



(10) **DE 10 2020 116 944 A1** 2021.12.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 116 944.2**
(22) Anmeldetag: **26.06.2020**
(43) Offenlegungstag: **30.12.2021**

(51) Int Cl.: **H01M 10/04 (2006.01)**
H01M 10/058 (2010.01)
H01M 4/04 (2006.01)

(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:

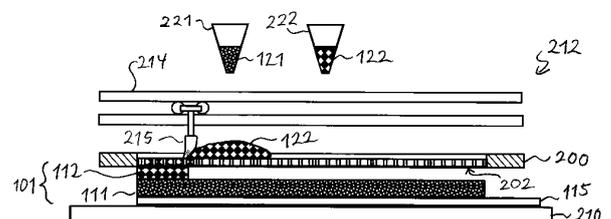
US	2005 / 0 239 917	A1
US	2013 / 0 192 997	A1
US	2016 / 0 126 554	A1
US	2020 / 0 083 518	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

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

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Anordnens eines Drucksiebs (200) über einer Druckauflage (210), die zur Auflage eines Zellelements oder Zellstapels des Energiespeichers ausgebildet ist, einen Schritt des Aufbringens einer Paste (121; 122), die eine Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s aufweist, auf dem Drucksieb (200) und einen Schritt des Streichens der Paste (121; 122) durch Sieböffnungen (202) des Drucksiebs (200), um auf der Druckauflage (210) eine Elektrodenschicht (101) des Zellelements oder Zellstapels auszubilden.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Herstellungsverfahren für einen Energiespeicher, insbesondere ein Verfahren zur Herstellung eines Energiespeichers, der eine elektrochemische Zelle enthält.

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 Zellausbringung 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. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Anordnens eines Drucksiebs über einer Druckauflage, die zur Auflage eines Zellelements oder Zellstapels des Energiespeichers ausgebildet ist, einen Schritt des Aufbringens einer Paste, die eine Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s aufweist, auf dem Drucksieb und einen Schritt des Streichens der Paste durch Sieböffnungen des Drucksiebs, um auf der Druckauflage eine Elektrodenschicht des Zellelements oder Zellstapels auszubilden.

[0009] Die Ausdrücke „über“, „Auflage“ und „auf“ 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.

[0010] Mit dem Begriff „Elektrodenschicht“ ist sowohl eine Schicht gemeint, die für sich bereits eine Elektrode des Energiespeichers bildet, als auch eine von mehreren Elektrodenteilschichten, die übereinandergeschichtet gemeinsam die Elektrode bilden. Das Verfahren verwendet einen Siebdruckvorgang, um die Elektrodenschicht auszubilden, so dass eine 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 einer Paste er-

folgt, die eine hohe Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s aufweist, bleibt die siebgedruckte Elektrodenschicht auch bei größeren Dicken in der erzeugten geometrischen Form, ohne zu zerfließen. Dies ermöglicht die Ausbildung 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 bereits die für die Herstellung des Energiespeichers benötigte Zeit. Darüber hinaus wird ermöglicht, ohne großen Zeitaufwand die Elektrode aus mehreren Teilschichten aufzubauen, um so z. B. eine größere Elektrodendicke mit der damit einhergehenden Kapazitätserhöhung oder gewünschte besondere Eigenschaften der Elektrode zu erreichen.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung beträgt die Viskosität während des Streichens höchstens 50 Pa s. Indem auf diese Weise die Paste mit einer besonders geringen Scherviskosität eingestellt wird, kann sie besonders präzise verarbeitet werden und ermöglicht so, eine gewünschte Form und gewünschte Abmessungen der Elektrodenschicht präzise zu verwirklichen.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die Paste einen Binder mit einem Epoxidharz und einem Lösungsmittel auf. Auf diese Weise lässt sich neben gewünschten Viskositätswerten der Paste eine gewünschte Porosität der gebildeten Elektrodenschicht einstellen, die dem Energiespeicher vorteilhafte Speichereigenschaften verleiht. Auf diese Weise kann auf einen Kalenderschritt zur nachträglichen mechanischen Beeinflussung der Porosität verzichtet werden, was das Herstellungsverfahren vorteilhaft verkürzt. Vorzugsweise weist das Lösungsmittel Essigsäurediethylenglycolmonobutyletherester auf.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird die Elektrodenschicht mit einer Dicke von mindestens 100 µm, insbesondere mindestens 150 µm ausgebildet. So kann mit geringem Herstellungsaufwand ein Energiespeicher hoher Speicherkapazität hergestellt werden.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird die Elektrodenschicht mit einer Überhöhung von höchstens 5 µm ausgebildet. Mit Überhöhung ist eine Höhendifferenz zwischen einer größten Höhe, die die Elektrodenschicht in Randnähe aufweist, und einer geringeren Höhe, die die Elektrodenschicht fern ihres Randes aufweist, gemeint. Eine geringe Überhöhung ermöglicht eine präzise Einstellung der Abmes-

sungen der Elektrodenschicht. Vorzugsweise beträgt die Überhöhung höchstens 1 μm .

