4**) zum Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs (**2c, 2d**) der ersten Metallschicht (**2**)

mittels Trockenätzen, mittels Laserablation oder mittels eines mechanischen Verfahrens, insbesondere Bohren, Fräsen, Schneiden oder Stanzen vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zweite Metallschicht (**3**) zur Ausbildung der Isolatorschicht (**4**) nur bereichsweise beschichtet wird, vorzugsweise mit einem Klebstoff oder mit einem Thermoplast, und zwar derart, dass der erste Elektrodenkontaktbereich (**2c, 2d**) durch das alleinige Strukturieren der zweiten Metallschicht (**3**) freigelegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die zweite Metallschicht (**3**) zur Ausbildung der Isolatorschicht (**4**) ganzflächig beschichtet wird, so dass die zweite Metallschicht (**3**) und die Isolatorschicht (**4**) einen Verbund bilden, wobei zum Strukturieren der zweiten Metallschicht (**3**) und der Isolatorschicht (**4**) ein Durchgangsloch in den Verbund eingebracht wird und der Verbund mit dem in den Verbund eingebrachten Durchgangsloch zur Ausbildung der geschichteten Struktur (**1**) auf die erste Metallschicht (**2**) laminiert wird, so dass der erste Elektrodenkontaktbereich (**2c, 2d**) an der Oberseite der ersten Metallschicht (**2**) im Bereich des Durchgangsloches freigelegt ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zum Ausbilden der Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) mittels Sprühbelacken, Elektrophorese, Parylene-Plasmapolymerisation, Laminieren oder Siebdrucken eine weitere Isolatorschicht (**9; 10**) aufgebracht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die weitere Isolatorschicht (**9; 10**) wenigstens bereichsweise auf dem ersten Elektrodenkontaktbereich (**2c, 2d**) der ersten Metallschicht (**2**) abgeschieden wird und wobei die weitere Isolatorschicht (**9; 10**) zum wenigstens teilweisen Freilegen des ersten Elektrodenkontaktbereichs (**2c, 2d**) der ersten Metallschicht (**2**) mittels Fotolithographie, mittels Trockenätzen oder mittels Laserablation strukturiert wird und/oder wobei die weitere Isolatorschicht (**9; 10**) wenigstens bereichsweise auf der zweiten Metallschicht (**3**) abgeschieden wird und wobei die weitere Isolatorschicht (**9; 10**) zum Freilegen wenigstens eines zweiten Elektrodenkontaktbereichs (**3e, 3f, 3g**) der zweiten Metallschicht (**3**) an einer Oberseite (**3a**) der zweiten Metallschicht (**3**) mittels Fotolithographie, mittels Trockenätzen oder mittels Laserablation strukturiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Ausbilden der Separatorstruktur (**19c, 19d**) die folgenden Schritte umfasst:

- Abscheiden eines temporären Fotolacks;

- bereichsweises Entfernen des temporären Fotolacks mittels Fotolithographie zum Herstellen einer Aussparung im temporären Fotolack;

– Abscheiden einer ionisch leitfähigen Separatormasse in der Aussparung zur Ausbildung der Separatorstruktur (**19c, 19d**).

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Separatormasse einen Binder mit Keramikpartikeln und/oder mit Partikeln ionisch leitfähiger Gläser enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei die Separatorstruktur (**19c, 19d**) zur Ausbildung des Ionenleiters (**14; 22a; 22b; 22c**) mit einem flüssigen Elektrolyt getränkt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ausbilden der ersten Elektrode (**12c, 12d**) und/oder der zweiten Elektrode (**13e, 13f, 13g**) durch Sputtern, reaktives Bedampfen, Siebdruck, Schablonendruck, Dispensieren oder mittels eines galvanischen Abscheidungsprozesses vorgenommen wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste (**2**) und/oder die zweite Metallschicht (**3**) vor dem Ausbilden der Elektroden zur Verbesserung der elektrischen Kontaktfähigkeit vorbehandelt werden/wird, vorzugsweise mittels Nass- oder Trockenätzen oder durch Aufbringen einer mit Graphit oder mit Rußpartikeln versetzten Polymerschicht.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Ausbildung des Ionenleiters (**14; 22a; 22b; 22c**) ein Polymerionenleiter, ein Festkörperionenleiter, ein gelifizierender Flüssigelektrolyt oder eine mit einem Flüssigelektrolyten tränkbare schwammartige Struktur abgeschieden wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zum Aufnehmen eines Flüssigelektrolyten ein Rahmen (**50; 18b**) auf der zweiten Metallschicht (**3**) angeordnet wird, der ein Abfließen des Flüssigelektrolyten verhindert, wobei der Rahmen mittels Kleben, Lötens oder Ultraschallschweißen an der zweiten Metallschicht (**3**) befestigt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Rahmen (**50; 18b**) mit einem Deckel (**23**) abgeschlossen wird oder wobei der Rahmen und der Deckel einteilig ausgebildet sind und der Flüssigelektrolyt durch eine verschließbare Öffnung (**24b; 24c**) im Deckel eingefüllt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Elektrode (**12c, 12d**), die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) und die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) derart ausgebildet werden, dass sich die erste Elektrode (**12c, 12d**) von der Oberseite (**2a**) der ersten Metallschicht (**2**) bis über die Oberseite (**3a**) der zweiten Metallschicht (**3**) hinaus erstreckt und dass sich die Separatorstruktur

(**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) von der Oberseite (**2a**) der ersten Metallschicht (**2**) wenigstens bis zum von der ersten Metallschicht (**2**) abgewandten oberen Ende der ersten Elektrode (**12c, 12d**) erstreckt, vorzugsweise bis über das obere Ende der ersten Elektrode (**12c, 12d**) hinaus, so dass die erste Elektrode (**12c, 12d**) und die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) entlang parallel zu den Schichten der geschichteten Struktur (**1**) verlaufenden Ebenen durch die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) voneinander getrennt sind.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die geschichtete Struktur (**1**) auf ein Kunststoffsubstrat laminiert wird, das eine größere Dicke hat als die geschichtete Struktur (**1**).

17. Mikrobatterie (**100; 200; 300; 400; 500**), umfassend:

– eine geschichtete Struktur (**1**) mit einer ersten Metallschicht (**2**), die einen ersten Stromableiter bildet, mit einer zweiten Metallschicht (**3**), die einen zweiten Stromableiter bildet, und mit einer zwischen der ersten Metallschicht (**2**) und der zweiten Metallschicht (**3**) angeordneten Isolatorschicht (**4**), die die erste Metallschicht (**2**) elektrisch von der zweiten Metallschicht (**3**) isoliert;

– eine erste Elektrode (**12c, 12d**) und eine zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**);

– eine Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**);

– einen Ionenleiter (**14; 22a; 22b; 22c**), der die erste Elektrode (**12c, 12d**) und die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) kontaktiert, so dass Ionen über den Ionenleiter (**14; 22a; 22b; 22c**) von der ersten Elektrode (**12c, 12d**) zur zweiten Elektrode (**13e, 13f, 13g**) oder von der zweiten Elektrode (**13e, 13f, 13g**) zur ersten Elektrode (**12c, 12d**) wandern können; wobei die erste Elektrode (**12c, 12d**) die erste Metallschicht (**2**) an einer der Isolatorschicht (**4**) zugewandten Oberseite der ersten Metallschicht (**2**) elektrisch kontaktiert und wobei die erste Elektrode (**12c, 12d**) durch die Isolatorschicht (**4**) und die zweite Metallschicht (**3**) hindurchgreift und über eine von der Isolatorschicht (**4**) abgewandte Oberseite der zweiten Metallschicht (**3**) hinaus ragt;

wobei die zweite Elektrode (**13e, 13f, 13g**) die zweite Metallschicht (**3**) kontaktiert; und

wobei die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) die erste Elektrode (**12c, 12d**) umschließt oder umwandet und sich von der Oberseite (**2a**) der ersten Metallschicht (**2**) wenigstens bis zur Oberseite (**3a**) der zweiten Metallschicht (**3**) erstreckt, so dass die Separatorstruktur (**9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d**) die erste Elektrode (**12c, 12d**) elektrisch von der zweiten Metallschicht (**3**) isoliert.

