



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 036 319 A1** 2010.02.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 036 319.7**

(22) Anmeldetag: **29.07.2008**

(43) Offenlegungstag: **04.02.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 10/14 (2006.01)**
H01M 8/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
ElringKlinger AG, 72581 Dettingen, DE

(74) Vertreter:
**HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
 Patentanwälte, 70182 Stuttgart**

(72) Erfinder:
**Schlipf, Michael, Dr., 89520 Heidenheim, DE; Zahn,
 Helmut, 89520 Heidenheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 697 16 483 T2
DE 694 32 820 T2
DE 692 18 490 T2

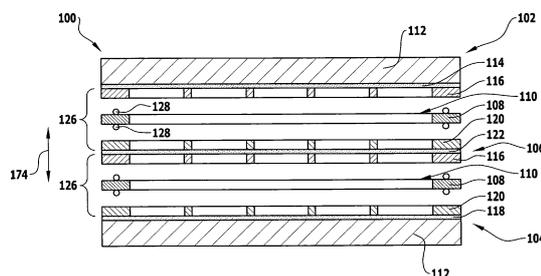
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte und Bipolarplatte für eine bipolare Batterie**

(57) Zusammenfassung: Um ein Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte für eine bipolare Batterie zu schaffen, welches auch in der Großserie zuverlässig und einfach durchführbar ist und verlässlich funktionierende Bipolarplatten liefert, wird ein Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte für eine bipolare Batterie vorgeschlagen, welches folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Bereitstellen eines Substrats für die Bipolarplatte;
- Bereitstellen mindestens einer Folie aus metallhaltigem Material;
- Laminieren der mindestens einen Folie aus metallhaltigem Material und des Substrats.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte für eine bipolare Batterie.

[0002] Herkömmliche Bleisäurebatterien werden aus monopolaren Platten aufgebaut. Mit diesen Systemen werden Leistungsdichten von maximal 250 W/kg erreicht.

[0003] Für viele Anwendungen (beispielsweise in Hybrid-Elektrofahrzeugen) werden jedoch höhere Leistungsdichten (von mehr als 600 W/kg) gefordert. Diese höheren Leistungsdichten sind nur durch einen bipolaren Batterieaufbau realisierbar.

[0004] Eine Bleisäurebatterie mit einem solchen bipolaren Batterieaufbau ist beispielsweise in der WO 98/40920 offenbart.

[0005] Wesentlicher Bestandteil einer solchen bipolaren Batterie sind Bipolarplatten, welche elektrisch leitfähig sind und aufeinanderfolgende permeable Separatoren, die mit Elektrolyt gefüllt sind, voneinander trennen.

[0006] Für Aufbau und Herstellung solcher Bipolarplatten sind die folgenden Möglichkeiten aus dem Stand der Technik bekannt:

- Die Bipolarplatte kann ein Substrat aus einem Metall, beispielsweise Titan oder Eisen mit einer Nickelbeschichtung, oder aus einer Metalllegierung umfassen.
- Alternativ hierzu kann das Substrat der Bipolarplatte auch aus einer elektrisch leitfähigen Keramik, beispielsweise TiO₂, bestehen.
- Ferner kann das Substrat der Bipolarplatte aus einem mit graphitierten Kohlefasern verstärkten Polymer bestehen. Dieser Verbund wird durch Lösen des Polymers, Eingießen des Polymers in die graphitierte Kohlefaserplatte und anschließendes Verpressen der getränkten Kohlefaserplatten hergestellt. Auf diesen Polymerverbund wird dann durch elektrolytische Abscheidung beidseitig eine elektrisch leitfähige, metallhaltige Schicht, beispielsweise eine Bleischicht, aufgebracht.

[0007] Bei diesem Herstellungsverfahren für die Bipolarplatte muss jedoch auf lösliche Polymere zurückgegriffen werden, wodurch die Auswahl an geeigneten Kandidaten sehr eingeschränkt ist.

[0008] Ferner weisen lösliche Polymere häufig nur eine eingeschränkte chemische Beständigkeit auf.

