



(10) **DE 10 2020 116 946 A1** 2021.12.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 116 946.9**

(22) Anmeldetag: **26.06.2020**

(43) Offenlegungstag: **30.12.2021**

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

H01M 10/058 (2010.01)

(71) Anmelder:

**InvestHG UG (haftungsbeschränkt), 01900
Großröhrsdorf, DE**

(74) Vertreter:

Herrmann, Gero, Dipl.-Phys., 01328 Dresden, DE

(72) Erfinder:

Gritzka, Holger, 01900 Großröhrsdorf, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

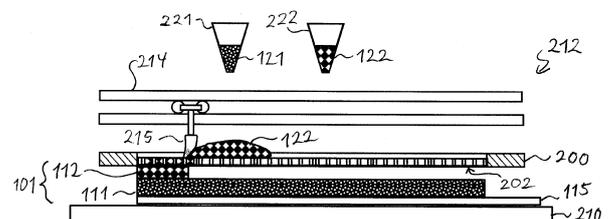
FR	2 690 567	A1
US	2006 / 0 251 965	A1
US	5 035 965	A
WO	2014/ 037 828	A1
WO	2020/ 109 351	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Energiespeicher und Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Siebdrucks, auf einer Druckauflage (210), welche zur Auflage eines Zellelements oder Zellstapels des Energiespeichers (100) ausgebildet ist, einer ersten Paste (121), um eine erste Elektrodensteilschicht (111) einer Elektrodensteilschicht (101) des Zellelements oder Zellstapels auszubilden, und einen Schritt des Siebdrucks einer zweiten Paste (122), welche von der ersten Paste (121) verschieden zusammengesetzt ist, unmittelbar auf die erste Elektrodensteilschicht (111), um eine zweite Elektrodensteilschicht (112) der Elektrodensteilschicht (101) auszubilden. Unter einem weiteren Gesichtspunkt schafft die Erfindung einen Energiespeicher, welcher ein Zellelement oder einen Zellstapel mit einer siebgedruckten ersten Elektrodensteilschicht (111) und einer auf die erste Elektrodensteilschicht (111) siebgedruckten zweiten Elektrodensteilschicht (112) aufweist, wobei die erste Elektrodensteilschicht (111) und die zweite Elektrodensteilschicht (112) verschieden zusammengesetzt sind.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Energiespeicher, insbesondere einen Energiespeicher, der eine elektrochemische Zelle enthält. Unter einem weiteren Gesichtspunkt bezieht sich die Erfindung auf ein Herstellungsverfahren für einen derartigen Energiespeicher.

Technischer Hintergrund

[0002] Eine elektrochemische Zelle umfasst eine Kathode, also eine positive Elektrode, eine Anode, also eine negative Elektrode, sowie einen Separator, der die positive Elektrode von der negativen Elektrode trennt. Bei einer konventionellen Batteriezelle sind in einem Gehäuse die positive Elektrode, die negative Elektrode, der Separator und ein flüssiger Elektrolyt aufgenommen, in dem die vorgenannte positive Elektrode, die negative Elektrode und der Separator zumindest teilweise aufgenommen sind. Bei einer Festkörperbatteriezelle ist der Separator mit einem festen Elektrolyten gebildet. Die Anode und Kathode können über Kontakte einen Stromkreis mit einem Verbraucher ausbilden. Eine elektrochemische Zelle kann für Energiespeicher in Form einer Primärbatterie oder einer Sekundärbatterie zum Einsatz kommen. Als Primärbatterie wird eine nicht wiederaufladbare Batterie bezeichnet, die für den einmaligen Gebrauch bestimmt ist. Als Sekundärbatterie oder Akkumulator wird eine Batterie bezeichnet, die wiederaufladbar ist.

[0003] Bei einem bekannten Rolle-zu-Rolle-Nassbeschichtungsverfahren zur Herstellung von Batteriezellen wird eine geringviskose Aufschlämmung mit einem jeweiligen Elektrodenmaterial für die Anode bzw. Kathode jeweils beidseitig und nacheinander auf einem metallischen Ableiter aufgebracht und das Lösungsmittel danach verdampft. Zur Zellaassemblierung werden die so entstandenen Elektrodenrollen dann geschnitten und zusammen mit einem Separator abwechselnd (Anode, Separator, Kathode) solange gestapelt, bis eine gewünschte Kapazität erreicht ist. Danach wird der Stapel elektrisch verbunden und in ein Gehäuse, z.B. einen Folienbeutel, eingepackt. Anschließend wird noch ein flüssiger Elektrolyt eingefüllt und das Gehäuse verschlossen. Die resultierende Zelle hat eine Nominalspannung von ca. 3,2 V, je nach Kathodenmaterial. Ein Nachteil dieses Herstellungsverfahrens besteht in der Vielzahl unterschiedlicher Fertigungsschritte, die mittels unterschiedlich spezialisierter Fertigungsvorrichtungen auszuführen sind. Dies bedingt nicht nur eine aufwendig gestaltete Fertigungsanlage, sondern darüber hinaus während des Herstellungsablaufs zeitaufwendige Bewegungen der Zwischenprodukte von einer Fertigungsvorrichtung in die andere.

[0004] Die US 5 035 965 A offenbart ein Herstellungsverfahren für eine flexible Dünnschichtzelle, bei dem auf einer Lithium-Aluminium-Folie als Material negativer Polarität ein Elektrolytmaterial und auf diesem ein Material positiver Polarität jeweils durch einen Siebdruckvorgang aufgebracht und in einem UV-Kalzinierofen getrocknet wird. Die Viskosität des in der Siebdruckvorrichtung verwendeten Polymers ist auf etwa 30 Pa s eingestellt. Unter gleichen Bedingungen wird in einem weiteren Siebdruck- und Trockenvorgang ein Ableiter aufgebracht. Die Dünnschichtzeleinheiten werden anschließend zwischen Gehäusematerialien mit Leitungsanschlüssen laminiert, unter Evakuierung fusionsgebondet und in vorbestimmte Größen geschnitten. Eine Mehrschichtstruktur kann hergestellt werden, indem vor dem Aufbringen des Ableiters Lithium-Aluminium-Folie auf das Material positiver Polarität fusionsgebondet wird und das Aufbringen und Trocknen des Elektrolytmaterials und des Materials positiver Polarität wiederholt werden.

[0005] Die FR 2 690 567 A1 schlägt ein Herstellungsverfahren für einen elektrochemischen Generator mit einer geringen Dicke von zwischen 10 µm und 100 µm vor, bei dem auf einem Glas-Epoxy-Verbundträger nach- und übereinander ein Kathodenstromableiter, eine Kathode, ein Elektrolytabscheider, eine Anode, ein Anodenstromableiter und ein Verkapselungsmaterial jeweils mittels teils mehrschichtiger Siebdruckvorgänge aufgebracht werden, gefolgt von dreistündigem Trocknen bei 100 °C unter Primärvakuum nach jeder Schicht. Der Elektrolytabscheider, der Anodenstromableiter und das Verkapselungsmaterial sind seitlich der Kathode und Anode schräg bis auf den Glas-Epoxy-Verbundträger hinabgeführt, wobei außenliegende Abschnitte der Stromableiter vom Verkapselungsmaterial unbedeckt bleiben.

[0006] Bei diesem Verfahren erfolgt die Herstellung zwar mittels einer Abfolge ähnlicher Verfahrensschritte. Ebenso wie bei dem in der US 5 035 965 A offenbarten Herstellungsverfahren besteht jedoch das Problem, dass mittels der Siebdruckvorgänge lediglich dünne Schichten erzeugt werden, was die pro Fläche des Energiespeichers erzielbare Speicherkapazität beschränkt. Ferner führen lange Trocknungszeiten nach dem Siebdrucken der einzelnen Schichten, dass für das Herstellen eines Energiespeichers eine erhebliche Zeit aufgewandt werden muss, die sich bei Ausbildung von z. B. einer Elektrode aus mehreren Einzelschichten weiter erhöht.

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, bei geringgehaltenem, insbesondere zeitlichem, Aufwand des Herstellungsverfahrens die bei gegebener seitlicher Ausdehnung erzielbare Kapazität des Energiespeichers zu erhöhen.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers gemäß Patentanspruch 1 oder einen Energiespeicher gemäß Patentanspruch 9.

[0009] Das Verfahren umfasst einen Schritt des Siebdruckens, auf einer Druckauflage, welche zur Auflage eines Zellelements oder Zellstapels des Energiespeichers ausgebildet ist, einer ersten Paste, um eine erste Elektrodenteilschicht einer Elektrodenschicht des Zellelements oder Zellstapels auszubilden, und einen Schritt des Siebdruckens einer zweiten Paste, welche von der ersten Paste verschieden zusammengesetzt ist, unmittelbar auf die erste Elektrodenteilschicht, um eine zweite Elektrodenteilschicht der Elektrodenschicht auszubilden.

[0010] Die Ausdrücke „auf“, „Auflage“ und „Druckauflage“ sind in der vorliegenden Beschreibung und den Ansprüchen durchweg bezogen auf eine Druckrichtung des Siebdruckens gemeint, die vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, mit der Richtung der Schwerkraft während der Siebdruckschritte übereinstimmt. Auch sonst beziehen sich im allgemeinen Sprachgebrauch auf die Schwerkraft bezogene Begriffe wie „oben“, „unten“, „Oberseite“, „Höhe“ oder „neben“ vorliegend stets auf die Druckrichtung. Entsprechend bezieht sich der Begriff „Gehäuseseseitenwand“ auf eine Gehäusewand, die eine seitlich weisende Flächennormale hat und sich somit parallel zu der Druckrichtung erstreckt. Mit „Druckauflage“ ist eine Abstützung entgegen der Druckrichtung gemeint, z. B. in Form einer ebenen Tischplatte. Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, bedeutet in der vorliegenden Beschreibung und den Ansprüchen Siebdrucken auf einem Element nicht notwendigerweise, dass das siebgedruckte Material unmittelbar auf dem genannten Element aufgebracht wird, sondern kann auch bedeuten, dass zwischen dem genannten Element und dem siebgedruckten Material ein oder mehrere weitere Elemente angeordnet sind, die von dem genannten Element entgegen der Druckrichtung abgestützt werden. Beispielsweise kann das Ausbilden der Elektrodenschicht auf der Druckauflage auch bedeuten, dass die Elektrodenschicht auf einer metallischen Ableiterschicht siebgedruckt wird, unter welcher sich ein Gehäuseboden befindet, der auf der Druckauflage aufliegt und von ihr entgegen der Druckrichtung abgestützt wird.