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird die Elektrodenschicht mit einem Kantenwinkel von höchstens 5° ausgebildet. Mit dem Kantenwinkel ist ein Winkel gemeint, den eine seitwärtige Kantenfläche der Elektrodenschicht zur Senkrechten, d. h. der Druckrichtung aufweist. Ein kleiner Kantenwinkel ermöglicht eine präzise Einstellung der Abmessungen der Elektrodenschicht. Vorzugsweise beträgt der Kantenwinkel höchstens 1°.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Trocknens der Elektrodenschicht über eine Trocknungszeit von höchstens 10 min. Dies bedeutet einen besonders geringen Zeitaufwand für die Herstellung des Energiespeichers. Vorzugsweise beträgt die Trocknungszeit höchstens 6 min.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung werden die Schritte des Aufbringens und des Streichens wiederholt, um eine erste Elektrodensteilschicht und eine zweite Elektrodensteilschicht der Elektrodensteilschicht auszubilden. Auf diese Weise kann eine Elektrodensteilschicht größerer Dicke erzielt werden, die eine höhere Speicherkapazität des Energiespeichers ermöglicht. Ferner wird ermöglicht, durch Variation der Zusammensetzung der Paste zwischen den Elektrodensteilschichten einen Gradienten innerhalb der Elektrodensteilschicht auszubilden, um die Speichereigenschaften des Energiespeichers zu beeinflussen.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung werden die Schritte des Aufbringens und des Streichens wiederholt, um eine Separatorschicht des Zellelements oder Zellstapels auszubilden, welche die Elektrodensteilschicht von einer weiteren Elektrodensteilschicht des Zellelements oder Zellstapels separiert. Mit der Separatorschicht ist sowohl eine Festelektrolytschicht als auch eine elektrolytfreie poröse Schicht zur späteren Tränkung mit Flüssigelektrolyt gemeint. Die Schritte des Aufbringens und des Streichens können auch mehrfach wiederholt werden, um die Separatorschicht in mehreren Separatorteilschichten aufzubringen.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Anordnens des Zellelements oder Zellstapels in einem Gehäuse, einen Schritt des Befüllens des Gehäuses mit einem flüssigen Elektrolyten sowie einen Schritt des Verschließens des Gehäuses. Dies ermöglicht die vorteilhafte Einbindung des Verfahrens in bestehende Herstellungsverfahren.

Figurenliste

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

Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines Energiespeichers, der nach einem Verfahren gemäß einer Ausführungsform hergestellt ist,

Fig. 2 eine schematische angeschnittene Vorderansicht einer Vorrichtung zur Herstellung eines Energiespeichers nach einem Verfahren gemäß einer Ausführungsform, beim Ausbilden einer ersten Elektrodensteilschicht des Energiespeichers,

Fig. 2A eine ausschnittshafte Vergrößerung der Elektrodensteilschicht aus **Fig. 2**,

Fig. 3 die Vorrichtung aus **Fig. 2** beim Ausbilden einer zweiten Elektrodensteilschicht des Energiespeichers,

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

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

Fig. 6 eine schematische Querschnittsansicht eines Energiespeichers, der nach einem Verfahren gemäß einer Ausführungsform hergestellt ist.

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 fluiddichtes 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 Elektrodensteilschicht **101** und eine zweite Elektrodensteilschicht **114** aufweist. Zwischen der ersten Elektrodensteilschicht **101** und der zweiten Elektrodensteilschicht **114** befindet sich eine Separatorschicht **110** aus einem porösen Material, das von dem Flüssigelektrolyten **107** durchdrungen ist.

[0023] Die erste Elektrodenschicht **101** besteht aus einer an die Separatorschicht **110** angrenzenden zweiten Elektrodenteilschicht **112** und eine an die von der Separatorschicht **110** abgewandte Seite der zweiten Elektrodenteilschicht **112** angrenzende erste Elektrodenteilschicht **111**. Die zweite Elektrodenteilschicht **112** ist dünner als die erste Elektrodenteilschicht **111**. Beispielsweise weist die erste Elektrodenteilschicht **111** eine Dicke von 150 µm auf, während die zweite Elektrodenteilschicht **112** eine Dicke von 50 µm aufweist. Beide Elektrodenteilschichten **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 Elektrodenteilschicht **112** enthält eine Beimischung des Separatormaterials, so dass sie poröser als die erste Elektrodenteilschicht **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 Elektrodenteilschicht **112** zur ersten Elektrodenteilschicht **111**.

[0024] An der der zweiten Elektrodenteilschicht **112** abgewandten Seite der ersten Elektrodenteilschicht **111** ist eine erste metallische Ableiterschicht **115** gebildet, die sich über die gesamte Fläche der ersten Elektrodenteilschicht **111** sowie durch die Wandung des Gehäuses **106** in den Außenraum erstreckt. Die zweite Elektrodenschicht **114** weist ein metallisches Material, z. B. ein Alkalimetall wie Lithium oder Natrium auf. An der der Separatorschicht **110** abgewandten Seite der zweiten Elektrodenschicht **114** ist eine zweite metallische Ableiterschicht **116** gebildet, die einen Teil der Fläche der zweiten Elektrodenschicht **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 Elektrodenschicht **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 Auftragungsvorrichtung **221** enthaltend eine erste Paste **121** und eine zweite Auftragungsvorrichtung **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 Rakel **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 Ionendonator 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 Elektrodenteilschicht **111** des Energiespeichers **100** ausgebildet. Hierzu wird mittels der ersten Auftragungsvorrichtung **221** eine geeignete Menge der ersten Paste **121** auf das Drucksieb **200** aufgetragen. Anschließend wird, wie in Fig. 2 gezeigt, mittels der Rakel **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 ers-

ten metallischen Ableiterschicht **115** die erste Elektrodensteilschicht **111** ausgebildet wird.

[0029] 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.

[0030] In Verzweigungsschritt **403** wird festgestellt, ob eine weitere Elektrodensteilschicht 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 Elektrodensteilschicht **111** die zweite Elektrodensteilschicht **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 Elektrodensteilschicht **111** die zweite Elektrodensteilschicht **112** ausgebildet wird.

[0031] Anschließend wird in Schritt **402** die zweite Elektrodensteilschicht **112** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. Die auf diese Weise entstandene erste Elektrodensteilschicht **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.

[0032] In Verzweigungsschritt **403** wird erneut überprüft, ob noch eine weitere Elektrodensteilschicht 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 Elektrodensteilschicht **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.

[0033] Anschließend wird in Schritt **405** die Separatorschicht **110** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet. Die auf diese Weise entstandene Sepa-

ratorschicht **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.

[0034] In Schritt **406** wird durch Siebdrucken mit einer vierten Paste auf der Separatorschicht **110** die zweite Elektrodensteilschicht **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 Elektrodensteilschicht **114** durch Wärmebestrahlung über 6 min getrocknet.

[0035] In Schritt **410** wird durch Siebdrucken mit einer fünften Paste auf der zweiten Elektrodensteilschicht **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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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 umlaufender 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.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] In Schritt K - dargestellt in **Fig. 5K** - wird im umlaufenden Gehäuseseitenwandbereich einschließlich 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.

[0045] 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.