18. Mikrobatterie (**100; 200; 300; 400; 500**) nach Anspruch 17, wobei die erste Metallschicht (**2**) zur Ausbildung und/oder zur Kontaktierung des Pluspols der Mikrobatterie (**100; 200; 300; 400; 500**) aus

Aluminium gebildet ist und wobei die zweite Metallschicht (3) zur Ausbildung und/oder zur Kontaktierung des Minuspols der Batterie aus Kupfer gebildet ist.

19. Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500) nach einem der Ansprüche 17 oder 18, wobei die zwischen der ersten Metallschicht (2) und der zweiten Metallschicht (3) angeordnete Isolatorschicht (4) eines der folgenden Materialien umfasst: Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , ein Parylen, ein Polyolefin, insbesondere Polyethylen, Polypropylen oder Cast Polypropylen (CPP).

20. Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500) nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei eine Dicke der geschichteten Struktur (1) weniger als 1 mm, vorzugsweise weniger als 0,6 mm, besonders vorzugsweise weniger als 0,2 mm beträgt.

21. Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500) nach einem der Ansprüche 17 bis 20 mit jeweils mehreren ersten und zweiten Elektroden (13e, 13f, 13g) der genannten Art, wobei die ersten und die zweiten Elektroden (13e, 13f, 13g) in Streifen oder schachbrettartig angeordnet sind.

22. Mikrobatterie (100; 200; 300; 400; 500) nach einem der Ansprüche 17 bis 21, wobei sich die Separatorstruktur (9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d) wenigstens bis zum von der ersten Metallschicht (2) abgewandten oberen Ende der ersten Elektrode (12c, 12d) erstreckt, so dass die erste Elektrode (12c, 12d) und die zweite Elektrode (13e, 13f, 13g) entlang parallel zu den Schichten der geschichteten Struktur (1) verlaufenden Ebenen durch die Separatorstruktur (9c, 9d; 10c, 10d; 19c, 19d) voneinander getrennt sind.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

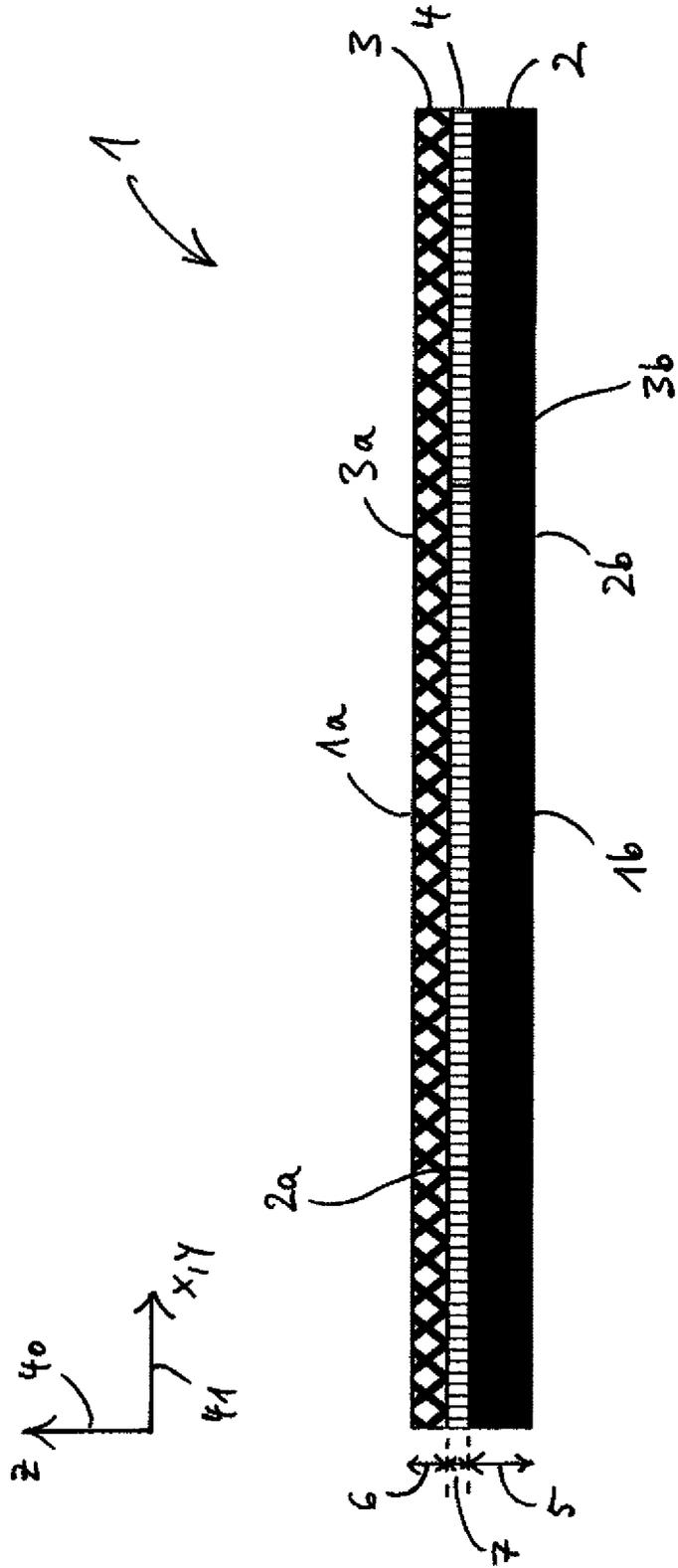
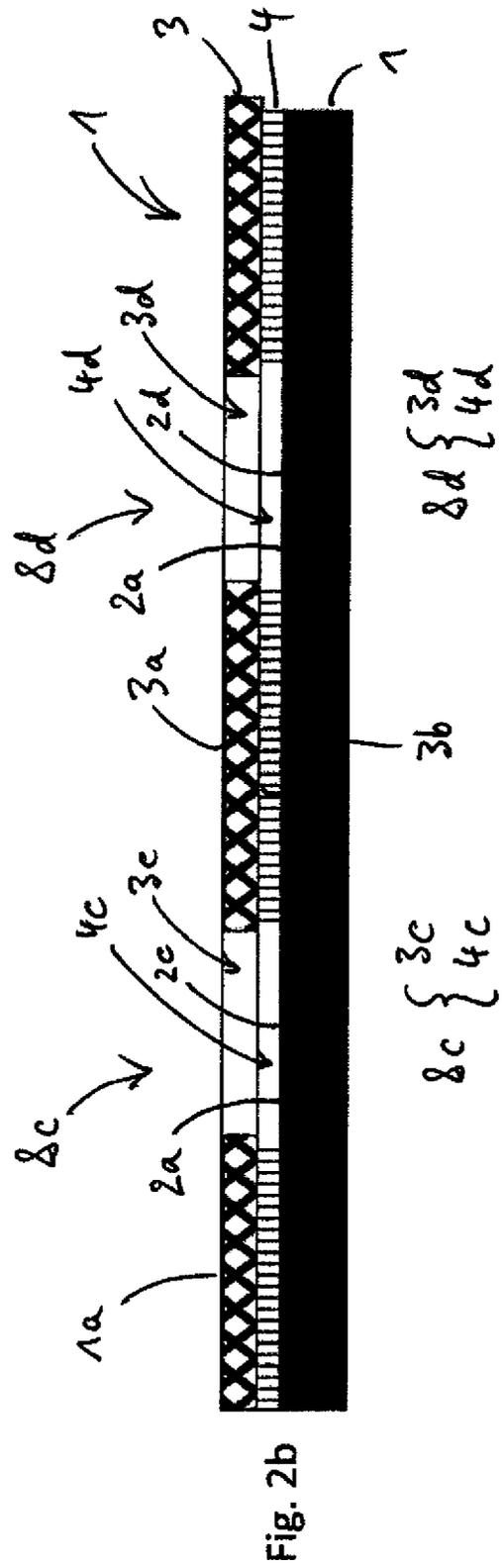
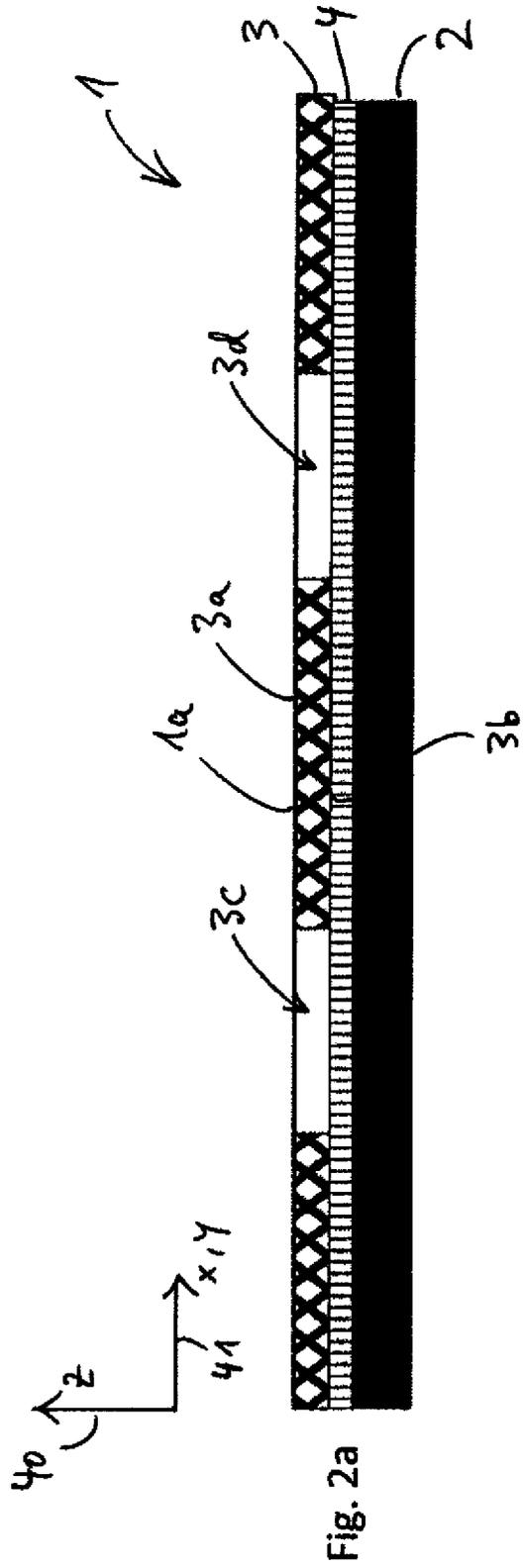