[0011] Das Verfahren verwendet Siebdruckvorgänge, um die Elektrodenteilschichten auszubilden, so dass für beide Elektrodenteilschichten eine - vorzugsweise dieselbe - Vorrichtung eingesetzt wird, die auch für die Bildung weiterer Elemente des Energiespeichers wie z. B. Ableiter- oder Separatorschichten verwendbar ist. Dies ermöglicht den Verfahrensaufwand geringzuhalten. Da das Siebdrucken mit unter-

schiedlich zusammengesetzten Pasten erfolgt, kann, indem z. B. ein Lösungsmittelgehalt der beiden Pasten unterschiedlich festgesetzt wird, das Trocknungsverhalten der Pasten derart optimiert werden, dass die Summe der Trocknungszeiten verkürzt wird. Ferner ermöglicht die unterschiedliche Zusammensetzung der Pasten, Konzentrationsgradienten in der Elektrodenschicht zu erzeugen, durch die weitere Eigenschaften des Energiespeichers wie z. B. die Speicherkapazität oder Lebensdauer optimierbar sind oder gewünschte besondere Eigenschaften des Energiespeichers einstellbar sind.

[0012] Unter einem weiteren Gesichtspunkt schafft die Erfindung einen Energiespeicher, welcher ein Zellelement oder einen Zellstapel mit einer siebgedruckten ersten Elektrodenteilschicht und einer auf die erste Elektrodenteilschicht siebgedruckten zweiten Elektrodenteilschicht aufweist, wobei die erste Elektrodenteilschicht und die zweite Elektrodenteilschicht verschieden zusammengesetzt sind.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die erste Paste eine Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s auf. Daher bleibt die siebgedruckte erste Elektrodenteilschicht auch bei größeren Dicken in der erzeugten geometrischen Form, ohne zu zerfließen. Dies ermöglicht die Ausbildung der Elektrodenteil- und damit der Elektrodenschicht mit besonders großer Dicke, um so ein Energiespeicher mit großer Speicherkapazität pro Fläche herzustellen. Außerdem ermöglicht die hohe Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s, die Paste mit einem besonders geringen Lösungsmittelanteil zuzubereiten, wodurch sich die nach dem Siebdrucken der Elektrodenschicht erforderliche Trocknung bis auf wenige Minuten verkürzt. Hierdurch verkürzt sich weiter die für die Herstellung des Energiespeichers benötigte Zeit.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird die erste Elektrodenteilschicht mit einer Dicke von mindestens 50 μm ausgebildet. Dies ermöglicht, ohne großen Zeitaufwand eine Elektrodenschicht größerer Dicke aus wenigen Elektrodenteilschichten aufzubauen, um so z. B. eine Speicherkapazitätserhöhung des Energiespeichers zu erreichen.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird die zweite Elektrodenteilschicht mit einer Dicke von höchstens 50 μm ausgebildet. Dies ermöglicht, z. B. an der oberen Begrenzung der Elektrodenschicht gewünschte besondere Grenzflächeneigenschaften vorzusehen, um beispielsweise eine besonders glatte und rissfreie Grenzfläche vorzusehen und/oder einen allmählichen Übergang zu dem Material einer auf der Elektrodenschicht benachbart auszubildenden Schicht vorzusehen. Vorzugsweise wird die zweite Elektrodenteilschicht mit einer Dicke von höchstens 20 μm ausgebildet.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die zweite Paste einen höheren Gehalt eines ionischen Leiters oder einen geringeren Gehalt eines elektrischen Leiters auf als die erste Paste. Dies ermöglicht einen fließenden Übergang von einem elektrischen Leitermaterial der Elektroden-schicht zu einem ionischen Leitermaterial einer über der Elektroden-schicht vorzusehenden Separator- bzw. Festelektrolytschicht, um z. B. die Lebensdauer oder andere Eigenschaften des Energiespeichers zu verbessern.

[0017] Gemäß einer alternativ bevorzugten Weiterbildung weist die zweite Paste einen geringeren Gehalt eines ionischen Leiters oder einen höheren Gehalt eines elektrischen Leiters auf als die erste Paste. Dies ermöglicht einen fließenden Übergang von einem elektrischen Leitermaterial der Elektroden-schicht zu einem ionischen Leitermaterial einer unter der Elektroden-schicht vorgesehenen Separator- bzw. Festelektrolytschicht, um z. B. die Lebensdauer oder andere Eigenschaften des Energiespeichers zu verbessern.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die zweite Paste einen höheren Lösungs-mittelgehalt auf als die erste Paste. Dies ermöglicht eine besonders glatte und rissfreie obere Grenzfläche der Elektroden-schicht, da auf diese Weise die erste Paste mit geringerer Viskosität bereitgestellt werden kann, so dass nach dem Siebdrucken der zweiten Elektroden-teilschicht durch Verfließen der siebgedruckten Paste eine glatte Oberfläche ausgebildet, während zugleich die erforderliche Trocknungszeit kurz gehalten werden kann, da die unter der zweiten Elektroden-teilschicht verborgene erste Elektroden-teilschicht weniger des durch das Trocknen zu verflüchtigenen Lösungsmittels enthält.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Trocknens der ersten Elektroden-teilschicht über eine Trocknungszeit von höchstens 10 min vor dem Siebdrucken der zweiten Paste. Auf diese Weise kann eine besonders kurze Herstellungszeit erreicht werden. Vorzugsweise dauert die Trocknungszeit höchstens 6 min.

Figurenliste

[0020] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand einiger Ausführungsformen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines Energiespeichers gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 2 eine schematische angeschnittene Vorderansicht einer Siebdruckvorrichtung beim

Siebdrucken einer ersten Elektroden-teilschicht des Energiespeichers aus **Fig. 1**,

Fig. 2A eine ausschnittthafte Vergrößerung der Elektroden-teilschicht aus **Fig. 2**,

Fig. 3 die Vorrichtung aus **Fig. 2** beim Ausbilden einer zweiten Elektroden-teilschicht des Energiespeichers,

Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform zur Herstellung eines Energiespeichers gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 5A-S schematische Querschnittsansichten von Schritten eines Verfahrens, gemäß einer Ausführungsform, zur Herstellung eines Energiespeichers gemäß einer Ausführungsform, zu sehen in **Fig. 5R**, und

Fig. 6 eine schematische Querschnittsansicht eines Energiespeichers gemäß einer Ausführungsform.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0021] In den Zeichnungen sind, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, gleiche oder äquivalente Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0022] **Fig. 1** zeigt, in einer schematischen Querschnittsansicht, einen Energiespeicher **100**, der z. B. als eine Primär- oder Sekundärbatterie ausgebildet sein kann. Der Energiespeicher **100** umfasst ein fluid-dichtes Gehäuse **106**, z. B. in Form einer festen Kapsel oder eines Folienbeutels, das mit einem Flüssigelektrolyten **107** gefüllt ist. Im Flüssigelektrolyten **107** innerhalb des Gehäuses **106** aufgenommen ist ein elektrochemisches Zellelement **102**. Das Zellelement **102** ist ein flächenhaft ausgedehnter, aus mehreren Schichten **110**, **111**, **112**, **114** aufgebauter Schichtkörper, der eine erste Elektroden-schicht **101** und eine zweite Elektroden-schicht **114** aufweist. Zwischen der ersten Elektroden-schicht **101** und der zweiten Elektroden-schicht **114** befindet sich eine Separator-schicht **110** aus einem porösen Material, das von dem Flüssigelektrolyten **107** durchdrungen ist.

[0023] Die erste Elektroden-schicht **101** besteht aus einer an die Separatorschicht **110** angrenzenden zweiten Elektroden-teilschicht **112** und eine an die von der Separatorschicht **110** abgewandte Seite der zweiten Elektroden-teilschicht **112** angrenzende erste Elektroden-teilschicht **111**. Die zweite Elektroden-teilschicht **112** ist dünner als die erste Elektroden-teilschicht **111**. Beispielsweise weist die erste Elektroden-teilschicht **111** eine Dicke von 150 µm auf, während die zweite Elektroden-teilschicht **112** eine Dicke von 50 µm aufweist. Beide Elektroden-teilschichten **111**, **112** weisen ein aktives Material auf, welches geeignet ist, als Elektronendonator oder Ionendonator oder als Elektronenrezeptor oder Ionenrezeptor zu wirken.

Insbesondere können während des Entladungsvorgangs des Energiespeichers **100** Elektronen durch eine chemische Reaktion in dem aktiven Material freigesetzt werden. Insbesondere können während eines Ladungsvorgangs des Energiespeichers **100** Elektronen oder Ionen durch eine chemische Reaktion in dem aktiven Material gebunden werden. Insbesondere kann es sich bei den chemischen Reaktionen um elektrochemische Reaktionen handeln. Die chemischen Reaktionen können reversibel ablaufen, je nachdem, ob der Energiespeicher entladen wird, um elektrische Energie bereitzustellen oder der Energiespeicher für die spätere Bereitstellung von elektrischer Energie aufgeladen wird. Die zweite Elektrodensteilschicht **112** enthält eine Beimischung des Separatormaterials, so dass sie poröser als die erste Elektrodensteilschicht **111**, jedoch weniger porös als die Separatorschicht **110** ist. Hierdurch ergibt sich ein abfallender Konzentrationsgradient des Flüssigelektrolyten **107** von der Separatorschicht **110** über die zweite Elektrodensteilschicht **112** zur ersten Elektrodensteilschicht **111**.