[0046] 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 freiliegen-

den 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.

[0047] 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 Gehäuseseitenwand **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.

[0048] 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.

[0049] **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.

[0050] 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 µm überragt. Anschließend wird eine zweite Elektrodenschicht **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.

[0051] Danach wird eine dritte metallische Ableiterschicht **117** auf die zweite Elektrodenschicht **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 Elektrodenteilschicht **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:
Anordnen eines Drucksiebs (200) über einer Druckauflage (210), welche zur Auflage eines Zellelements (102) oder Zellstapels (104) des Energiespeichers (100) ausgebildet ist;
Aufbringen einer Paste (121; 122), welche eine Ruheviskosität von mindestens 200 Pa s aufweist, auf dem Drucksieb (200); und
Streichen der Paste (121; 122) durch Sieböffnungen (202) des Drucksiebs (200), um auf der Druckauflage (210) eine Elektrodenschicht (101) des Zellelements (102) oder Zellstapels (104) auszubilden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Viskosität während des Streichens höchstens 50 Pa s beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Paste (121; 122) einen Binder mit einem Epoxidharz und einem Lösungsmittel aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Lösungsmittel Essigsäurediethylenglycolmonobutyletherester aufweist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektrodenschicht (101) mit einer Dicke von mindestens 100 µm, insbesondere mindestens 150 µm ausgebildet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektrodenschicht (101) mit einer Überhöhung (301) von höchstens 5 µm, insbesondere höchstens 1 µm ausgebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektrodenschicht (101) mit einem Kantenwinkel (300) von höchstens 5°, insbesondere höchstens 1° ausgebildet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Schritt des Trocknens der Elektrodenschicht (111; 112) über eine Trocknungszeit von höchstens 10 min, insbesondere höchstens 6 min.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schritte des Aufbringens und des Streichens wiederholt werden, um eine erste Elektrodenteilschicht (111) und eine zweite Elektrodenteilschicht (112) der Elektrodenschicht (101) auszubilden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schritte des Aufbringens und des Streichens wiederholt werden, um eine Separatorschicht (110) des Zellelements (102) oder Zellstapels (104) auszubilden, welche die Elektrodenschicht

(101) von einer weiteren Elektrodenschicht (114) des Zellelements (102) oder Zellstapels (104) separiert.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend folgende Schritte:
Anordnen des Zellelements (102) oder Zellstapels in einem Gehäuse (106); Befüllen des Gehäuses (106) mit einem flüssigen Elektrolyten; und
Verschließen des Gehäuses (106).