[0009] Das Herstellungsverfahren unter Verwendung löslicher Polymere ist aufgrund des Zwangs zur Verwendung von geeigneten Lösemitteln aus Gründen des Personen- und Umweltschutzes bedenklich.

[0010] Ferner hat es sich als unmöglich erwiesen, auf dem Polymerverbund aus polymerbefüllten Kohlefaserplatten durch ein elektrolytisches Abscheidungsverfahren eine vollständig porenfreie Pb-Schicht zu erzeugen. Die nach einem solchen Verfahren hergestellte Pb-Schicht zeigt aufgrund des Vorhandenseins von Poren im Betrieb der Bipolarplatte in der Bleisäurebatterie, insbesondere auf der Anodenseite, eine starke Neigung zur Korrosion und/oder zum Lochfraß.

[0011] Da elektrolytische Abscheidungsverfahren auf der Basis von Nernst-Potentialen entsprechend der elektrochemischen Spannungsreihe ablaufen, ist eine gezielte Legierung der Pb-Schicht nach Art und Gehalt mit weiteren Metallen nur eingeschränkt oder gar nicht möglich. Ferner weisen elektrolytisch abgeschiedene Bleischichten typischerweise eine sehr raue Oberfläche auf.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte für eine bipolare Batterie zu schaffen, welches auch in der Großserie zuverlässig und einfach durchführbar ist und verlässlich funktionierende Bipolarplatten liefert.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte für eine bipolare Batterie gelöst, das folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Bereitstellen eines Substrats für die Bipolarplatte;
- Bereitstellen mindestens einer Folie aus metallhaltigem Material;
- Laminiere die mindestens eine Folie aus metallhaltigem Material und des Substrats.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteil, dass durch das Auflaminieren der mindestens einer Folie aus metallhaltigem Material auf das Substrat eine metallhaltige Schicht mit einer besonders hohen elektrochemischen Beständigkeit an der Bipolarplatte erzeugt wird.

[0015] Die auflaminierte metallhaltige Folie weist eine deutliche geringere Rauigkeit der Oberfläche auf als eine nach einem elektrolytischen Abscheidungsverfahren erzeugte metallische Schicht. Ferner weist die auflaminierte Folie im Gegensatz zu einer nach dem elektrolytischen Abscheidungsverfahren erzeugten metallischen Schicht keine Poren auf.

[0016] Die auf diese Weise hergestellte Bipolarplatte kann durch Integration mit einem Gitter auf der Positivseite (im Folgenden als "positives Gitter" bezeichnet) und einem Gitter auf der Negativseite (im Folgenden als "negatives Gitter" bezeichnet) zu einer Bipolarzelle weiterverarbeitet werden.

[0017] Die metallhaltige Folie ist vorzugsweise vollständig aus metallischem Material, vorzugsweise aus Blei oder einer Bleilegierung, gebildet.

[0018] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass zwei Folien aus metallhaltigem Material bereitgestellt und mit einander gegenüberliegenden Seiten des Substrats laminiert werden.

[0019] Dabei kann das metallhaltige Material beider Folien miteinander identisch sein, oder die beiden Folien können aus unterschiedlichen metallhaltigen Materialien gebildet sein.

[0020] Vorzugsweise werden die beiden Folien aus metallhaltigem Material gleichzeitig mit den einander gegenüberliegenden Seiten des Substrats laminiert.

[0021] Vorzugsweise wird ein Substrat verwendet, das mindestens eine Folie aus einem Thermoplast-Compound, das mindestens ein Thermoplast-Material und mindestens einen elektrisch leitenden Füllstoff enthält, umfasst. Eine solche Folie kann in einfacher Weise durch Trockenmischung des Thermoplast-Materials und des mindestens einen elektrisch leitenden Füllstoffs hergestellt werden, wobei aus dem durch die Mischung erhaltenen Thermoplast-Compound in einem Heißpressverfahren ("Hot-Compression-Moulding"-Verfahren) ein vorzugsweise hohlzylindrischer Formkörper gebildet wird, aus dem mittels eines Schälverfahrens die elektrisch leitfähige Folie aus dem Thermoplast-Compound hergestellt wird.