[0024] An der der zweiten Elektrodensteilschicht **112** abgewandten Seite der ersten Elektrodensteilschicht **111** ist eine erste metallische Ableiterschicht **115** gebildet, die sich über die gesamte Fläche der ersten Elektrodensteilschicht **111** sowie durch die Wandung des Gehäuses **106** in den Außenraum erstreckt. Die zweite Elektrodensteilschicht **114** weist ein metallisches Material, z. B. ein Alkalimetall wie Lithium oder Natrium auf. An der der Separatorschicht **110** abgewandten Seite der zweiten Elektrodensteilschicht **114** ist eine zweite metallische Ableiterschicht **116** gebildet, die einen Teil der Fläche der zweiten Elektrodensteilschicht **114** bedeckt sowie sich durch die Wandung des Gehäuses **106** in den Außenraum erstreckt. Die im Außenraum zugänglichen Enden der metallischen Ableiterschichten **115**, **116** bilden elektrische Anschlüsse des Energiespeichers **100**, um dem Energiespeicher **100** elektrische Energie zu entnehmen oder, je nach Typ, zur Aufladung zuzuführen.

[0025] Fig. 2 zeigt eine Siebdruckvorrichtung **212** zur Herstellung der ersten Elektrodensteilschicht **101** eines Energiespeichers **100** gemäß Fig. 1. Die Siebdruckvorrichtung **212** umfasst eine Druckauflage **210**, wobei die Druckauflage **210** zur Auflage eines Zellelements **102** (siehe Fig. 1) oder eines mehrere Zellelemente **102** umfassenden Zellstapels **104** (vgl. Fig. 6) des Energiespeichers **100** ausgebildet ist. Die Siebdruckvorrichtung **212** umfasst ein Drucksieb **200**, welches eine Vielzahl von Sieböffnungen **202** aufweist. Die Siebdruckvorrichtung **212** umfasst ferner eine erste Auftragsvorrichtung **221** enthaltend eine erste Paste **121** und eine zweite Auftragsvorrichtung **222** enthaltend eine zweite Paste **122**, mittels derer die Pasten **121**, **122** auf das Drucksieb **200** auftragbar sind. Eine Streichvorrichtung **214** mit einer über das Drucksieb **200** streichbaren Rake

215 ist zum Streichen der Pasten **121**, **122** über das Drucksieb **200** und durch die Sieböffnungen **202** in Richtung der Druckauflage **210** ausgebildet.

[0026] Die erste Paste **121** und die zweite Paste **122** weisen beide ein identisches aktives Material auf, welches geeignet ist, als Elektronendonator oder Ionenendonator oder als Elektronenrezeptor oder Ionenrezeptor zu wirken. Die zweite Paste **122** ist darüber hinaus mit einem Anteil von z. B. 10% porösen Separatormaterials versetzt. Beide Pasten enthalten einen Binder mit einem Epoxidharz und Essigsäurediethylenglycolmonobutyletherester als Lösungsmittel. Die Zusammensetzung der ersten Paste **121** ist derart gewählt, dass ihre Ruheviskosität 250 Pa s und ihre Scherviskosität 50 Pa s beträgt. Der Lösungsmittelgehalt der zweiten Paste **122** ist höher als der Lösungsmittelgehalt der ersten Paste **121** und derart gewählt, dass die zweite Paste **122** eine Ruheviskosität von 100 Pa s aufweist.

[0027] Nachfolgend soll anhand des Fig. 4 gezeigten Flussdiagramms unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 3 ein Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers **100** gemäß Fig. 1 mit Hilfe der Siebdruckvorrichtung **212** aus Fig. 2 erläutert werden. Das Verfahren beginnt mit Schritt **400**, in dem eine erste metallische Ableiterschicht **115**, die z. B. aus Nickel besteht, auf der Druckauflage **210** der Siebdruckvorrichtung **212** angeordnet wird. Dieser Schritt kann wahlweise mittels eines Siebdruckvorgangs oder auf andere Weise, z. B. durch Bereitstellen einer kommerziell erhältlichen Nickelfolie erfolgen.

[0028] In Schritt **401** wird durch Siebdrucken mit der ersten Paste **121** auf der ersten metallischen Ableiterschicht **115** die erste Elektrodensteilschicht **111** des Energiespeichers **100** ausgebildet.

[0029] Hierzu wird mittels der ersten Auftragsvorrichtung **221** eine geeignete Menge der ersten Paste **121** auf das Drucksieb **200** aufgetragen. Anschließend wird, wie in Fig. 2 gezeigt, mittels der Rake **215** der Streichvorrichtung **214** die aufgetragene erste Paste **121** derart waagrecht über das Drucksieb **200** und zugleich senkrecht durch die Sieböffnungen **202** in Richtung der Druckauflage **210** gestrichen, dass auf der ersten metallischen Ableiterschicht **115** die erste Elektrodensteilschicht **111** ausgebildet wird.

[0030] In Schritt **402** wird die erste Elektrodensteilschicht **111** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. Aufgrund der hohen Viskosität der ersten Paste **121** weist die erste Elektrodensteilschicht **111** nach dem Trocknen **402** eine nahezu quaderförmige Gestalt mit einer Überhöhung **301** des Randes von weniger als 1 µm und einem Kantenwinkel **300** von weniger als 1° auf.

[0031] In Verzweigungsschritt **403** wird festgestellt, ob eine weitere Elektrodenteilschicht siebgedruckt werden soll. Da dies vorliegend der Fall ist („J“), wird nach Schritt **401** zurückverzweigt. In Schritt **401** wird nun durch Siebdrucken mit der zweiten Paste **122** auf der ersten Elektrodenteilschicht **111** die zweite Elektrodenteilschicht **112** des Energiespeichers **100** ausgebildet. Hierzu wird mittels der zweiten Auftragsvorrichtung **222** eine geeignete Menge der zweiten Paste **122** auf das Drucksieb **200** aufgetragen. Anschließend wird, wie in **Fig. 3** gezeigt, mittels der Rakel **215** der Streichvorrichtung **214** die aufgetragene zweite Paste **122** derart waagrecht über das Drucksieb **200** und zugleich senkrecht durch die Sieböffnungen **202** in Richtung der Druckauflage **210** gestrichen, dass auf der ersten Elektrodenteilschicht **111** die zweite Elektrodenteilschicht **112** ausgebildet wird.

[0032] Anschließend wird in Schritt **402** die zweite Elektrodenteilschicht **112** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. Die auf diese Weise entstandene erste Elektrodenschicht **101** weist nach dem Trocknen **402** insgesamt ebenfalls eine nahezu quaderförmige Gestalt mit einer Überhöhung **301** des Randes von weniger als 5 µm und einem Kantenwinkel **300** von weniger als 5° auf.

[0033] In Verzweigungsschritt **403** wird erneut überprüft, ob noch eine weitere Elektrodenteilschicht siebgedruckt werden soll. Da dies nun nicht mehr der Fall ist („N“), wird das Verfahren mit Schritt **404** fortgesetzt. In Schritt **404** wird durch Siebdrucken mit einer dritten Paste auf der zweiten Elektrodenteilschicht **112** die Separatorschicht **110** des Energiespeichers **100** siebgedruckt. Die dritte Paste wird hierfür aus dem porösen Separatormaterial und Binder mit einem Epoxidharz und Essigsäurediethylenglycolmonobutyletherester als Lösungsmittel zubereitet, wobei die Zusammensetzung des Binders und der Lösungsmittelgehalt so eingestellt wird, dass die dritte Paste eine Ruheviskosität von 200 Pa s und eine Scher-viskosität von 50 Pa s aufweist. Dieser Siebdruckvorgang wird vorzugsweise ebenfalls mittels der Siebdruckvorrichtung **212** aus **Fig. 2** durchgeführt.

[0034] Anschließend wird in Schritt **405** die Separatorschicht **110** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. Die auf diese Weise entstandene Separatorschicht **110** weist nach dem Trocknen **405** insgesamt ebenfalls eine nahezu quaderförmige Gestalt mit einer Überhöhung **301** des Randes von weniger als 5 µm und einem Kantenwinkel **300** von weniger als 5° auf.

[0035] In Schritt **406** wird durch Siebdrucken mit einer vierten Paste auf der Separatorschicht **110** die zweite Elektrodenschicht **114** des Energiespeichers **100** ausgebildet. Die vierte Paste wird hierfür aus dem vorgesehenen metallischen Material wie Lithium oder Natrium und Binder zubereitet. Dieser

Siebdruckvorgang wird vorzugsweise ebenfalls mittels der Siebdruckvorrichtung **212** aus **Fig. 2** durchgeführt. Anschließend wird in Schritt **409** die zweite Elektrodenschicht **114** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet.

[0036] In Schritt **410** wird durch Siebdrucken mit einer fünften Paste auf der zweiten Elektrodenschicht **114** die zweite metallische Ableiterschicht **116** des Energiespeichers **100** ausgebildet. Die fünfte Paste wird hierfür aus dem vorgesehenen metallischen Material wie Nickel und Binder zubereitet. Dieser Siebdruckvorgang wird vorzugsweise ebenfalls mittels der Siebdruckvorrichtung **212** aus **Fig. 2** durchgeführt. Anschließend wird in Schritt **411** die zweite metallische Ableiterschicht **116** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. In Schritt **412** wird das resultierende Zellelement **102** mit den metallischen Ableiterschichten **115**, **116** in einem Folienbeutel als Gehäuse **106** angeordnet und das Gehäuse **106** mit einem Flüssigelektrolyten befüllt. In Schritt **413** wird das Gehäuse auf eine solche Weise dicht verschlossen, dass die Enden der metallischen Ableiterschichten **115**, **116** zur elektrischen Kontaktierung des Energiespeichers **100** in den Außenraum geführt sind.