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

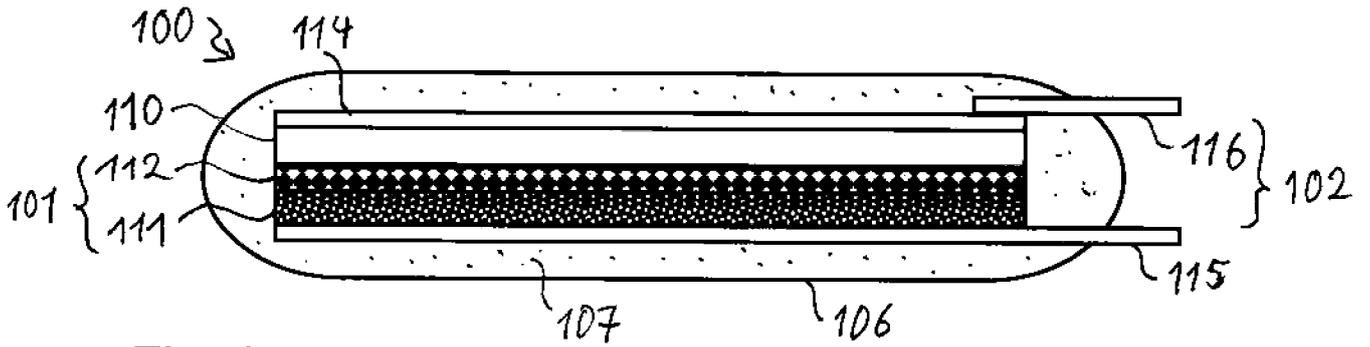


Fig. 1

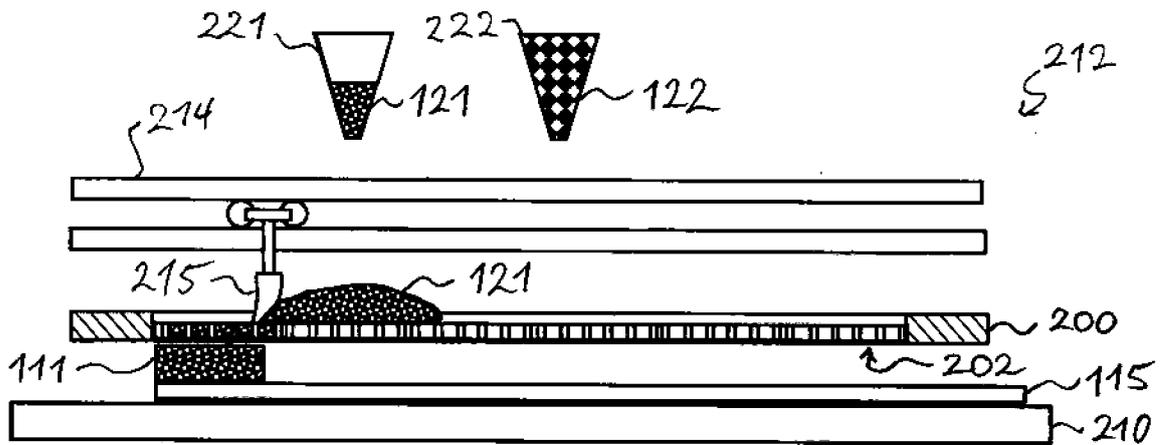


Fig. 2

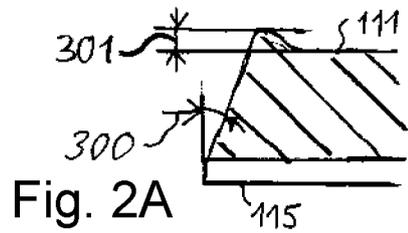


Fig. 2A

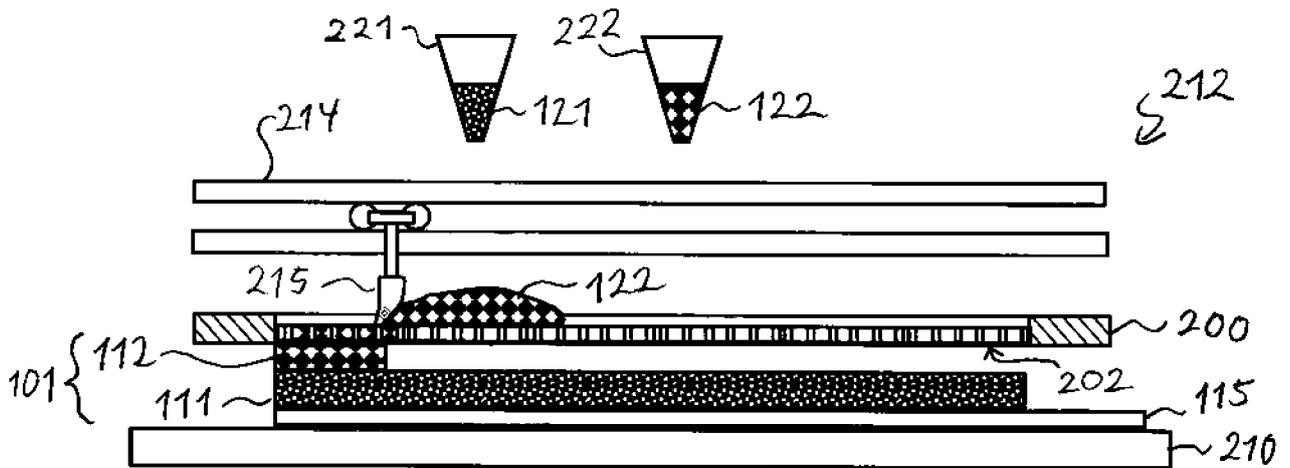


Fig. 3