[0022] Insbesondere wenn das Substrat der Bipolarplatte außer der Folie aus dem Thermoplast-Compound keinen weiteren Bestandteil enthält, ist es günstig, wenn die Folie aus dem Thermoplast-Compound beidseitig mit jeweils einer Folie aus metallhaltigem Material laminiert wird.

[0023] Alternativ oder ergänzend hierzu kann vorgesehen sein, dass ein Substrat für die Bipolarplatte verwendet wird, das mindestens ein elektrisch leitfähiges Vlies umfasst.

[0024] Ein solches Vlies kann insbesondere ein Kohlenstofffaser-Vlies sein.

[0025] Bei einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass ein Substrat für die Bipolarplatte verwendet wird, das zwei Folien aus einem Thermoplast-Compound und ein dazwischen angeordnetes Vlies umfasst, beispielsweise ein Vlies aus graphitierten Kohlenstofffasern.

[0026] Das für das Thermoplast-Compound verwendete Thermoplast-Material kann ein Fluorther-

moplast-Material enthalten und insbesondere vollständig aus einem oder mehreren Fluorthermoplast-Materialien bestehen.

[0027] Geeignete Fluorthermoplast-Materialien sind insbesondere PFA (Perfluoralkoxy-Copolymer), MFA (Tetrafluorethylen-Perfluormethylvinylether), FEP (Fluorethylenpropylen), ETFE (Ethylentetrafluorethylen), ECTFE (Ethylen-Chlortrifluorethylen), HTE (Terpolymer, hergestellt aus den Monomeren Hexafluorpropylen, Tetrafluorethylen und Ethylen), THV (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Vinyliden-Fluorid), PVDF (Polyvinylidenfluorid) und/oder PFV (Polyvinylfluorid).

[0028] Alternativ oder ergänzend hierzu kann als Fluorthermoplast-Material auch ein schmelzverarbeitbares Tetrafluorethylen-Copolymer verwendet werden; solche schmelzverarbeitbaren Tetrafluorethylen-Copolymere sind insbesondere in der WO 00/08071 A2 und in der WO 01/60911 A1 beschrieben, auf welche insoweit ausdrücklich Bezug genommen und welche insoweit zum Bestandteil dieser Beschreibung gemacht werden.

[0029] Der elektrisch leitfähige Füllstoff des Thermoplast-Compounds kann insbesondere ein Leitpigment, Ruß, Kohlenstoff-Grieß und/oder Graphit enthalten.

[0030] Als Folie aus metallhaltigem Material kann insbesondere eine Folie aus bleihaltigem Material verwendet werden.

[0031] Zur Stabilisierung gegen Oxidation kann die Legierung der Folie aus bleihaltigem Material einen Zusatz von Zinn (Sn) enthalten.

[0032] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Laminieren in einer beheizten Laminatpresse erfolgt.

[0033] Um zu erreichen, dass sich während des Laminiervorgangs keine Luftschlüsse zwischen den miteinander zu laminierenden Schichten bilden, welche zu Unebenheiten des gebildeten Laminats und zu Schwachstellen in der Verbindung der miteinander laminierten Schichten führen können, ist es günstig, wenn das Laminieren unter Vakuum erfolgt, vorzugsweise bei einem Vakuumdruck von höchstens ungefähr 10 mbar.

[0034] Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass das Laminieren unter einem zeitlich konstanten Anpressdruck durchgeführt wird.

[0035] Es hat sich allerdings als günstig erwiesen, wenn das Laminieren unter einem Anpressdruck durchgeführt wird, welcher während des Laminiervorgangs variiert.

[0036] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Anpressdruck während einer Aufheizphase des Laminiervorgangs geringer ist als der Anpressdruck während einer Temperaturhaltephase des Laminiervorgangs.

[0037] Alternativ oder ergänzend hierzu kann auch vorgesehen sein, dass der Anpressdruck während einer Aufheizphase des Laminiervorgangs geringer ist als während einer Abkühlphase des Laminiervorgangs.

[0038] Um eine Beschädigung der mindestens einen metallhaltigen Folie während des Laminiervorgangs zu vermeiden, ist es von Vorteil, wenn mindestens eine Folie aus metallhaltigem Material während des Laminiervorgangs durch eine Schutzfolie abgedeckt wird.