[0037] Als nächstes soll die Herstellung einer anderen Ausführungsform eines Energiespeichers **100** gemäß einem weiteren Verfahren anhand von **Fig. 5A** bis **Fig. 5S** beschrieben werden, in denen jeweils zugehörige Schritte A-S des Verfahrens schematisch dargestellt sind. Soweit es sich bei den Schritten um Siebdruckschritte handelt, können diese z. B. mittels der in **Fig. 2** gezeigten Siebdruckvorrichtung **212** ausgeführt werden.

[0038] In einem in **Fig. 5A** dargestellten Schritt A wird auf einer nicht gezeigten Druckauflage, als welche die Druckauflage **210** der Siebdruckvorrichtung **212** verwendet werden kann, ein Gehäuseboden **501** des Energiespeichers **100** siebgedruckt. Hierfür wird eine durch Wärmestrahlung zu einem elektrisch nichtleitenden Werkstoff, der im Folgenden als Polyethylen angenommen werden soll, polymerisierbare Paste verwendet. Der resultierende Gehäuseboden **501** ist eine im Wesentlichen quaderförmige Schicht von ca. 200 µm bis 500 µm Dicke.

[0039] In Schritt B - dargestellt in **Fig. 5B** - wird der Gehäuseboden **501** über einen Zeitraum von ca. 6 min mit Wärmestrahlung **599** behandelt, um die Polymerisation des Polyethylens durchzuführen.

[0040] In Schritt C - dargestellt in **Fig. 5C** - wird auf dem Gehäuseboden **501** eine 10 µm dicke erste metallische Ableiterschicht **115** aus Nickel durch Auflegen oder Siebdrucken mit einer entsprechenden Paste aufgebracht. In Randnähe des Gehäusebodens **501** bleibt dabei ein streifenförmiger umlau-

fender Gehäuseseitenwandbereich, in dem auch ein erster Kontaktierbereich **512** und diesem gegenüber einen zweiter Kontaktierbereich **510** zur Kontaktierung des Energiespeichers **100** liegen, des Gehäusebodens **501** unbedeckt - bis auf den ersten Kontaktierbereich **512**, in dem sich die erste metallische Ableiterschicht **115** im Wesentlichen bis zum Rand des Gehäusebodens **501** erstreckt.

[0041] In Schritt D - dargestellt in **Fig. 5D** - wird die erste metallische Ableiterschicht **115** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet. Die Dauer der Bestrahlung beträgt wie auch in nachfolgenden Bestrahlungsschritten ebenfalls ca. 6 min.

[0042] In Schritt E - dargestellt in **Fig. 5E** - wird eine erste Elektrodenteilschicht **111** mit einer Dicke von ca. 100 µm durch Siebdrucken auf die erste metallische Ableiterschicht **115** mit aufgetragen, wobei der erste Kontaktierbereich **512** ausgespart bleibt. Die hierfür verwendete Paste ist gleich zusammengesetzt und weist gleiche Eigenschaften auf wie die in Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 3** bereits beschriebene erste Paste **121**, weswegen auf eine nochmalige Erläuterung der Zusammensetzung hier verzichtet wird. In Schritt F - dargestellt in **Fig. 5F** - wird die erste Elektrodenteilschicht **111** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet.

[0043] In Schritt G - dargestellt in **Fig. 5G** - wird eine zweite Elektrodenteilschicht **112** mit einer Dicke von ca. 50 µm durch Siebdrucken auf die erste Elektrodenteilschicht **111** aufgetragen. Die hierfür verwendete Paste ist gleich zusammengesetzt und weist gleiche Eigenschaften auf wie die in Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 3** bereits beschriebene zweite Paste **122**, enthält allerdings anstelle einer Beimischung eines porösen Separatormaterials einen entsprechenden Anteil eines ionischen Leiters. Die erste und zweite Elektrodenteilschicht **111**, **112** bilden gemeinsam eine erste Elektrodenschicht **101** des Energiespeichers **100**. In Schritt H - dargestellt in **Fig. 5H** - wird die zweite Elektrodenteilschicht **112** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet.

[0044] In Schritt I - dargestellt in **Fig. 5I** - wird eine Separatorschicht **110** aus einem Festelektrolytmaterial mit einer Dicke von ca. 10 µm bis 30 µm durch Siebdrucken auf die zweite Elektrodenteilschicht **112** aufgetragen. Das Festelektrolytmaterial enthält den gleichen ionischen Leiter wie anteilmäßig bereits die zweite Elektrodenteilschicht **112**, so dass sich ein Konzentrationsgradient des ionischen Leiters von der zweiten Elektrodenteilschicht **112** in die Separatorschicht **110** ergibt. In Schritt J - dargestellt in **Fig. 5J** - wird die zweite Separatorschicht **110** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet.

[0045] In Schritt K - dargestellt in **Fig. 5K** - wird im umlaufenden Gehäuseseitenwandbereich ein-

schließlich eines innenliegenden Abschnitts des ersten Kontaktierbereichs **512** eine umlaufende Gehäuseseitenwand **502** durch Siebdrucken mit dem gleichen Material, das in Schritt A für den Gehäuseboden **501** verwendet wurde, auf den Gehäuseboden **501** bzw. die erste metallische Ableiterschicht **115** aufgebracht. Im außenliegenden Abschnitt des ersten Kontaktierbereichs **512** liegt die erste metallische Ableiterschicht **115** weiterhin frei. Die Oberkante der Gehäuseseitenwand **502** fluchtet in einem innenliegenden Abschnitt des zweiten Kontaktierbereichs **510** mit der Oberkante der Separatorschicht **110**, während sie in den übrigen Abschnitten ca. 10 µm höher als die Oberkante der Separatorschicht **110** liegt. In Schritt L - dargestellt in **Fig. 5L** - wird die Gehäuseseitenwand **502** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet.

[0046] In Schritt M - dargestellt in **Fig. 5M** - wird eine zweite Elektrodenschicht **114** durch Siebdrucken eines metallischen Materials, bei dem es sich um Lithium, Natrium oder ein anderes Alkalimetall handeln kann, auf die Separatorschicht **110** und den innenliegenden Abschnitt des zweiten Kontaktierbereichs **510** aufgebracht. Die zweite Elektrodenschicht **114** ist ca. 10 µm dick, so dass sie mit der Oberkante der Gehäuseseitenwand **502** bündig abschließt. In Schritt N - dargestellt in **Fig. 5N** - wird die zweite Elektrodenschicht **114** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet. Alternativ zur Herstellung der zweiten Elektrodenschicht **114** durch Siebdrucken in Schritt M und N kann die zweite Elektrodenschicht **114** auch durch Sprühen aufgebracht werden.

[0047] In Schritt O - dargestellt in **Fig. 5O** - wird im zweiten Kontaktierbereich **510** eine ca. 10 µm dicke zweite metallische Ableiterschicht **116** aus Nickel durch Siebdrucken mit einer entsprechenden Paste aufgebracht. Die zweite metallische Ableiterschicht **116** liegt im außenliegenden Abschnitt des zweiten Kontaktierbereichs **510** direkt auf der Gehäuseseitenwand **502**, im innenliegenden Abschnitt des zweiten Kontaktierbereichs **510** auf der zweiten Elektrodenschicht **114**, wird jedoch im gesamten zweiten Kontaktierbereich **510** mechanisch durch die Gehäuseseitenwand **502** abgestützt. In Schritt P - dargestellt in **Fig. 5P** - wird eine Höhenausgleichsschicht **503** der Dicke 10 µm mit dem gleichen Material, das für den Gehäuseboden **501** und die Gehäuseseitenwand **502** verwendet wurde, auf die noch freiliegenden Abschnitte der zweiten Elektrodenschicht **114** und der Gehäuseseitenwand **502** siebgedruckt. In Schritt Q - dargestellt in **Fig. 5Q** - werden die zweite metallische Ableiterschicht **116** und die Höhenausgleichsschicht **503** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet bzw. polymerisiert.

[0048] In Schritt R - dargestellt in **Fig. 5R** - wird ein quaderförmiger Gehäusedeckel **504** einer Dicke von ca. 200 µm durch Siebdrucken mit dem gleichen Material, das für den Gehäuseboden **501**, die Gehäuse-

seitenwand **502** und die Höhenausgleichsschicht **503** verwendet wurde, auf die Höhenausgleichsschicht **503** und - unter Aussparen des außenliegenden Abschnitts des zweiten Kontaktierbereichs **510** - die zweite metallische Ableiterschicht **116** aufgebracht. In Schritt S - dargestellt in **Fig. 5S** - wird der Gehäusedeckel **504** mit Wärmestrahlung **599** getrocknet bzw. polymerisiert.

[0049] Der hergestellte Energiespeicher **100** kann durch die in den außenliegenden Abschnitten des ersten Kontaktierbereichs **512** und des zweiten Kontaktierbereichs **510** jeweils freiliegenden Enden der ersten metallischen Ableiterschicht **115** und der zweiten metallischen Ableiterschicht **116** von oben elektrisch kontaktiert werden, wobei mechanische Belastungen in das Gehäuse abgeleitet werden, ohne das Zellelement **102** zu beeinträchtigen.

[0050] **Fig. 6** zeigt einen weiteren Energiespeicher **100**, der einen ähnlichen Aufbau hat, jedoch nicht nur ein einzelnes Zellelement **102**, sondern einen Zellstapel **104** mit mehreren elektrisch in Reihe geschalteten Zellelementen **102**, **102'**, **102''** aufweist. Der Energiespeicher **100** kann mit einem Herstellungsverfahren hergestellt werden, das weitgehend mit dem anhand von **Fig. 5A** bis **Fig. 5S** beschriebenen übereinstimmt. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden nachfolgend lediglich die Unterschiede dargestellt.

[0051] Nachdem Verfahrensschritte wie in **Fig. 5A** bis **Fig. 5J** gezeigt ausgeführt wurden, wird ähnlich wie in **Fig. 5K** gezeigt eine Gehäuseseitenwand **501** ausgebildet, die jedoch in Gänze die Separatorschicht **110** um $10\ \mu\text{m}$ überragt. Anschließend wird eine zweite Elektrodenerschicht **114** ähnlich wie in **Fig. 5M** gezeigt auf die Separatorschicht **110**, nicht jedoch auf die Gehäuseseitenwand **502** aufgebracht, so dass die Gehäuseseitenwand **502** und die Separatorschicht **110** nach oben bündig miteinander abschließen.