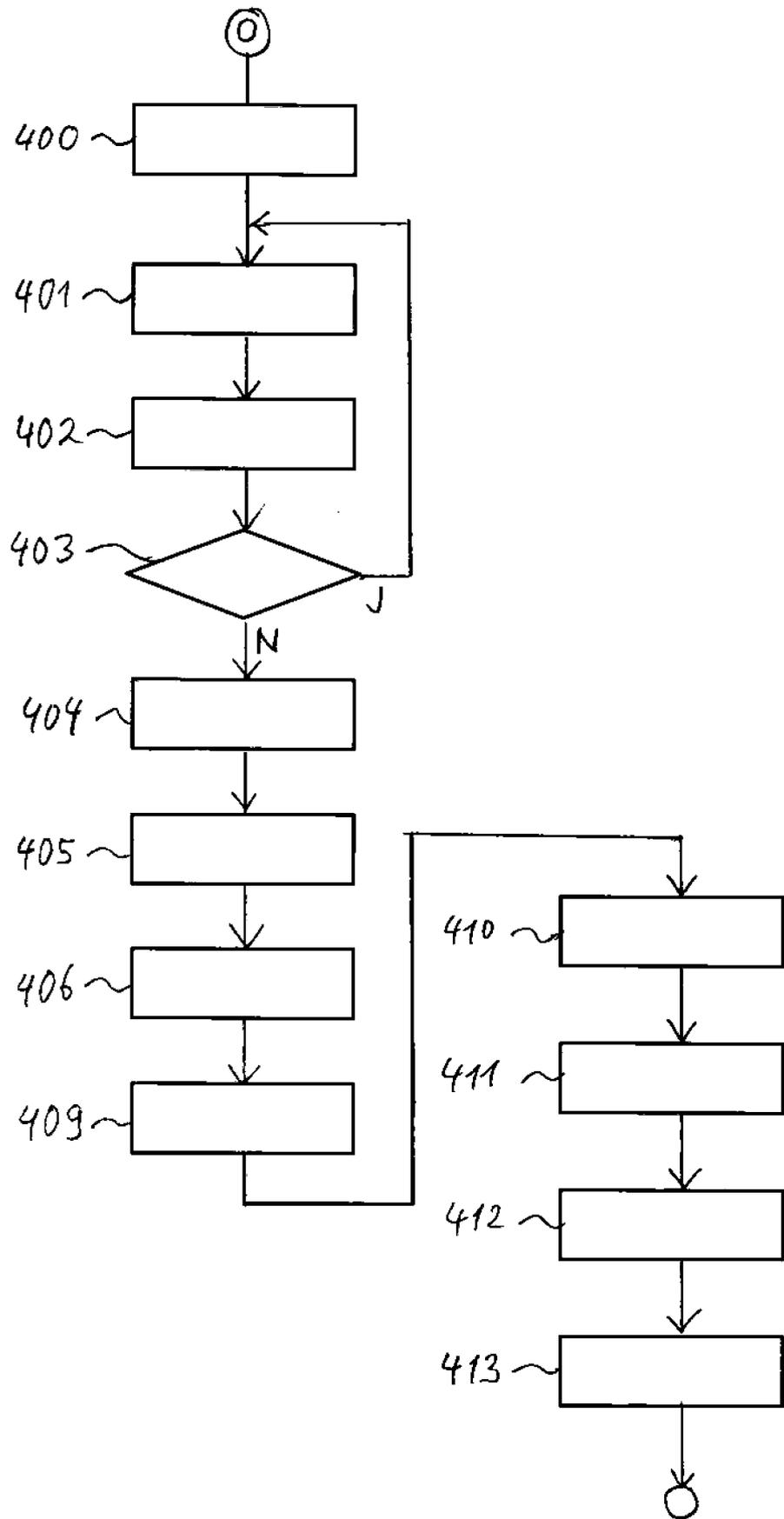


Fig. 4

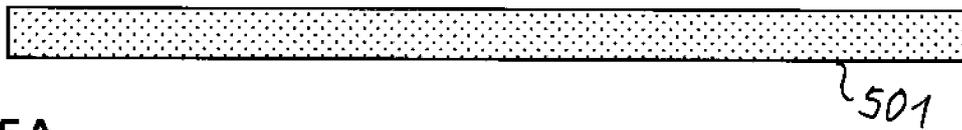


Fig. 5A

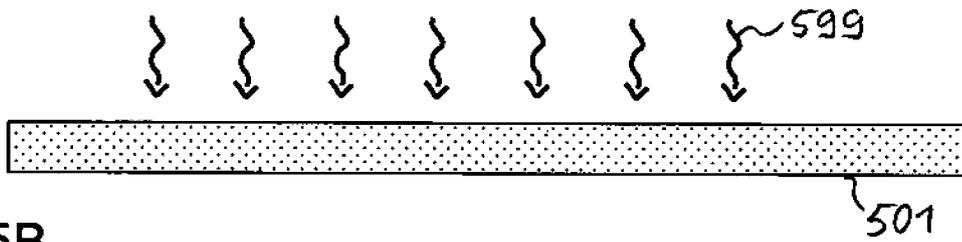


Fig. 5B

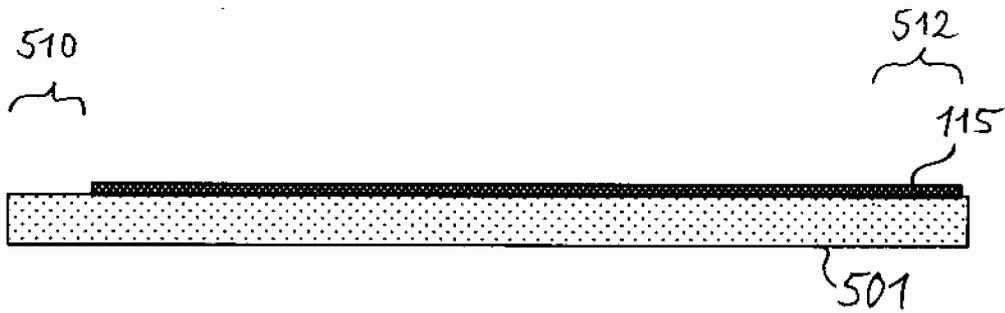


Fig. 5C

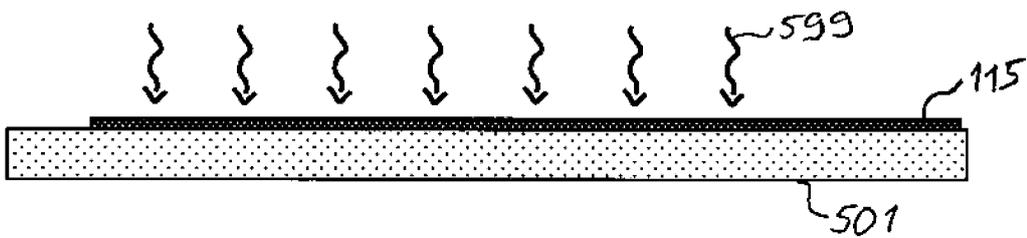


Fig. 5D