[0039] Eine solche Schutzfolie kann insbesondere aus einem Fluorpolymermaterial, beispielsweise aus Polytetrafluorethylen (PTFE), gebildet sein.

[0040] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass sich die Schutzfolie während des Laminiervorgangs nicht mit der Folie aus metallhaltigem Material verbindet, so dass das Laminat aus dem Substrat und aus der Folie aus metallhaltigem Material nach dem Laminiervorgang leicht von der Schutzfolie getrennt werden kann.

[0041] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Bipolarplatte für eine bipolare Batterie.

[0042] Der Erfindung liegt die weitere Aufgabe zugrunde, eine Bipolarplatte für eine bipolare Batterie zu schaffen, die auch in der Großserie zuverlässig und einfach herstellbar ist und im Betrieb der bipolaren Batterie verlässlich funktioniert.

[0043] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Bipolarplatte für eine bipolare Batterie gelöst, welche ein Substrat und mindestens eine Folie aus metallhaltigem Material, die mit dem Substrat laminiert ist, umfasst.

[0044] Diese Bipolarplatte wird vorzugsweise durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 hergestellt.

[0045] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte ist besonders umweltfreundlich und sorgt für eine besonders hohe chemische Beständigkeit der metallhaltigen Schicht an der Folie aus dem Thermoplast-Compound, welche als Substrat der Bipolarplatte oder als ein Bestandteil des Substrats der Bipolarplatte dient.

[0046] Die metallhaltige Schicht der erfindungsgemäß hergestellten Bipolarplatte weist insbesondere

auf der Anodenseite eine besonders hohe chemische Beständigkeit und somit eine lange Lebensdauer auf.

[0047] Die erfindungsgemäß hergestellte Bipolarplatte eignet sich insbesondere zur Verwendung in einer bipolaren Bleisäurebatterie.

[0048] Der bipolare Aufbau einer Bipolar-Bleisäurebatterie verringert den Bedarf an Blei bei gleicher Leistung und führt somit zu einem besonders umweltfreundlichen Endprodukt.

[0049] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung und der zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen.

[0050] In den Zeichnungen zeigen:

[0051] [Fig. 1](#) eine in Längsrichtung geschnittene schematische Explosionsdarstellung einer Bipolar-Bleisäurebatterie mit einer negativen Endplatte, einer positiven Endplatte und einer Bipolarplatte, welche zusammen zwei 2-Volt-Einheiten bilden;

[0052] [Fig. 2](#) einen schematischen Längsschnitt durch eine Bipolar-Bleisäurebatterie mit einer negativen Endplatte, einer positiven Endplatte und zwei Bipolarplatten, welche zusammen drei 2-Volt-Einheiten bilden;

[0053] [Fig. 3](#) eine vergrößerte Darstellung des Bereichs I aus [Fig. 2](#);

[0054] [Fig. 4](#) eine schematische Draufsicht auf ein Gitter einer Bipolarzelle einer Bipolar-Bleisäurebatterie;

[0055] [Fig. 5](#) einen schematischen Längsschnitt durch das Gitter aus [Fig. 4](#), längs der Linie 5-5 in [Fig. 4](#);

[0056] [Fig. 6](#) eine schematische Draufsicht auf einen Abstandshalter (Spacer) einer 2-Volt-Einheit einer Bipolar-Bleisäurebatterie;

[0057] [Fig. 7](#) einen schematischen Längsschnitt durch den Abstandshalter (Spacer) aus [Fig. 6](#), längs der Linie 7-7 in [Fig. 6](#);

[0058] [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung einer Verpressung eines Thermoplast-Compounds zu einem hohlzylindrischen Formkörper, vor einer Erwärmung des Formkörpers;

[0059] [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung einer Erwärmung des Thermoplast-Compound-Formkörpers aus [Fig. 8](#) in einem Sinterofen;

[0060] [Fig. 10](#) eine schematische Darstellung einer

weiteren Verpressung des Thermoplast-Compound-Formkörpers aus den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) nach der Entnahme aus dem Sinterofen;

[0061] [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung eines Laminiervorgangs zur Herstellung einer Bipolarplatte aus einem Kohlenstofffaser-Vlies, zwei Thermoplast-Compound-Folien und zwei Blei/Zinn-Folien; und

[0062] [Fig. 12](#) eine schematische Darstellung eines Laminiervorgangs zur Herstellung einer Bipolarzelle aus einer Bipolarplatte sowie einem positiven Gitter und einem negativen Gitter.