[0052] Danach wird eine dritte metallische Ableiterschicht **117** auf die zweite Elektrodenerschicht **114** und einen ringförmig an diese angrenzenden innenliegenden Abschnitt der Gehäuseseitenwand **502** aufgebracht, was auf die gleiche Weise wie bei der in der vorhergehenden Ausführungsform für die zweite metallische Ableiterschicht **116** erfolgen kann. Hierauf werden, um ein zweites Zellelement **102'** des Zellstapels zu bilden, die **Fig. 5E** bis **Fig. 5J** entsprechenden Verfahrensschritte wiederholt, wobei die erste Elektrodenerschicht **111** des zweiten Zellelements **102'** auf die dritte metallische Ableiterschicht **117** aufgebracht wird. Auf die beschriebene Weise können wie in **Fig. 6** gezeigt drei oder mehr Zellelemente **102**, **102'**, **102''** ausgebildet werden, die über dazwischenliegende metallische Ableiterschichten **117** elektrisch miteinander in Reihe geschaltet und bezüglich ionischer Leiter voneinander getrennt sind.

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

- US 5035965 A [0004, 0006]
- FR 2690567 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers (100), umfassend folgende Schritte:
Siebdrucken, auf einer Druckauflage (210), welche zur Auflage eines Zellelements (102) oder Zellstapels (104) des Energiespeichers (100) ausgebildet ist, einer ersten Paste (121), um eine erste Elektrodensteilschicht (111) einer Elektrodensteilschicht (101) des Zellelements (102) oder Zellstapels (104) auszubilden; und
Siebdrucken einer zweiten Paste (122), welche von der ersten Paste (121) verschieden zusammengesetzt ist, unmittelbar auf die erste Elektrodensteilschicht (111), um eine zweite Elektrodensteilschicht (112) der Elektrodensteilschicht (101) auszubilden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Paste (121) eine Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Elektrodensteilschicht (111) mit einer Dicke von mindestens 50 µm ausgebildet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Elektrodensteilschicht (112) mit einer Dicke von höchstens 50 µm, insbesondere höchstens 20 µm, ausgebildet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Paste (122) einen höheren Gehalt eines ionischen Leiters oder einen geringeren Gehalt eines elektrischen Leiters aufweist als die erste Paste (121).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zweite Paste einen geringeren Gehalt eines ionischen Leiters oder einen höheren Gehalt eines elektrischen Leiters aufweist als die erste Paste.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Paste (122) einen höheren Lösungsmittelgehalt aufweist als die erste Paste (121).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Schritt des Trocknens der ersten Elektrodensteilschicht (111) über eine Trocknungszeit von höchstens 10 min, insbesondere höchstens 6 min, vor dem Siebdrucken der zweiten Paste (122).
9. Energiespeicher (100), welcher ein Zellelement (102) oder einen Zellstapel (104) mit einer siebgedruckten ersten Elektrodensteilschicht (111) und einer auf die erste Elektrodensteilschicht (111) siebgedruckten zweiten Elektrodensteilschicht (112) aufweist, wobei die erste Elektrodensteilschicht (111) und die zwei-

te Elektrodensteilschicht (112) verschieden zusammengesetzt sind.

10. Energiespeicher (100) nach Anspruch 9, wobei die zweite Elektrodensteilschicht (112) dünner als die erste Elektrodensteilschicht (111) ausgebildet ist.

11. Energiespeicher (100) nach Anspruch 9 oder 10, wobei die zweite Elektrodensteilschicht (112) einen höheren Gehalt eines ionischen Leiters oder einen geringeren Gehalt eines elektrischen Leiters aufweist als die erste Elektrodensteilschicht (111).