Fig. 1



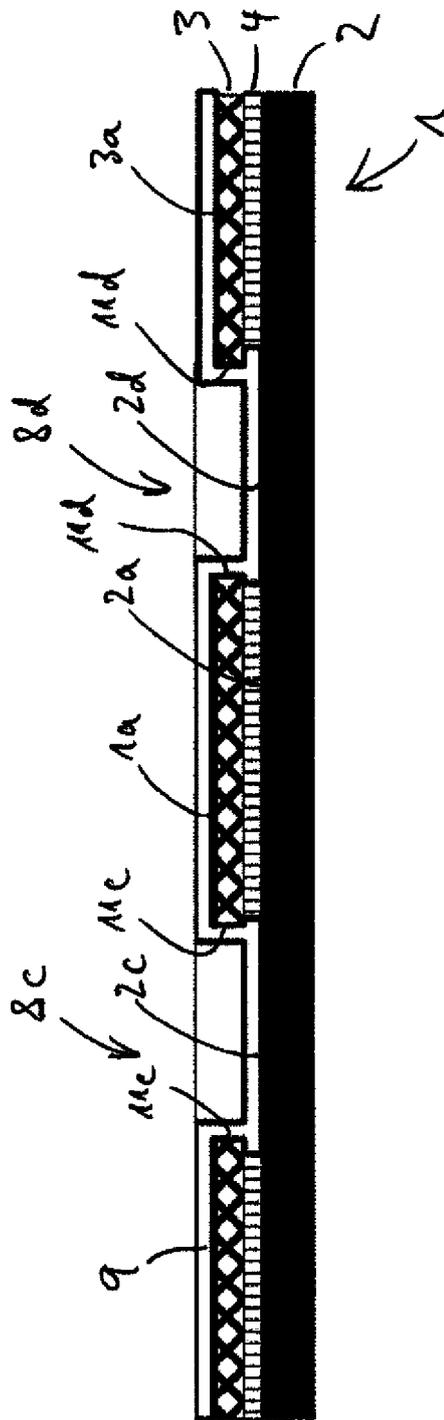


Fig. 3a

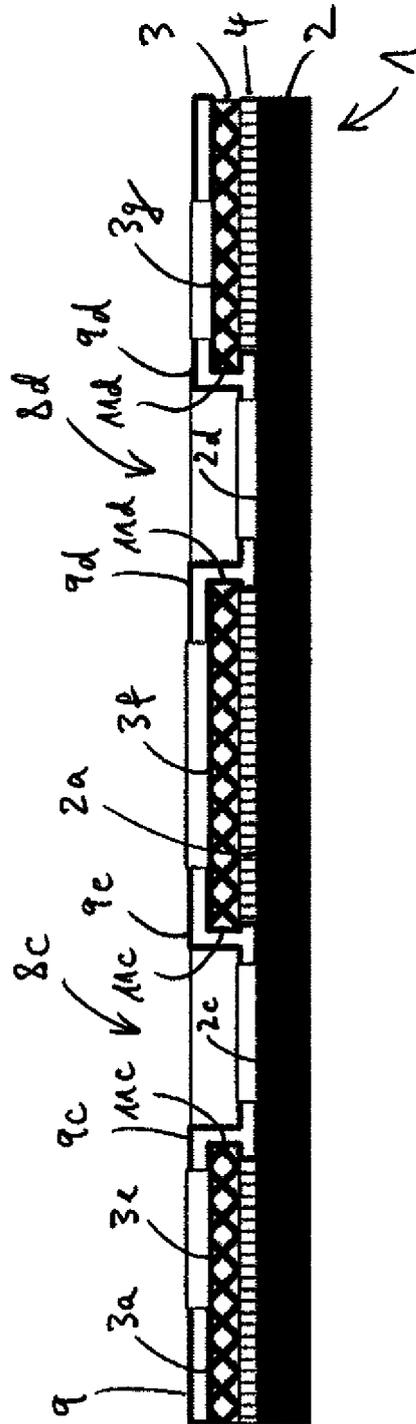


Fig. 3b

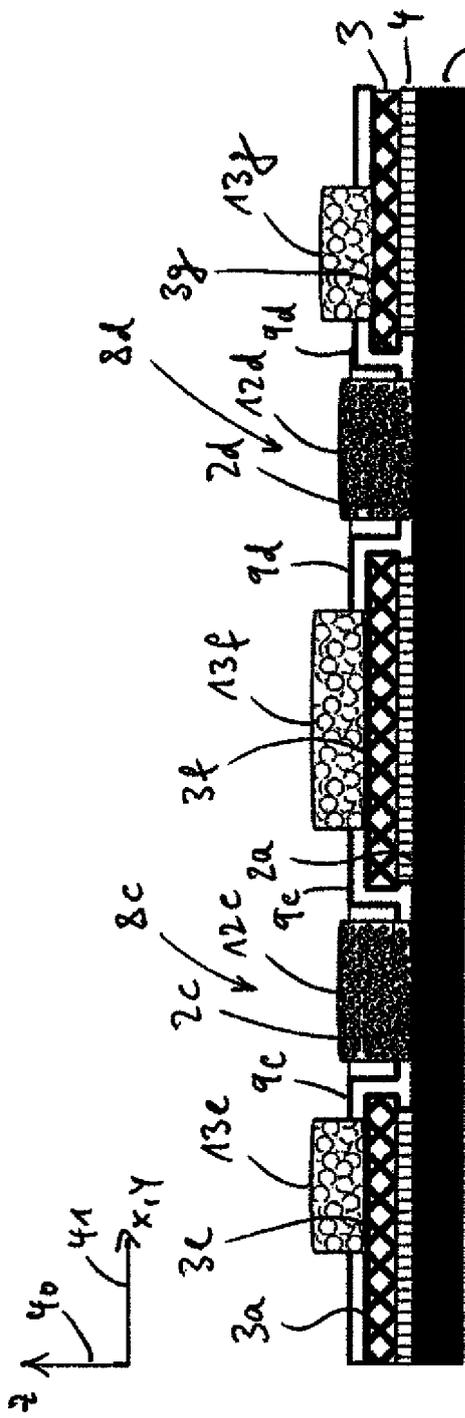


Fig. 4a

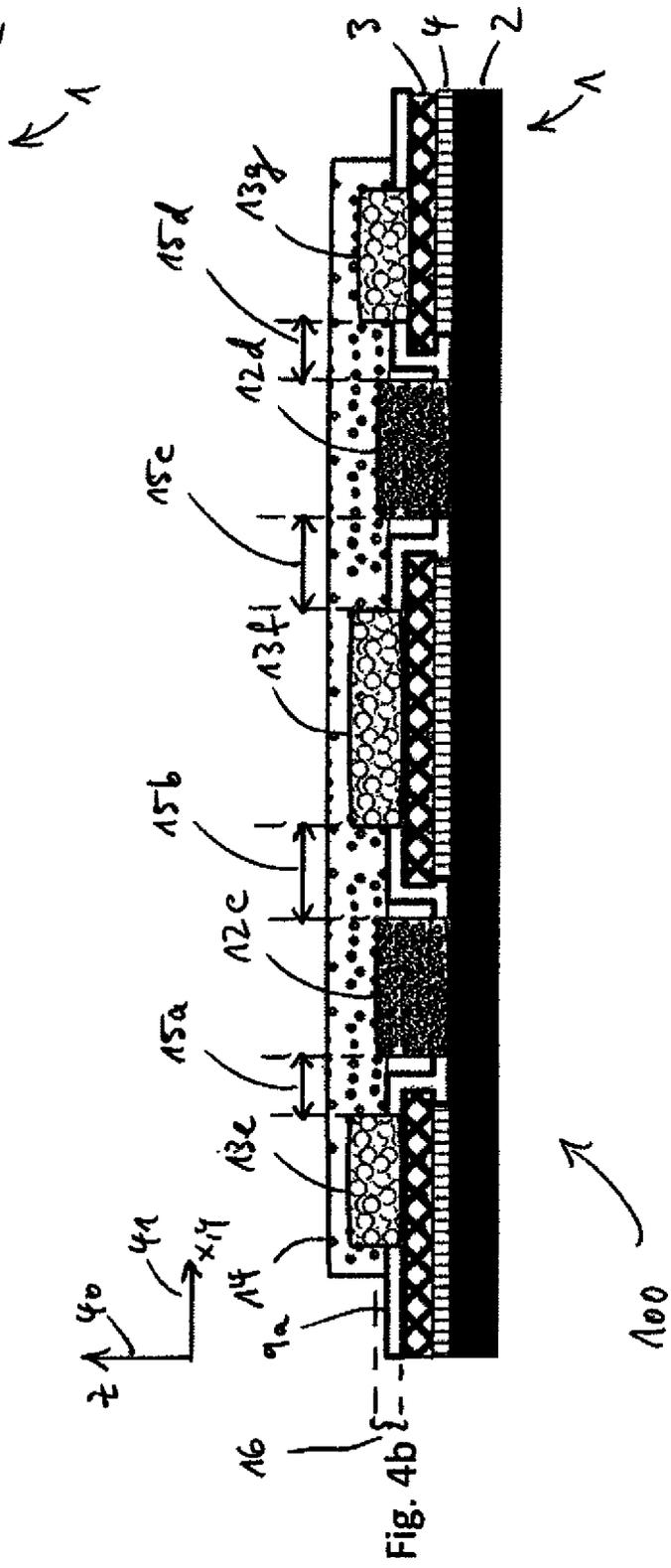


Fig. 4b

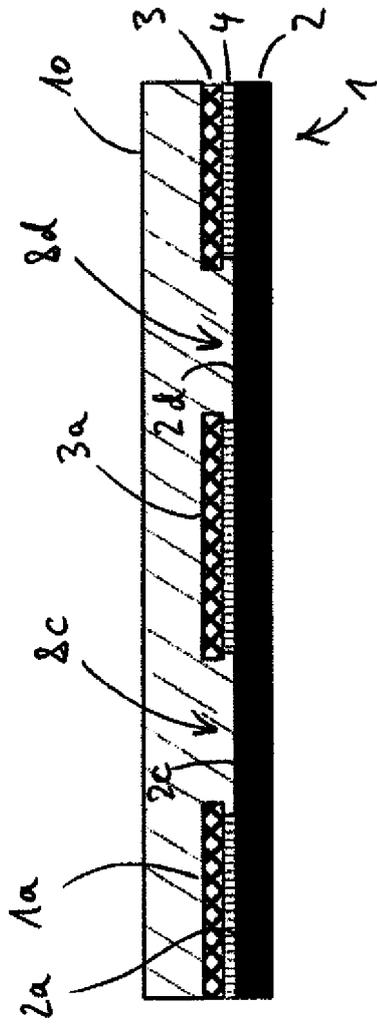


Fig. 5a