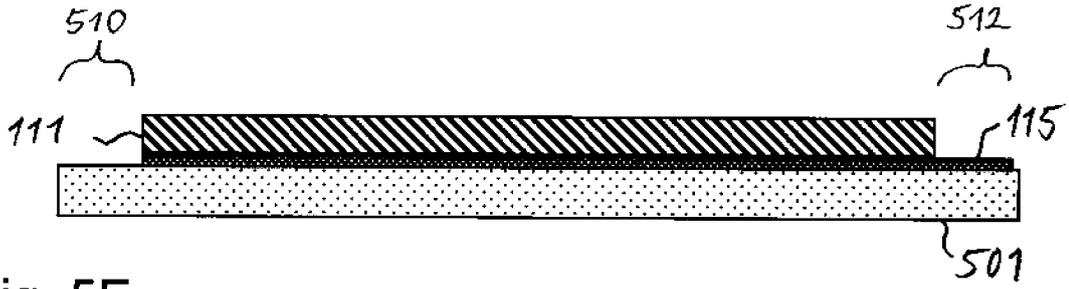


Fig. 5E

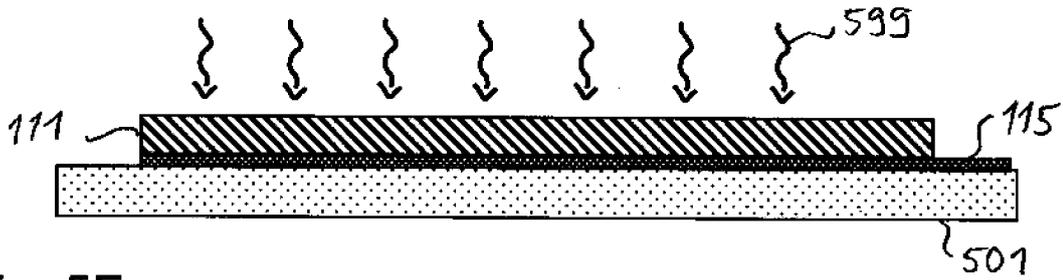


Fig. 5F

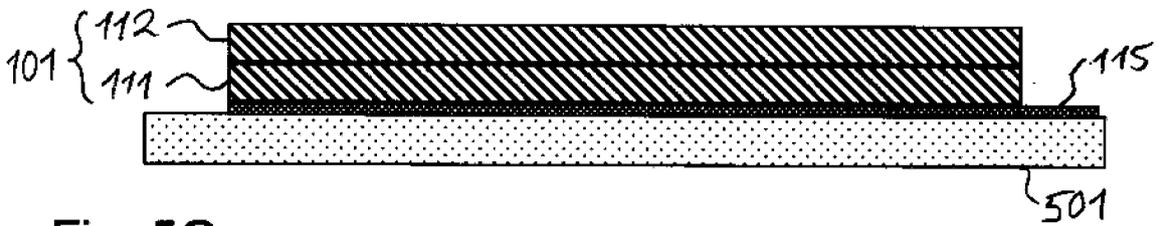


Fig. 5G

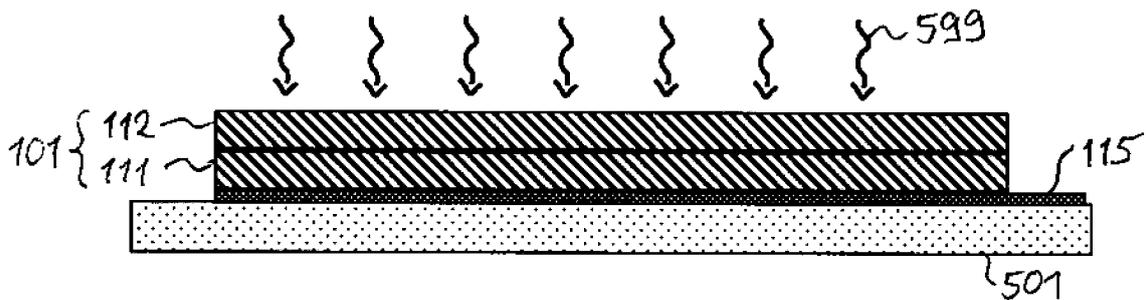


Fig. 5H

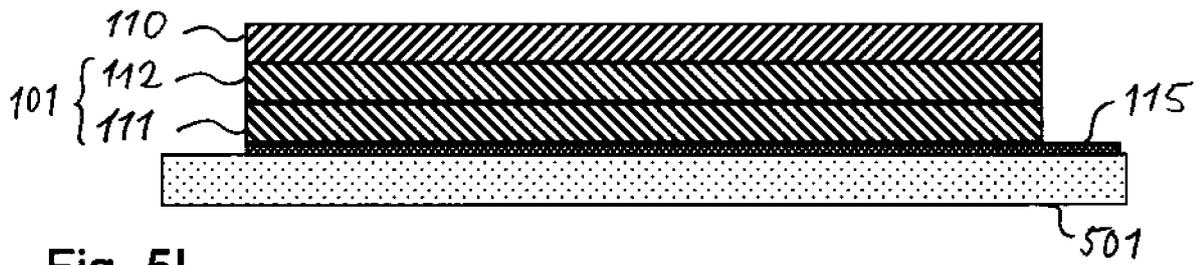


Fig. 5I