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

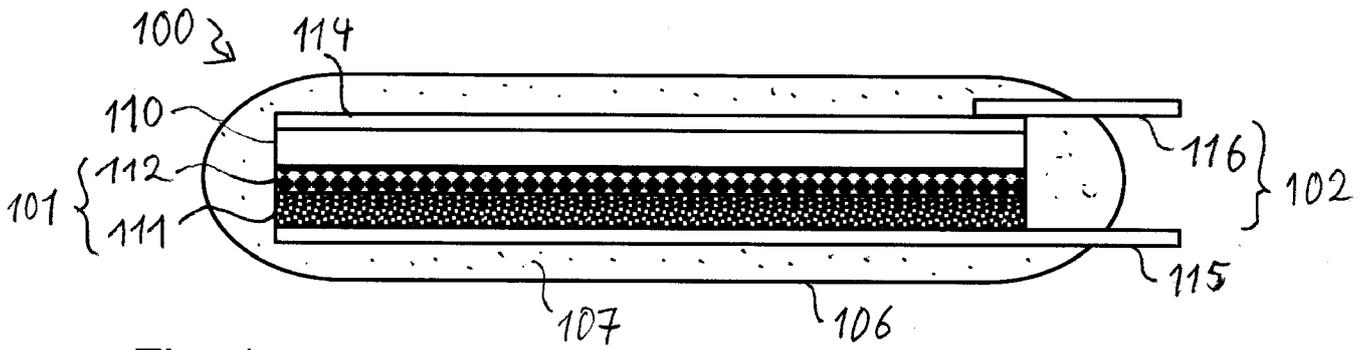


Fig. 1

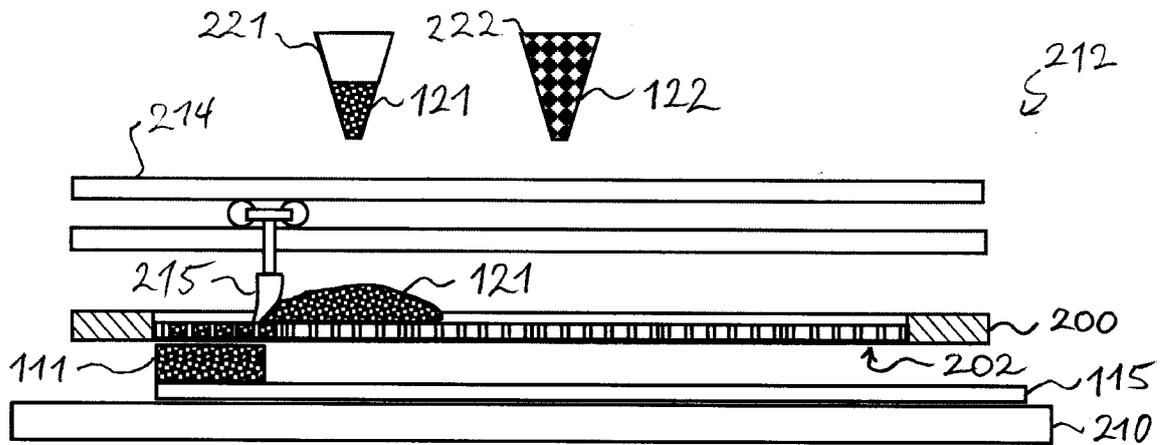


Fig. 2

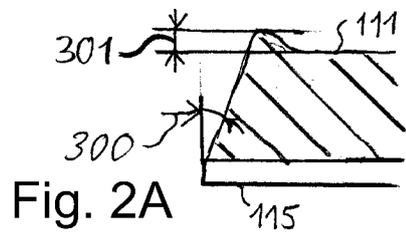


Fig. 2A

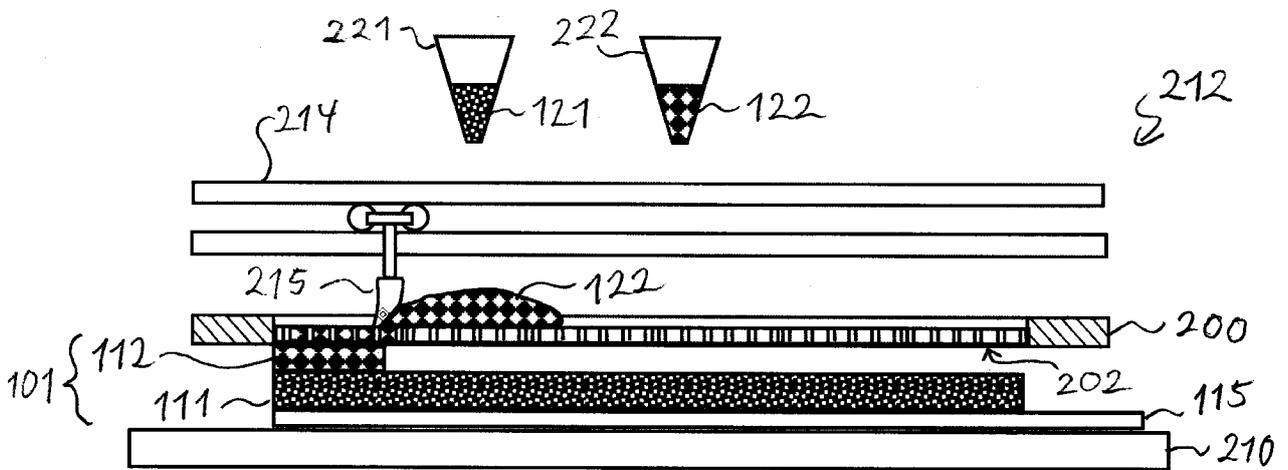


Fig. 3

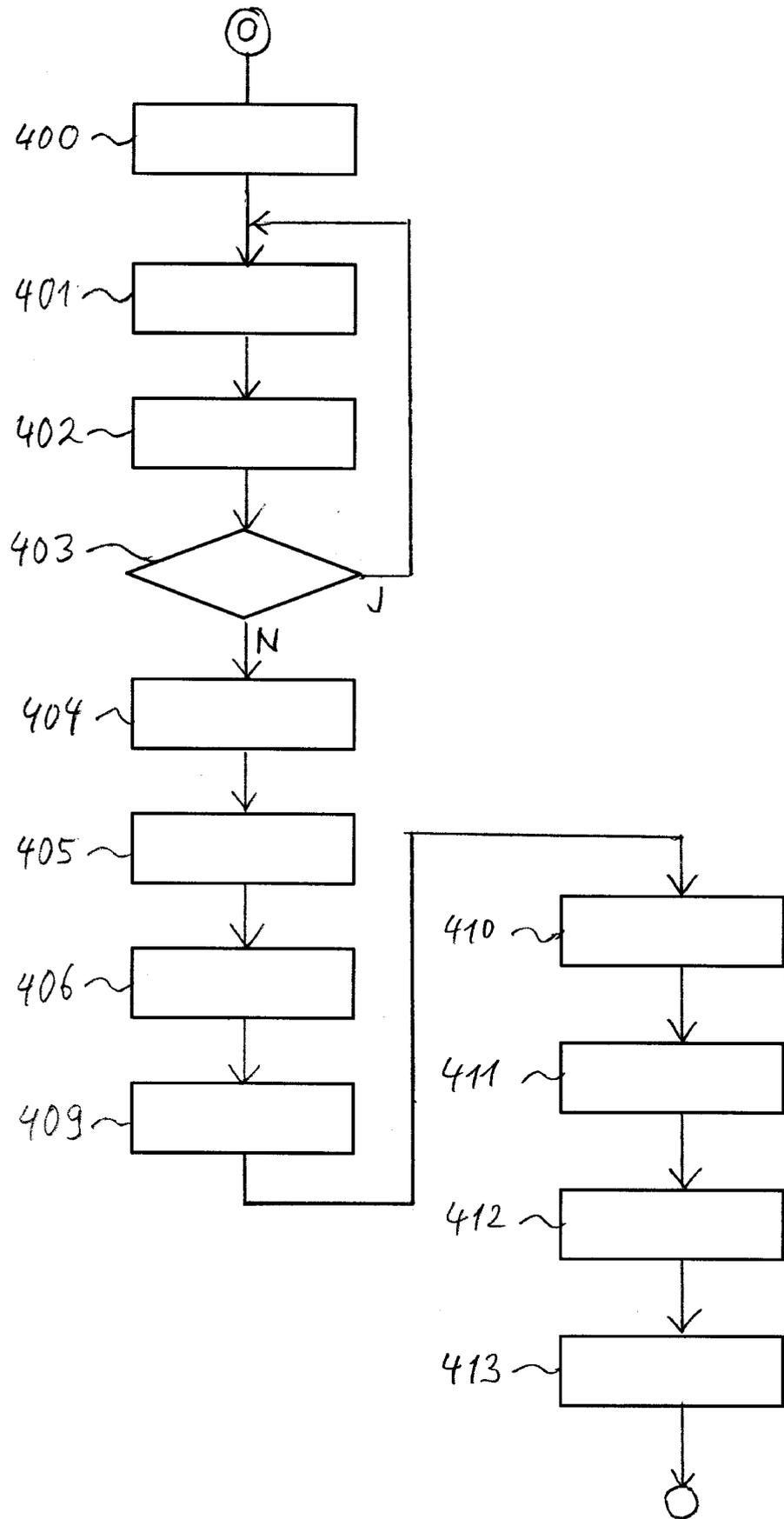


Fig. 4

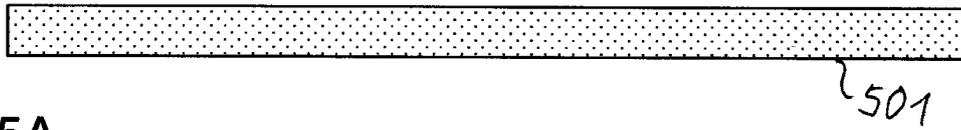


Fig. 5A

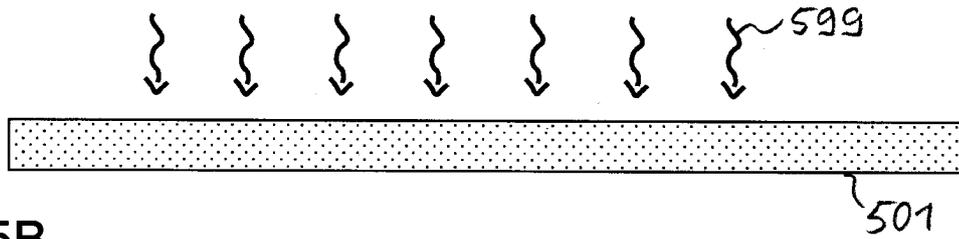


Fig. 5B