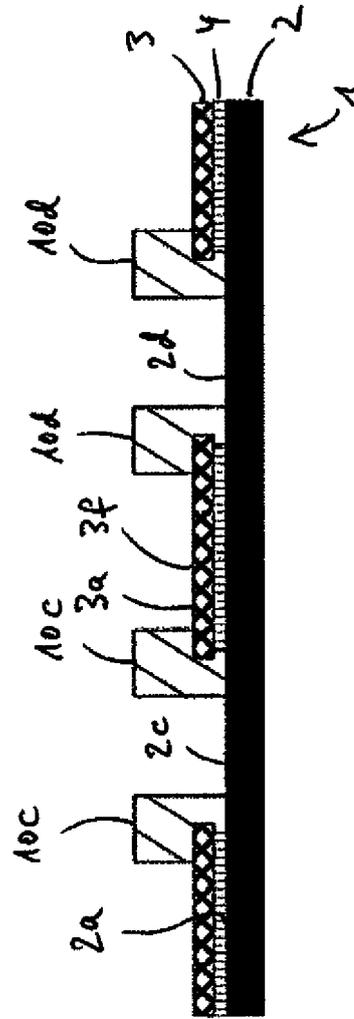


Fig. 5b

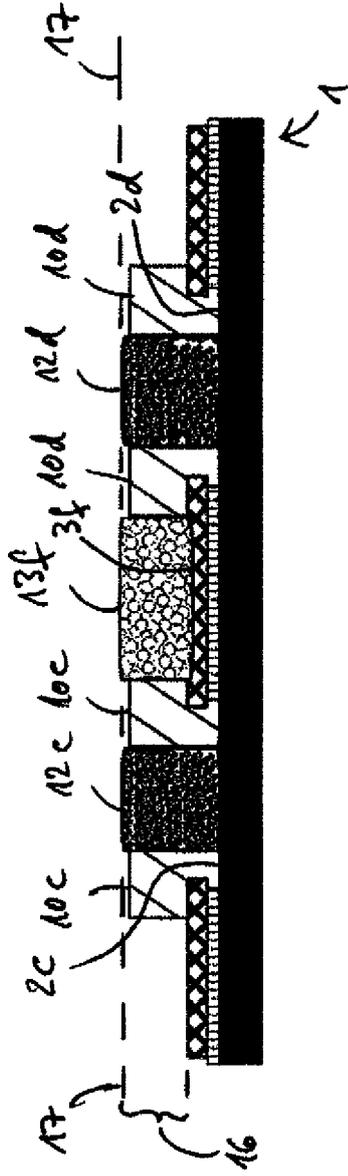


Fig. 6a

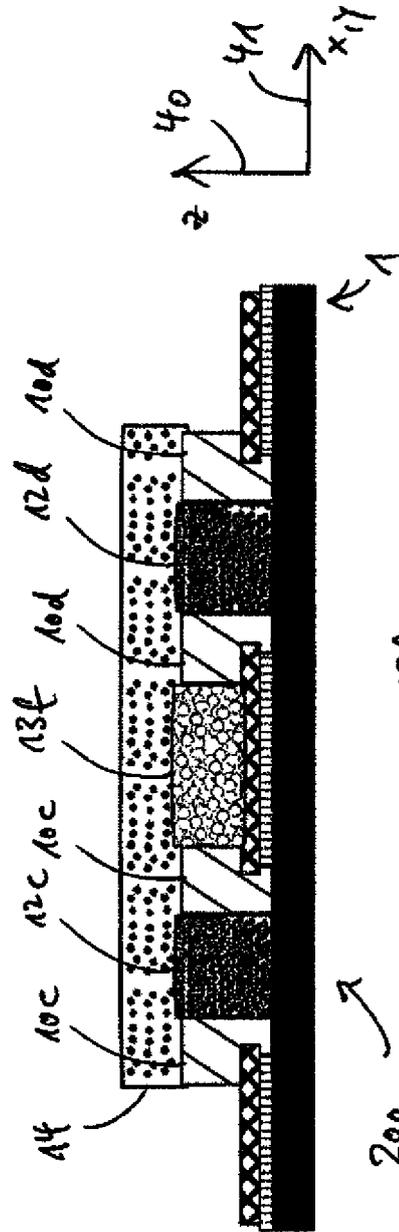


Fig. 6b

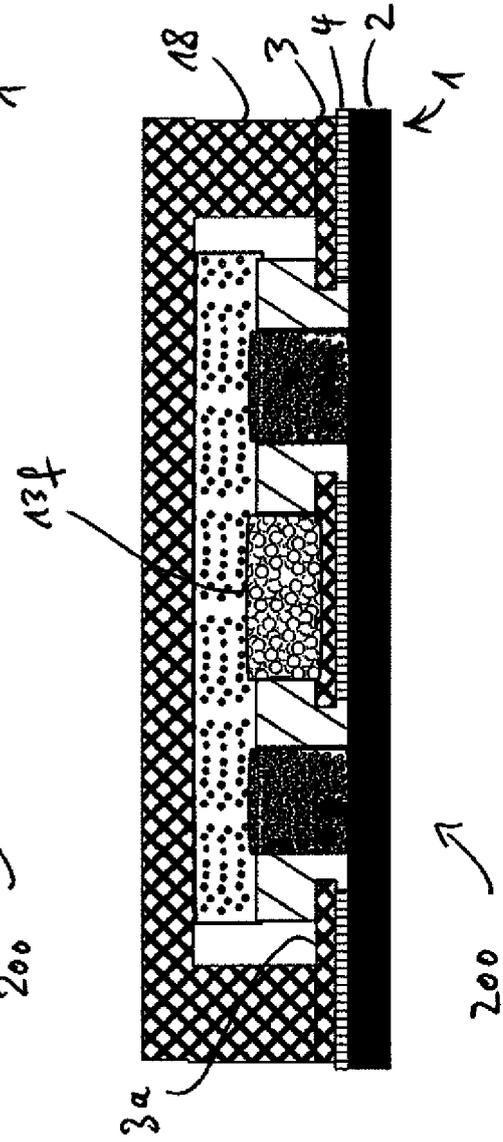


Fig. 6c

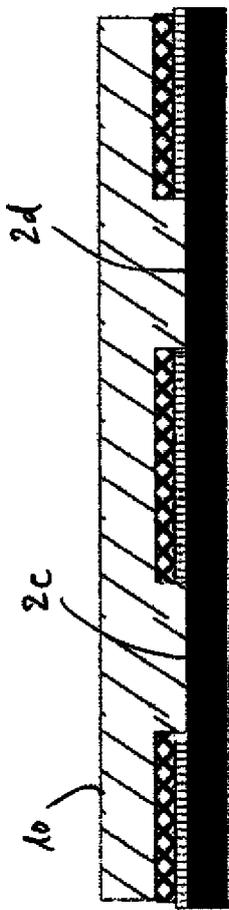


Fig. 7a