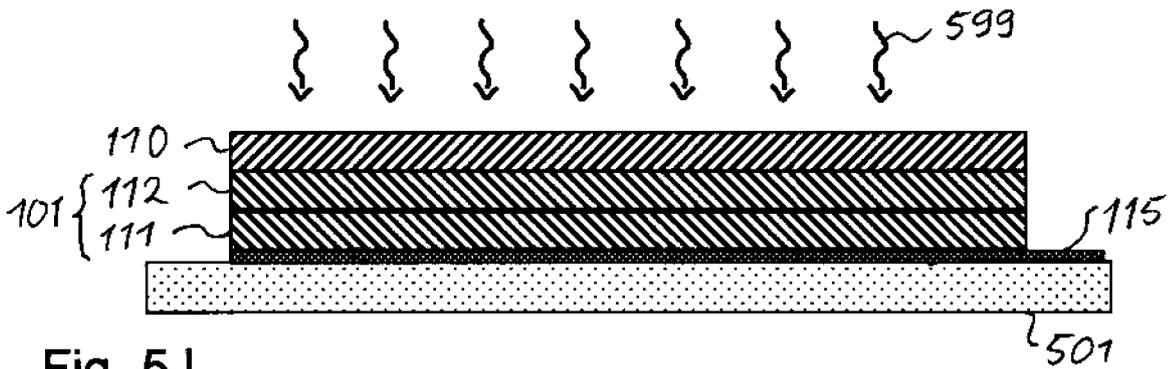


Fig. 5J

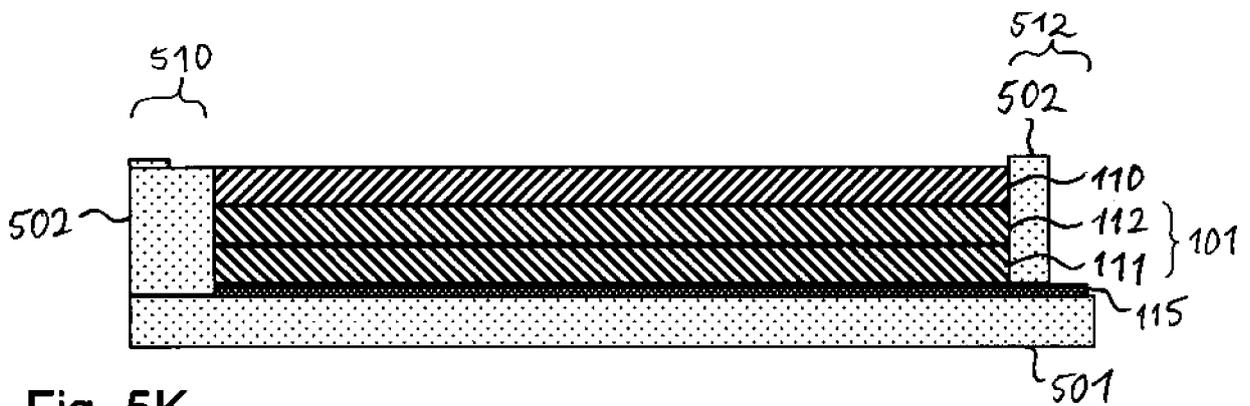


Fig. 5K

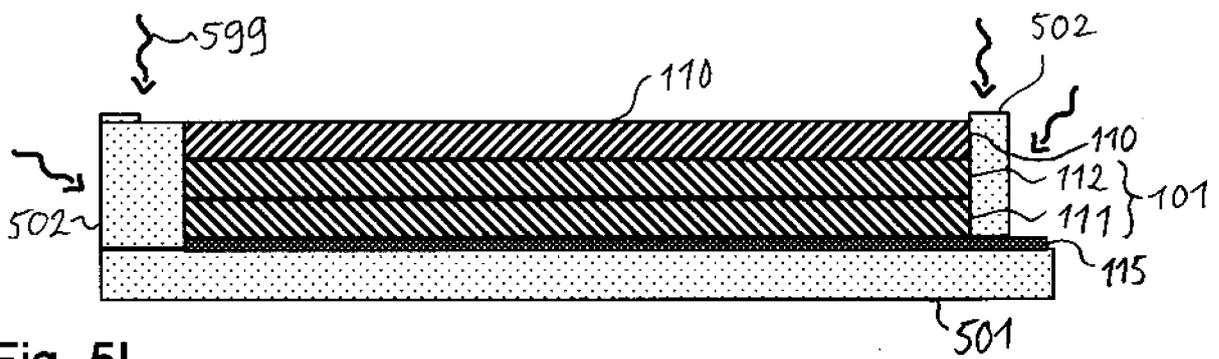


Fig. 5L

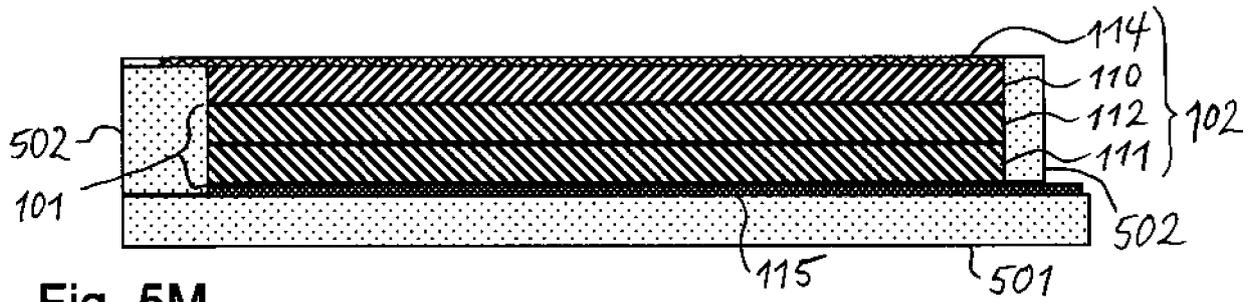


Fig. 5M

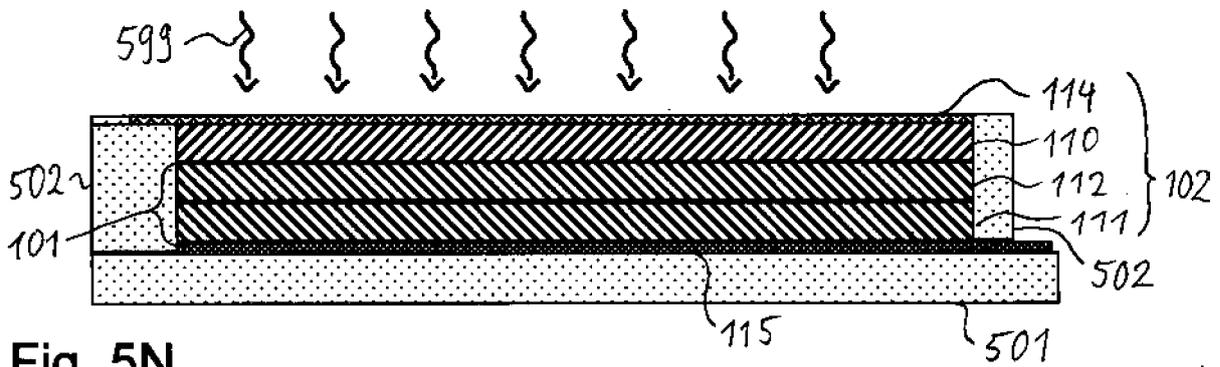


Fig. 5N