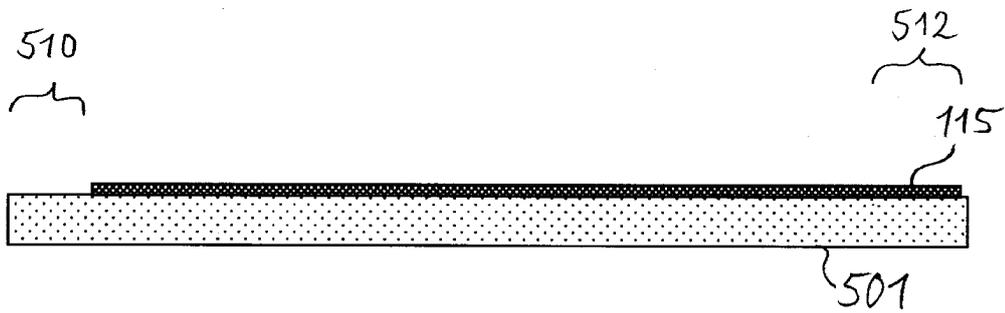


Fig. 5C

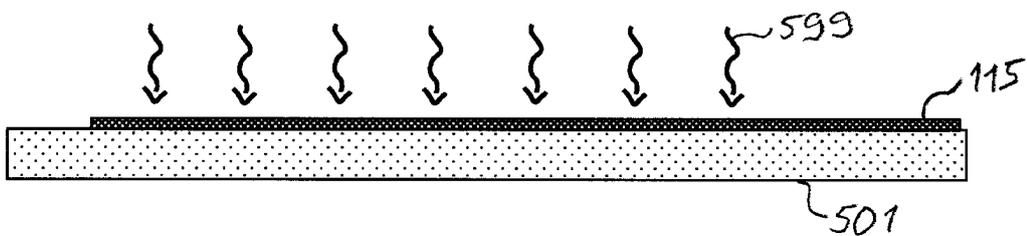


Fig. 5D

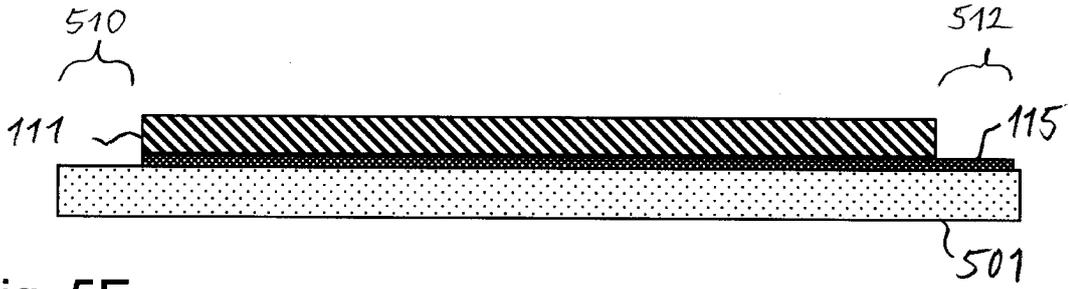


Fig. 5E

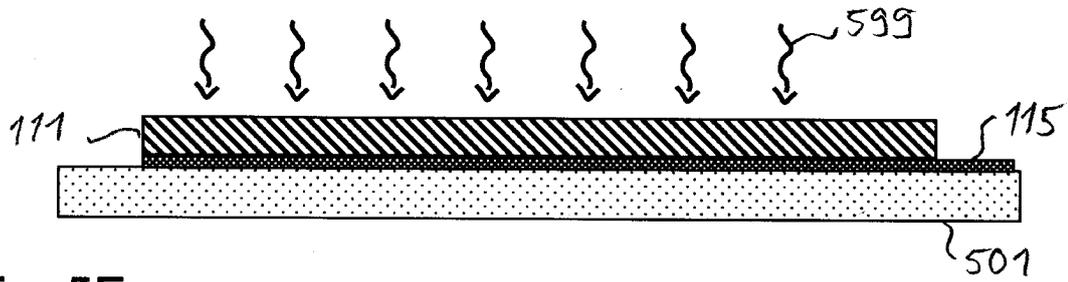


Fig. 5F

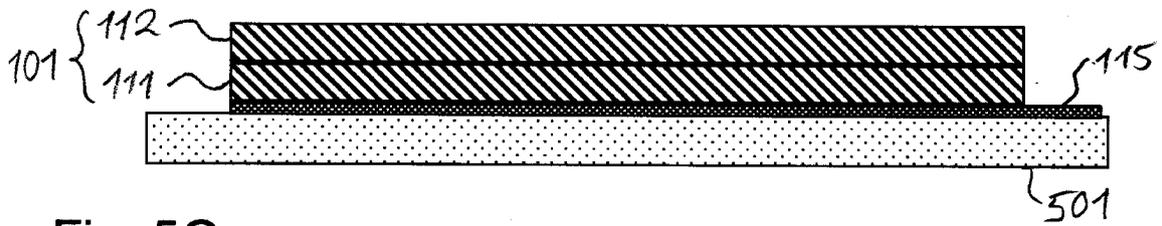


Fig. 5G

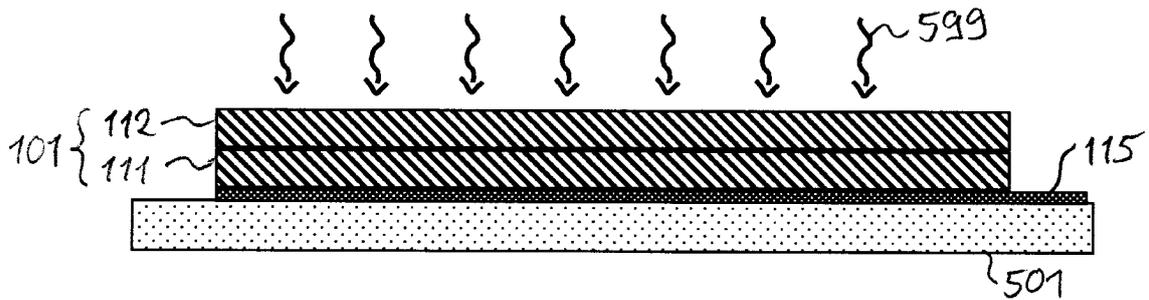


Fig. 5H

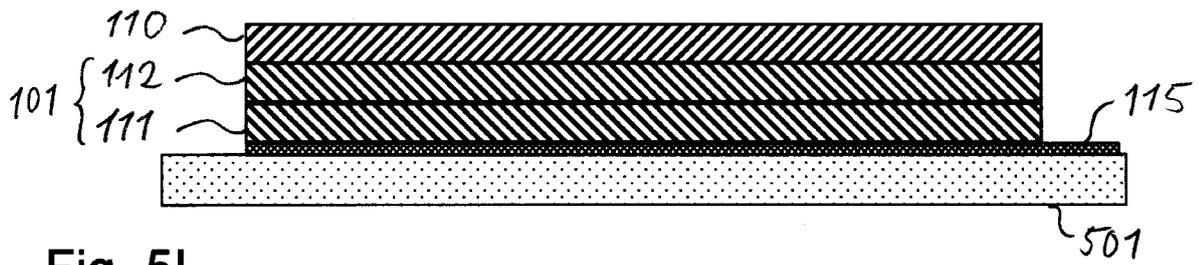


Fig. 5I

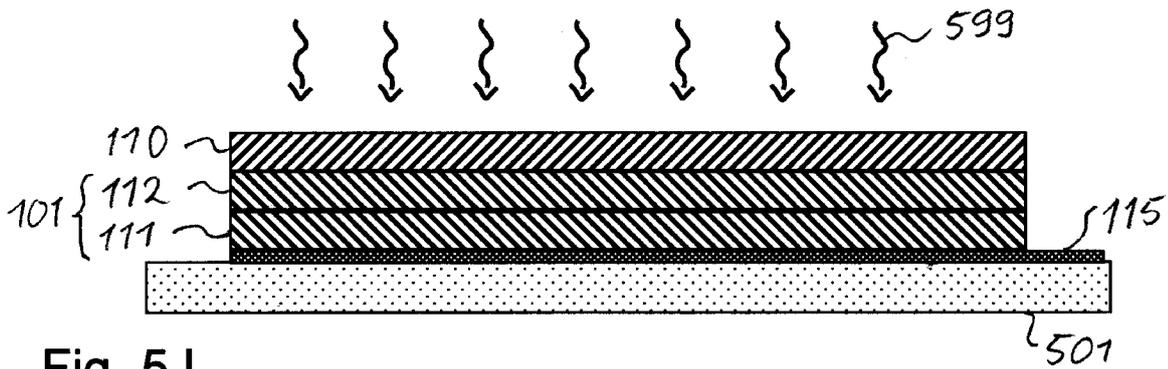


Fig. 5J



Fig. 5K

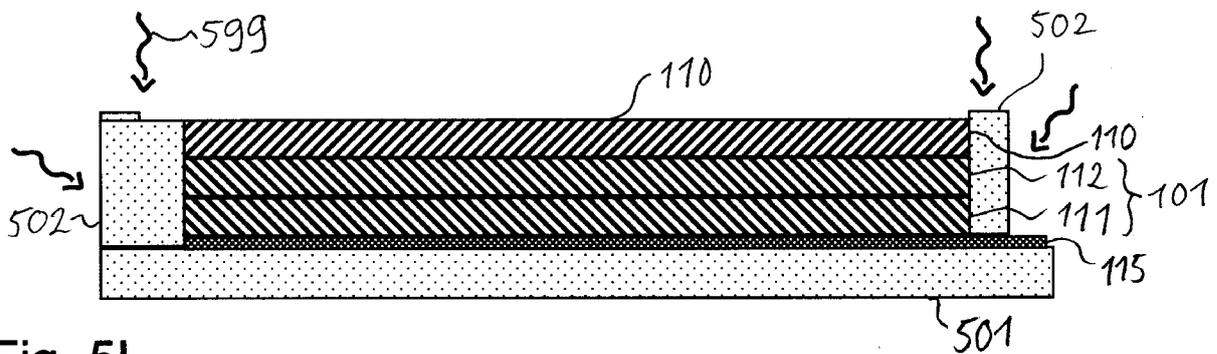