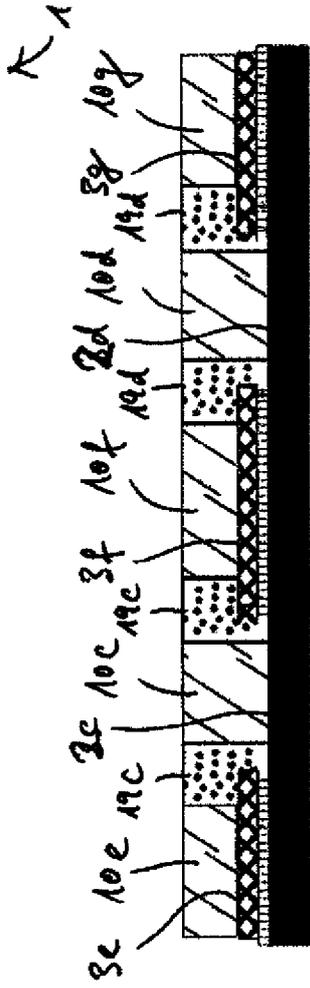


Fig. 7b

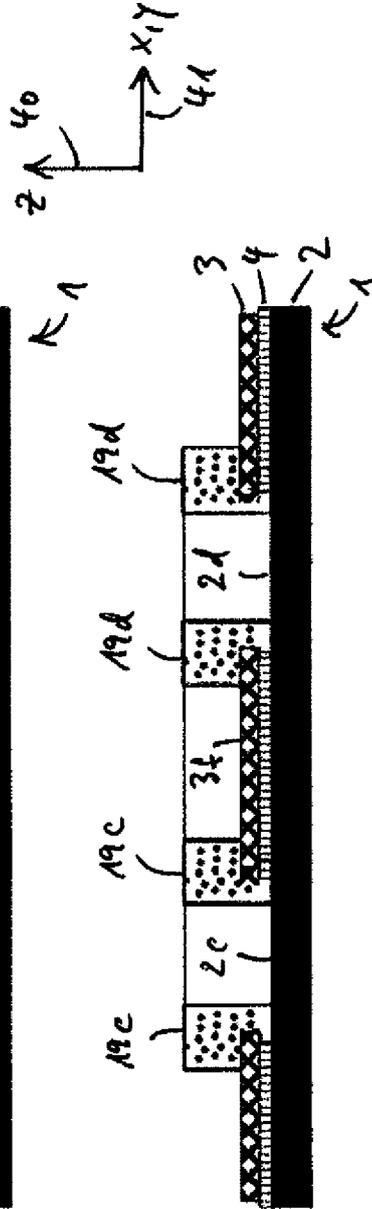


Fig. 7c

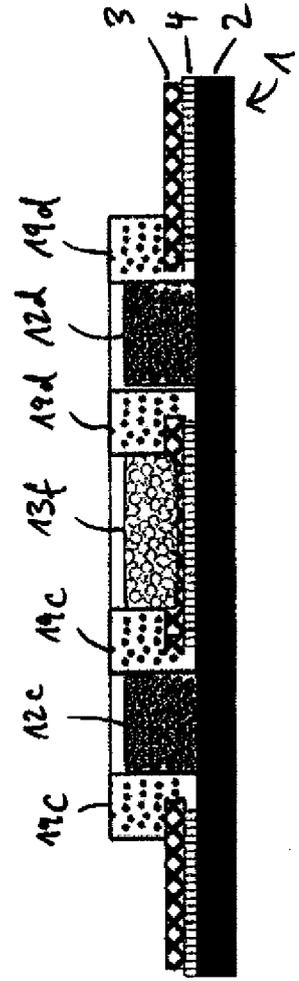


Fig. 7d

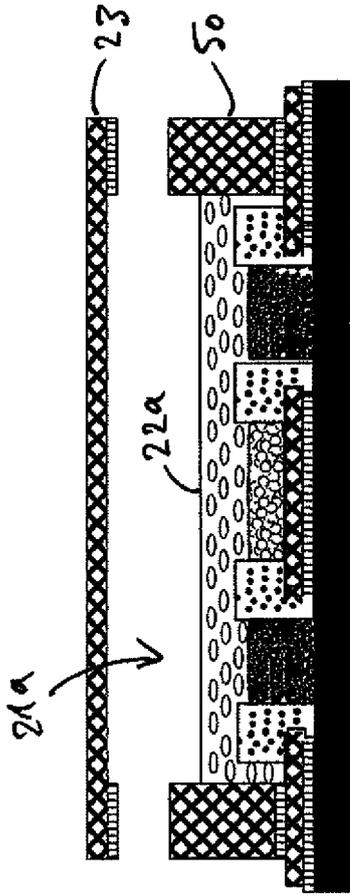


Fig. 8c

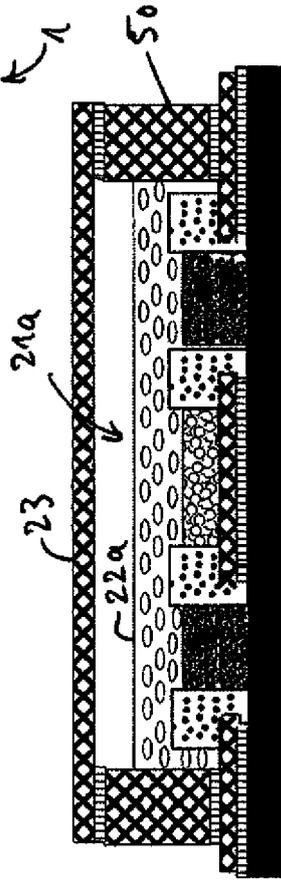


Fig. 8d

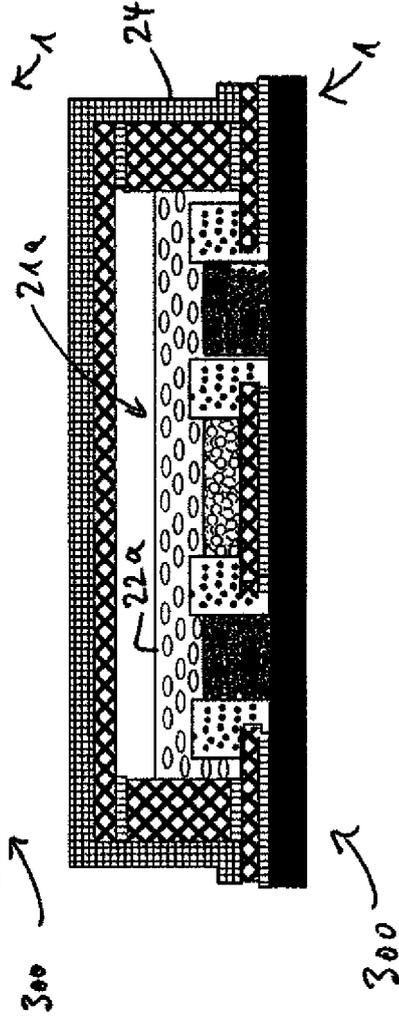