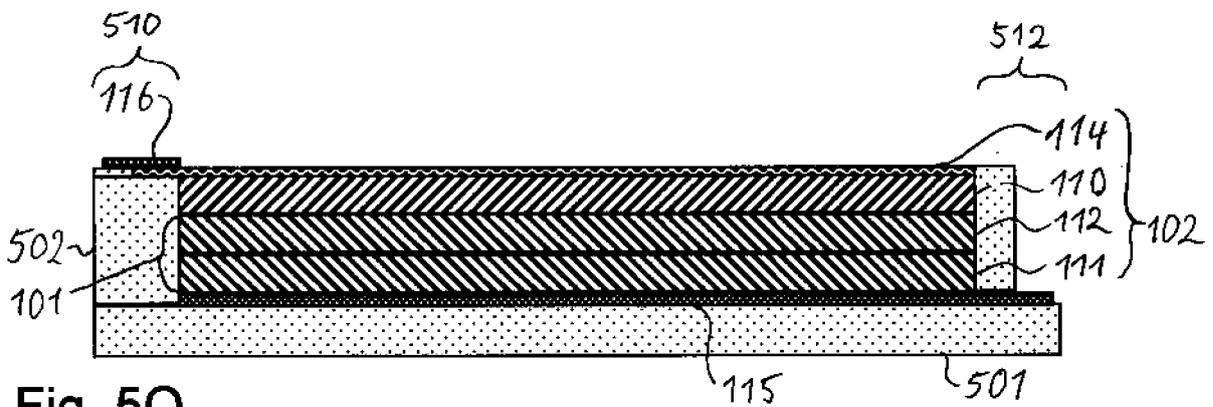


Fig. 5O

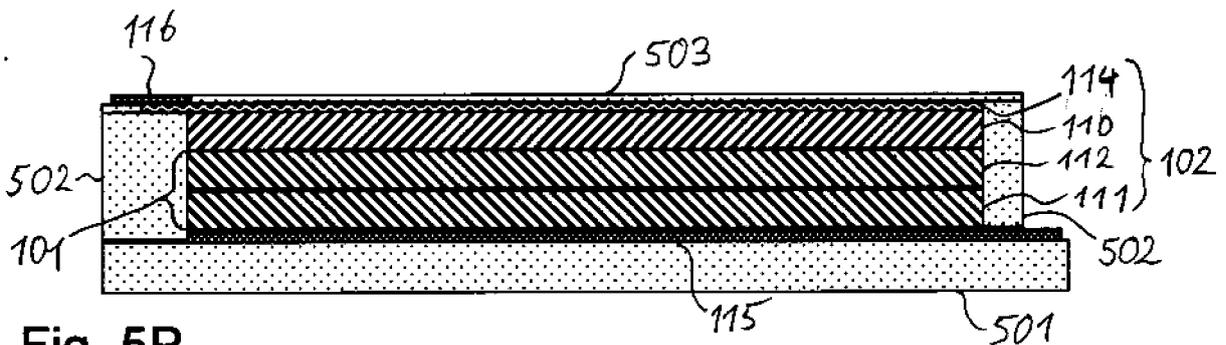


Fig. 5P

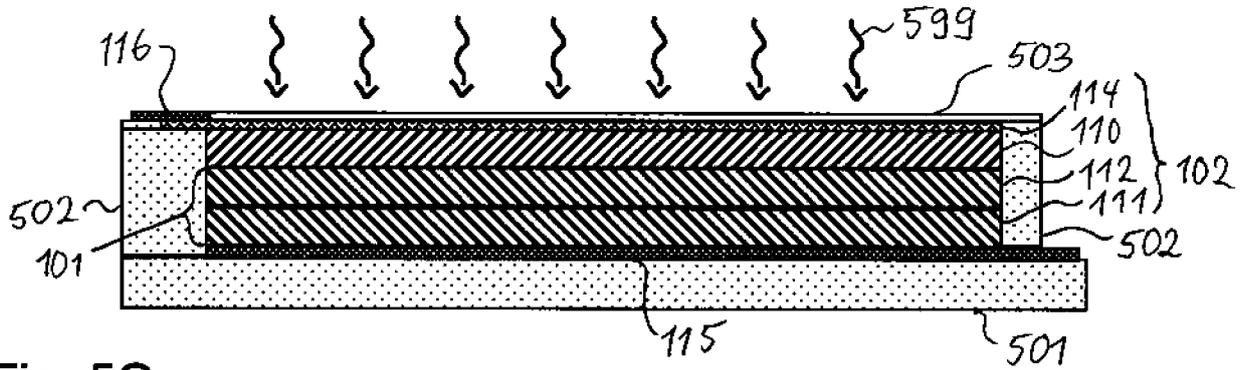


Fig. 5Q

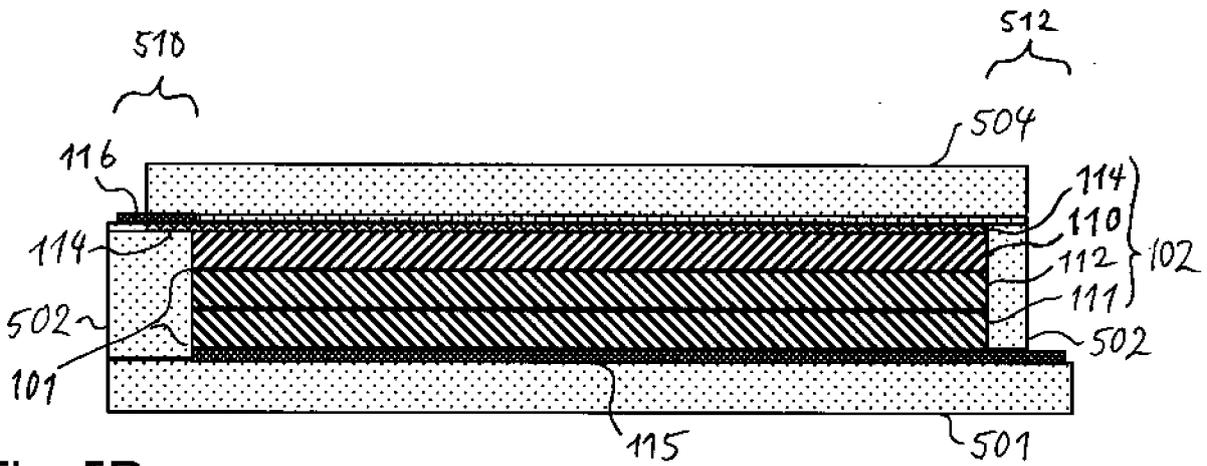


Fig. 5R

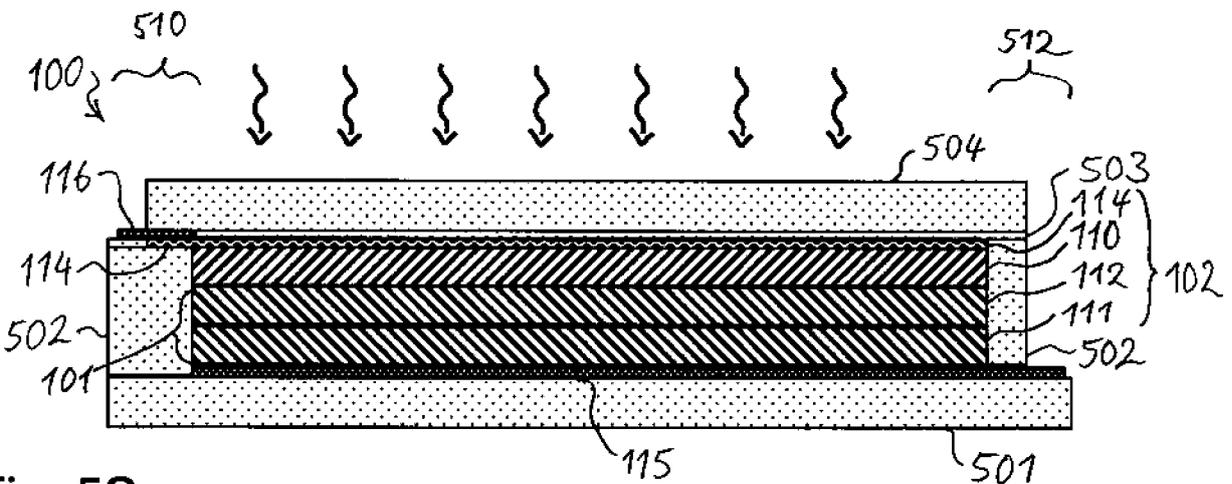


Fig. 5S