Fig. 5L

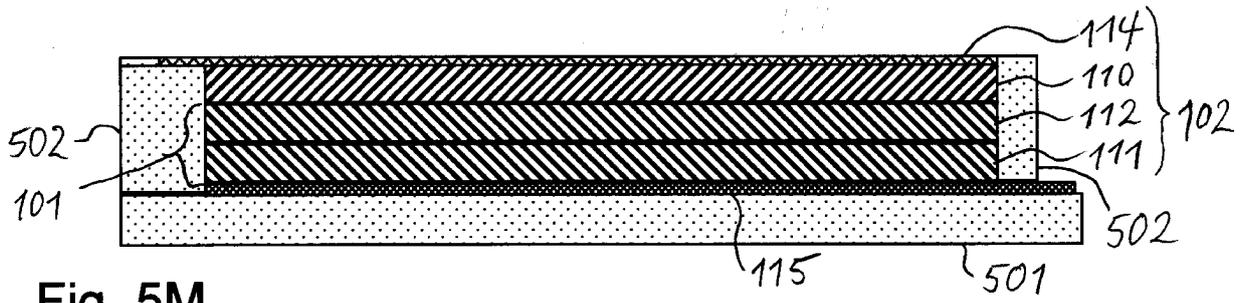


Fig. 5M

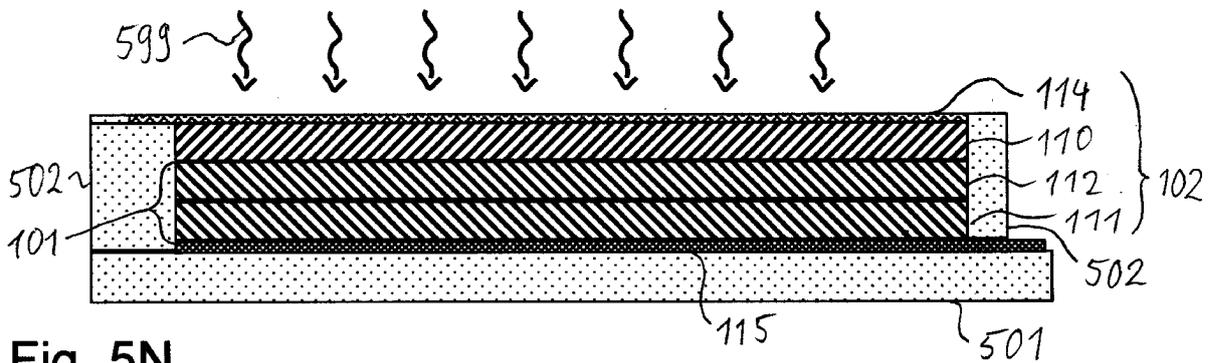


Fig. 5N

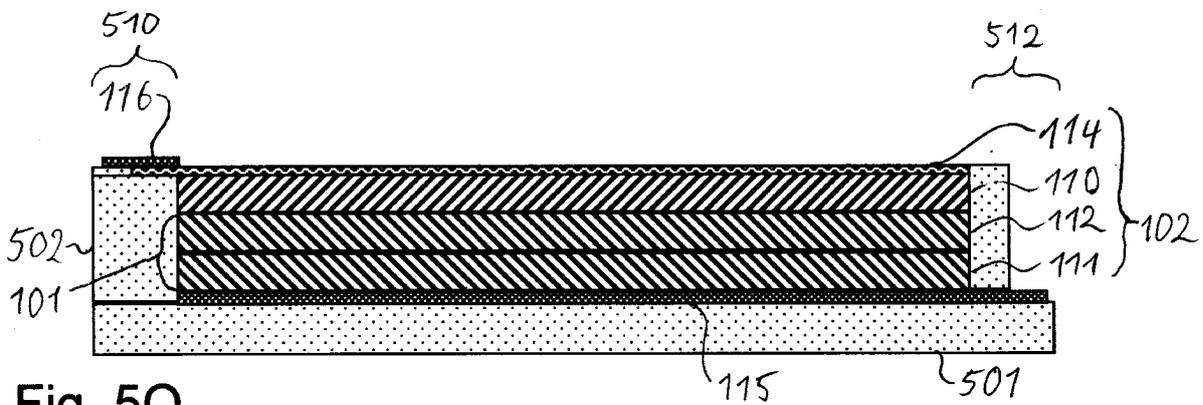


Fig. 5O

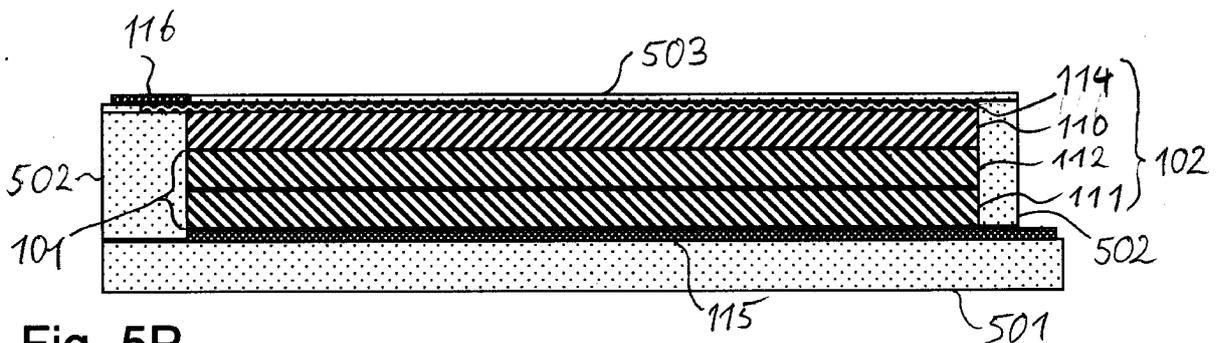


Fig. 5P

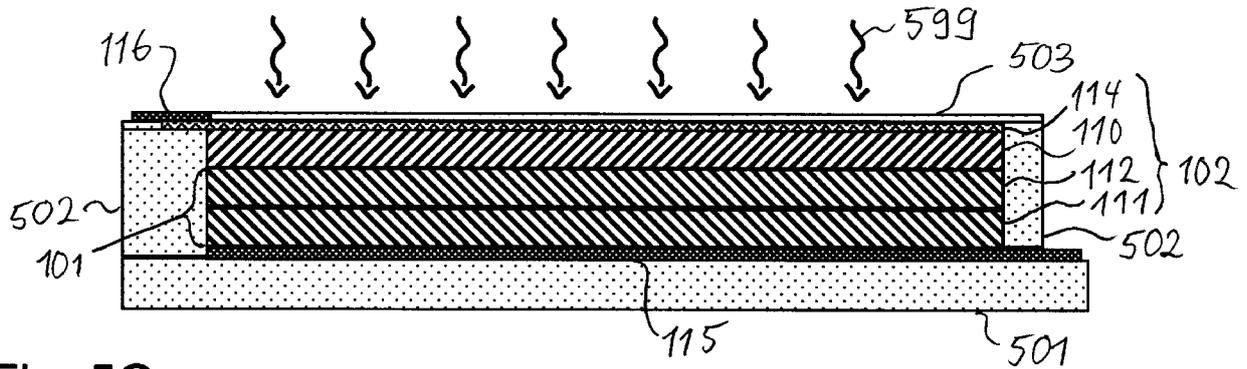


Fig. 5Q

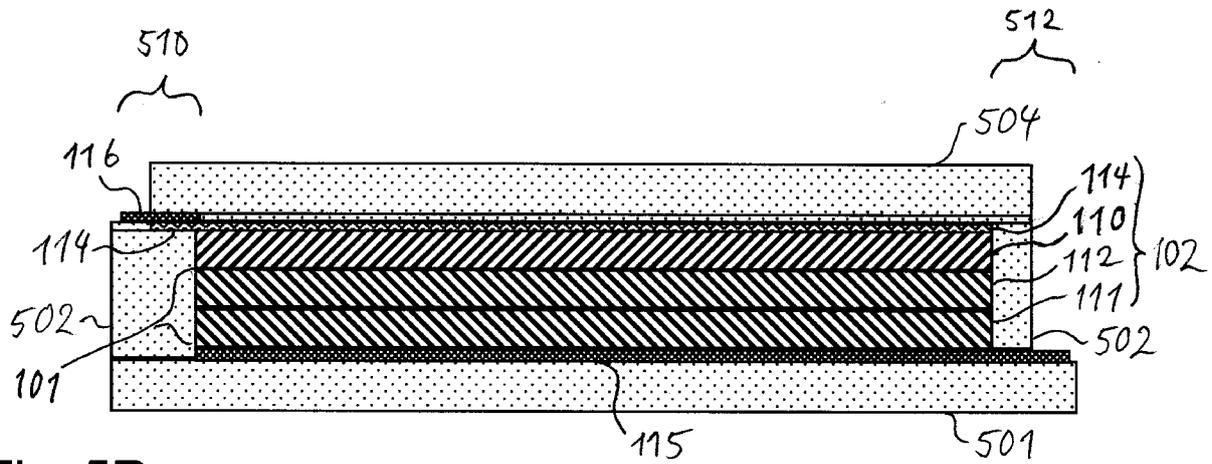


Fig. 5R

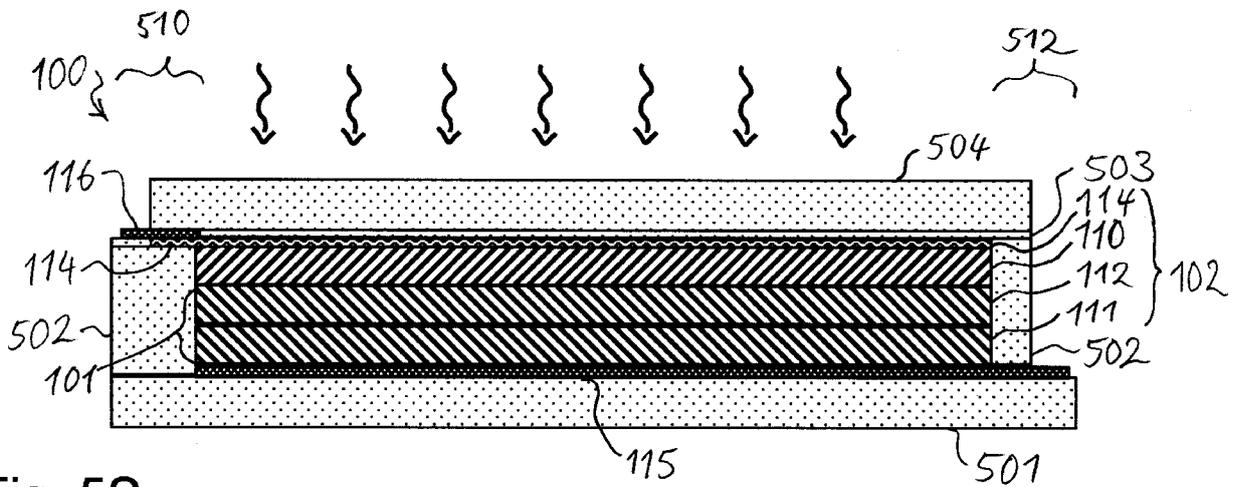


Fig. 5S

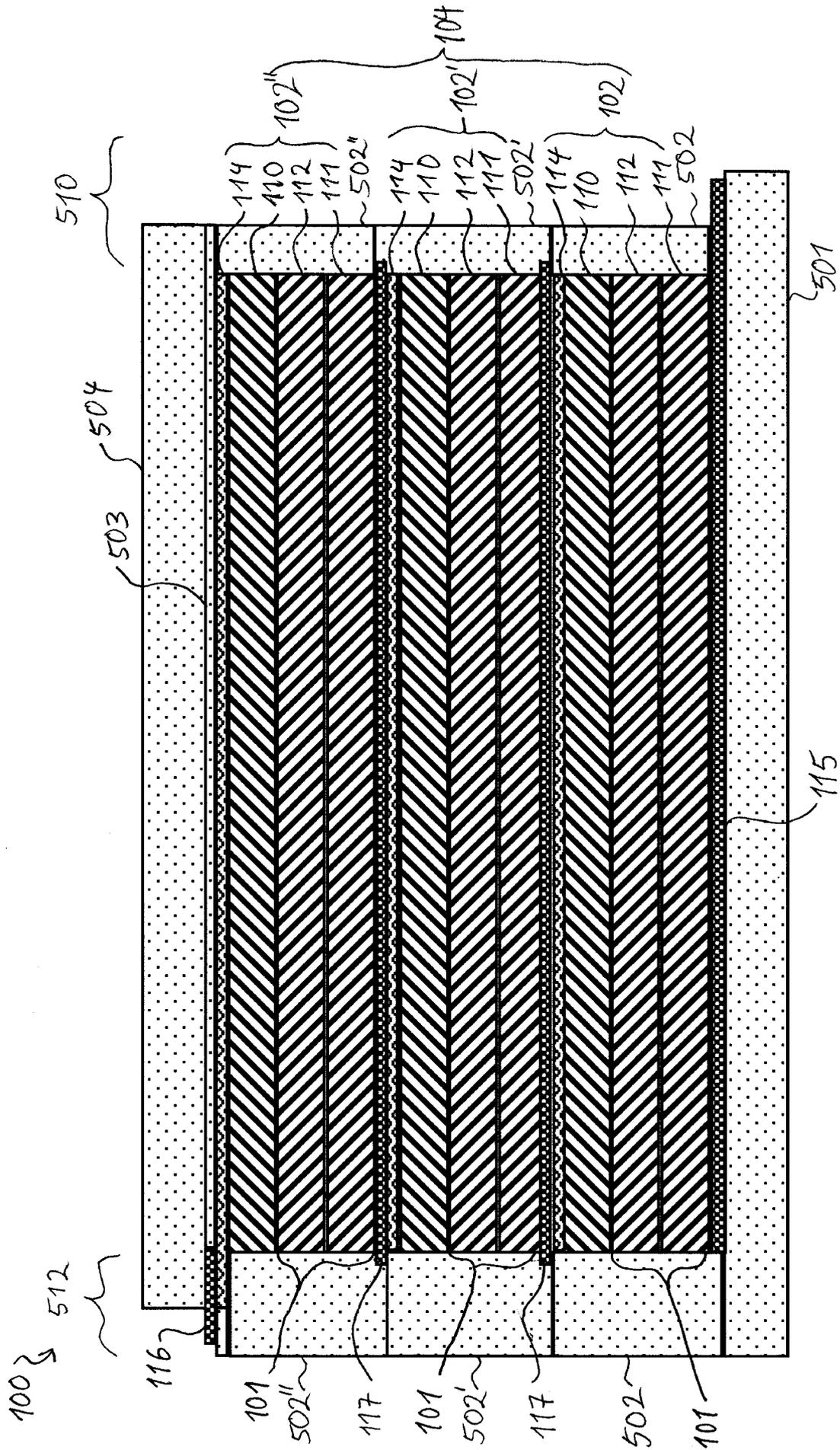


Fig. 6