Fig. 8e

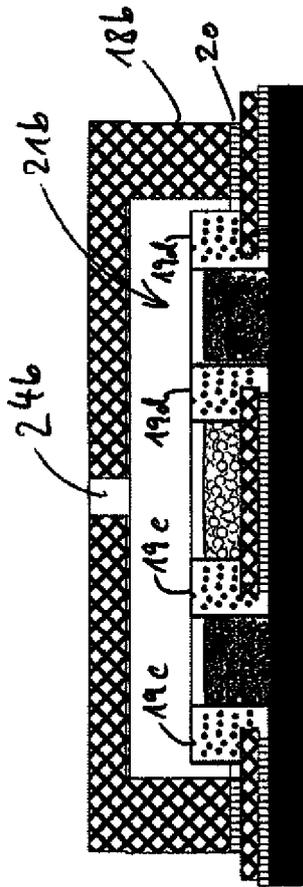


Fig. 9a

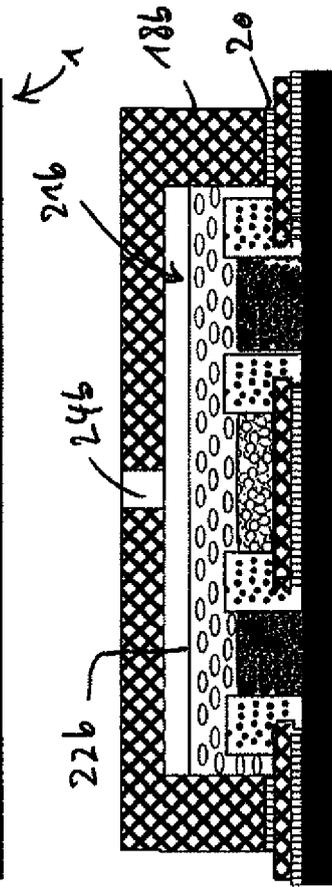


Fig. 9b

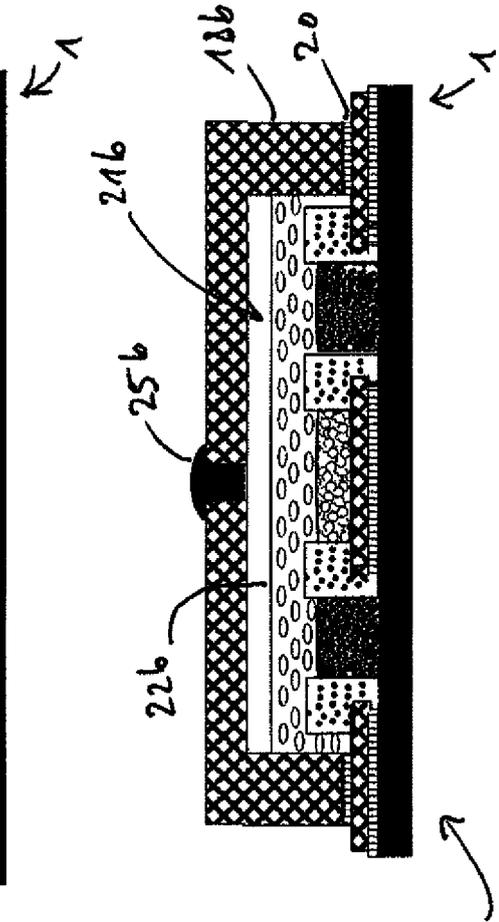


Fig. 9c

400 ↗

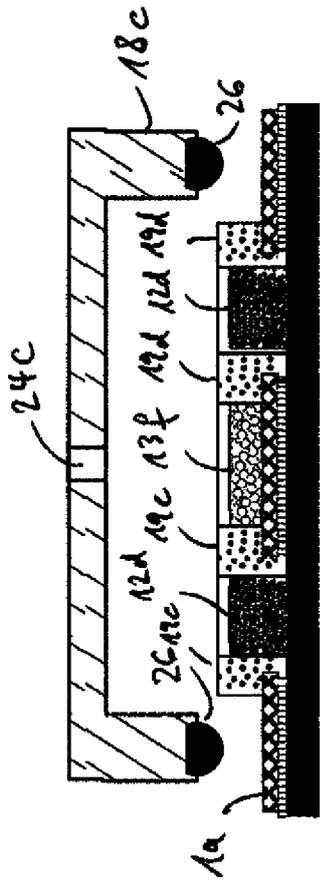


Fig. 10a

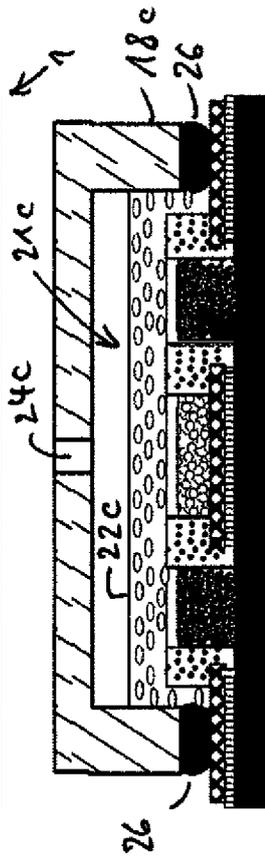


Fig. 10b

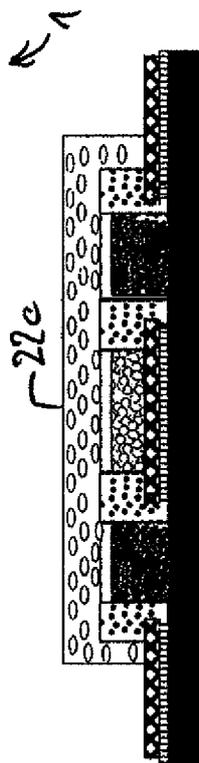


Fig. 10c

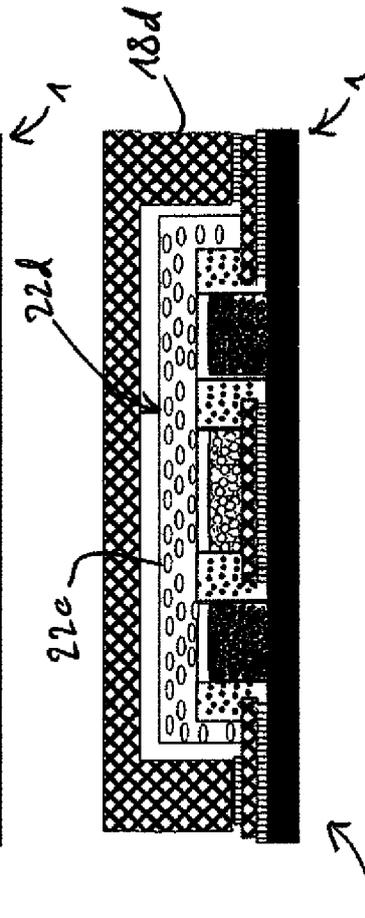


Fig. 10d

500

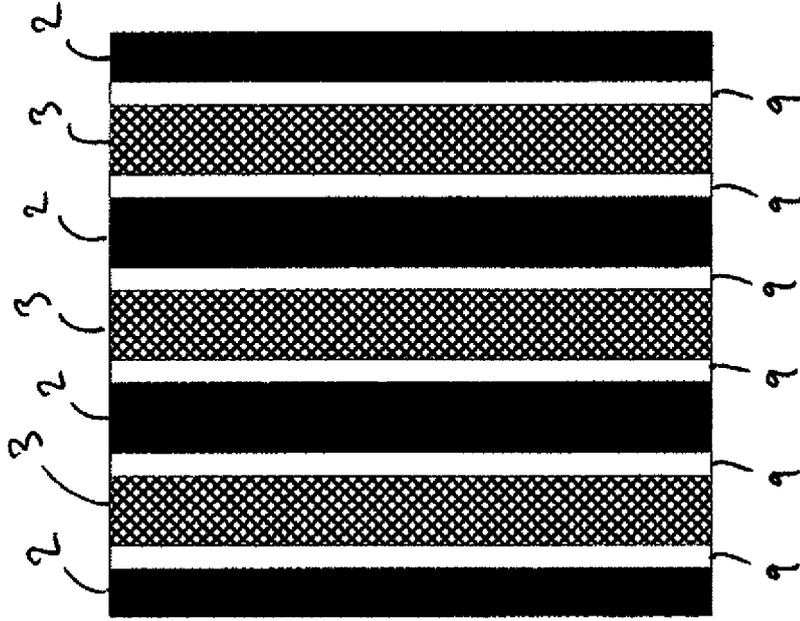


Fig. 11b

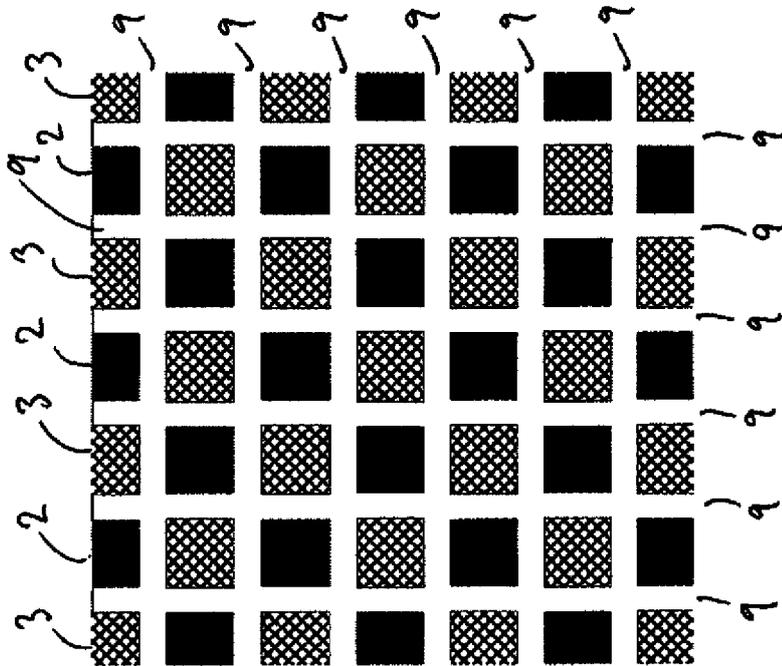


Fig. 11a

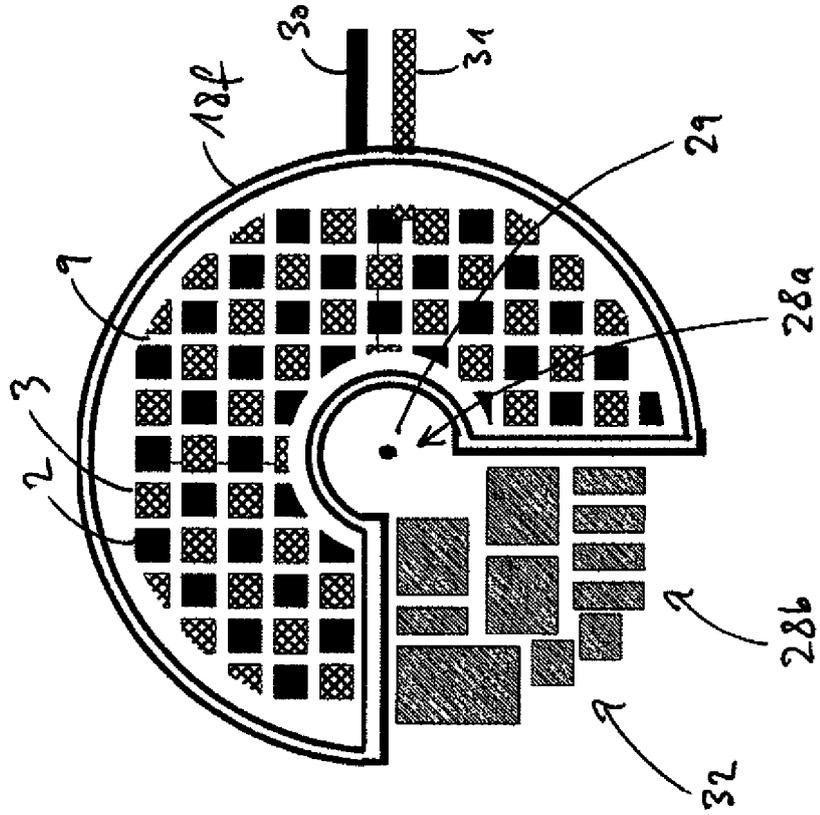


Fig. 12b

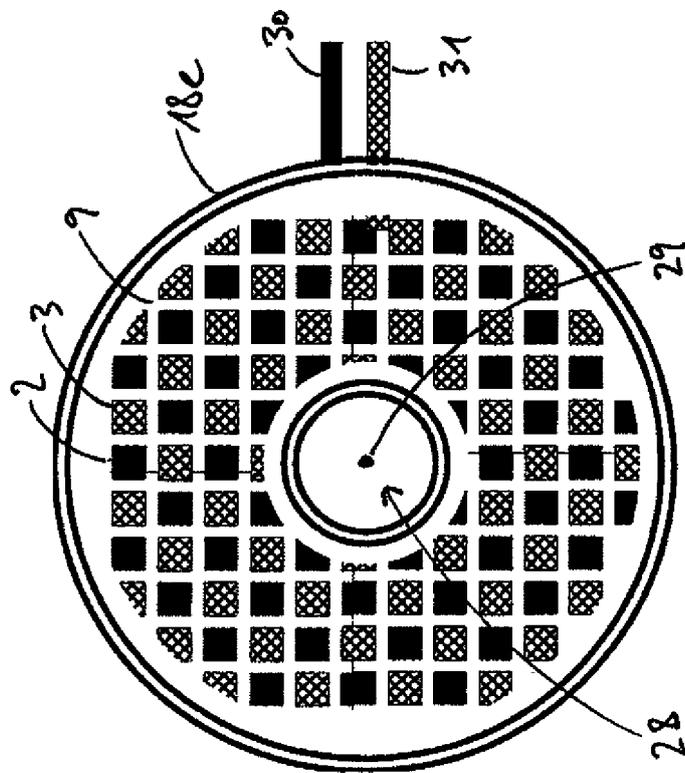


Fig. 12a

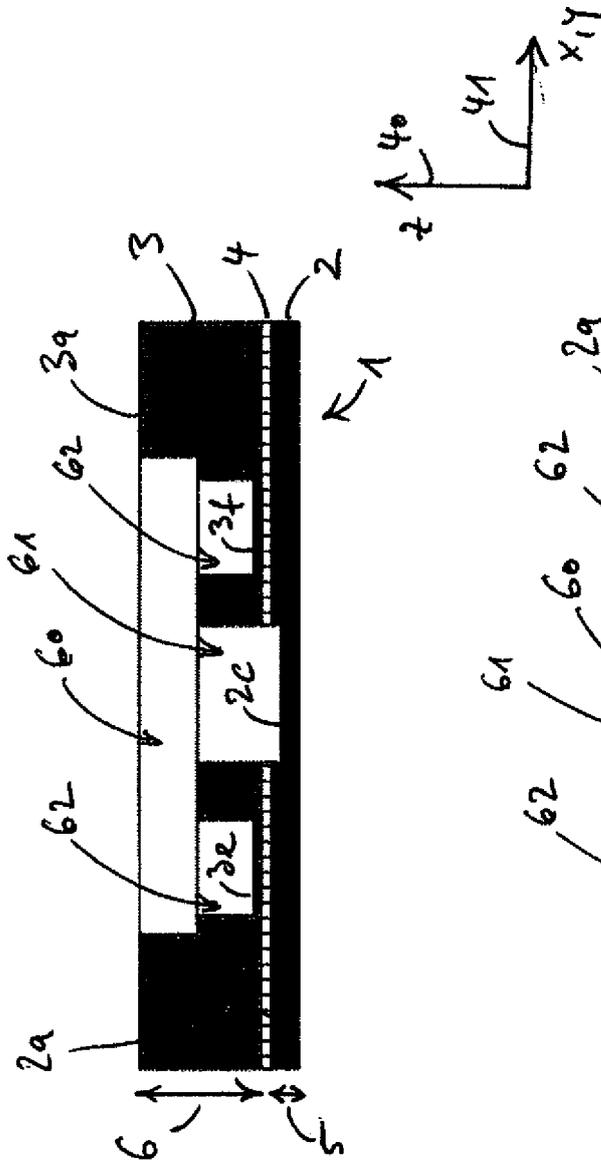


Fig. 13a

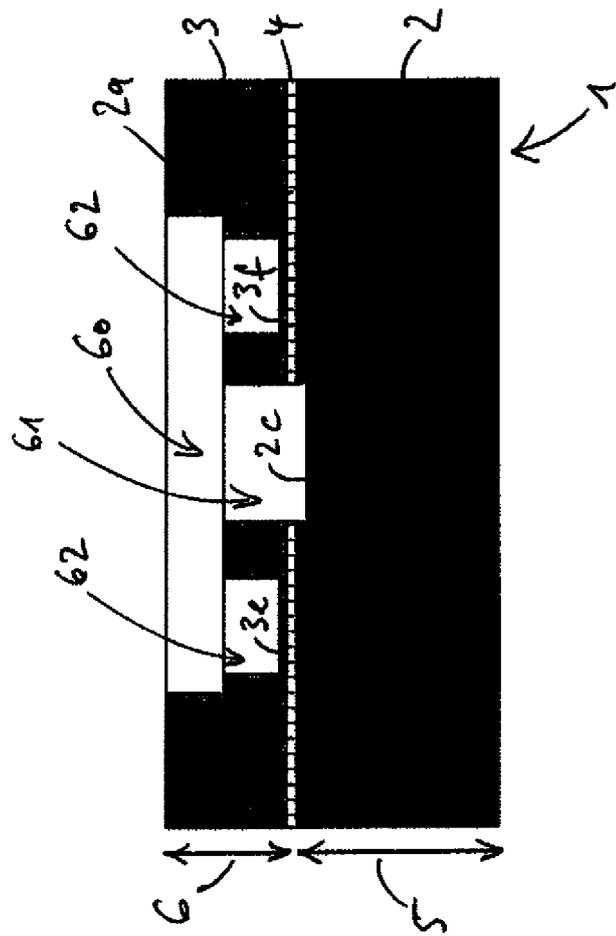


Fig. 13b

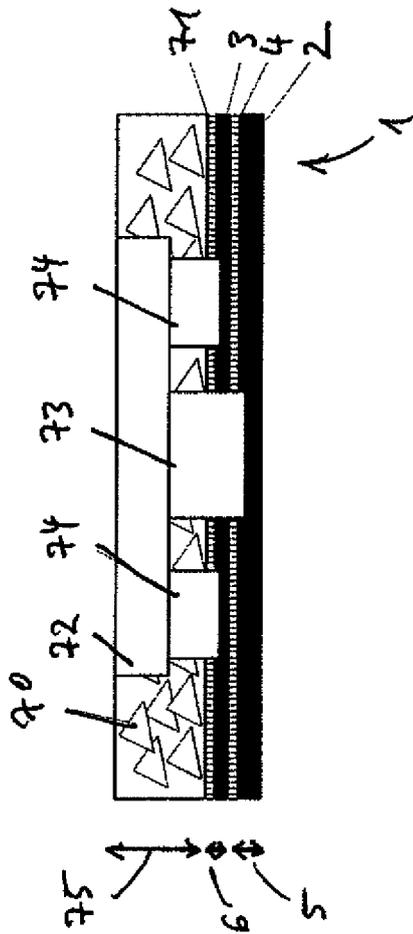


Fig. 14a

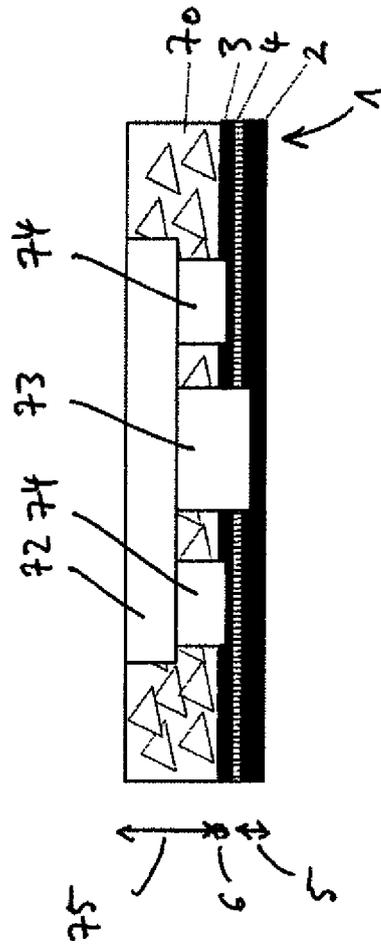


Fig. 14b