[0063] Gleiche oder funktional äquivalente Elemente sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0064] Eine in [Fig. 1](#) schematisch dargestellte, als Ganzes mit **100** bezeichnete Bipolar-Bleisäurebatterie umfasst eine negative Endzelle **102**, eine positive Endzelle **104**, eine zwischen der negativen Endzelle **102** und der positiven Endzelle **104** angeordnete Bipolarzelle **106** sowie zwei jeweils zwischen der Bipolarzelle **106** und der negativen Endzelle **102** bzw. der positiven Endzelle **104** angeordnete Abstandshalter (im Englischen als "spacer" bezeichnet) **108**.

[0065] Jeder der Abstandshalter **108** ist im Wesentlichen rechteckig und rahmenförmig ausgebildet (siehe [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#)) und umgibt eine im Wesentlichen rechteckige, mittige Durchtrittsöffnung **110**, in welcher im Betriebszustand der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** jeweils ein Separator in Form einer (in den Figuren nicht dargestellten) Glasfasermatte aufgenommen ist, welche mit einem Elektrolyten, beispielsweise mit Schwefelsäure, getränkt ist.

[0066] Die negative Endzelle **102** umfasst eine außenseitig angeordnete Endplatte **112** (beispielsweise aus Aluminium), eine negative Platte **114** und ein negatives Gitter (im Englischen "grid" genannt) **116**, welches dem Abstandshalter **108** und der Bipolarzelle **106** zugewandt ist.

[0067] Die positive Endzelle **104** umfasst eine außenseitig angeordnete Endplatte **112** (beispielsweise aus Aluminium), eine positive Platte **118** und ein positives Gitter (im Englischen "grid" genannt) **120**, welches dem Abstandshalter **108** und der Bipolarzelle **106** zugewandt ist.

[0068] Die Bipolarzelle **106** umfasst eine mittig angeordnete Bipolarplatte **122**, ein der negativen Endzelle **102** zugewandtes positives Gitter **120** und ein der positiven Endzelle **104** zugewandtes negatives Gitter **116**.

[0069] Wie aus [Fig. 4](#) zu ersehen ist, welche sche-

matisch ein negatives Gitter (Gitter für die Negativseite) **116** oder ein im Wesentlichen dieselbe Form aufweisendes positives Gitter (Gitter für die Positivseite) **118** zeigt, ist jedes dieser Gitter mit einer Vielzahl von ungefähr quadratischen Durchtrittsöffnungen **124** versehen, welche im Betrieb der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** mit einer negativen bzw. einer positiven Paste gefüllt sind.

[0070] Die negative Paste, mit welcher das negative Gitter **116** befüllt ist, enthält insbesondere Blei.

[0071] Die positive Paste, mit welcher das positive Gitter **120** befüllt ist, enthält insbesondere Bleioxid.

[0072] Jeweils ein mit negativer Paste befülltes negatives Gitter **116**, ein Abstandshalter **108** mit dem darin aufgenommenen Separator in Form einer elektrolytgetränkten Glasfasermatte und ein mit positiver Paste befülltes positives Gitter **120** bilden zusammen eine elektrochemische 2-Volt-Zelle **126**.

[0073] Die in [Fig. 1](#) dargestellte Bipolar-Bleisäurebatterie **100** umfasst somit zwei elektrochemische 2-Volt-Zellen und weist somit eine Nennspannung von insgesamt 4 Volt auf.

[0074] Im Gegensatz hierzu umfasst die in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellte alternative Ausführungsform einer Bipolar-Bleisäurebatterie **100** drei elektrochemische 2-Volt-Zellen **126** und weist somit eine Nennspannung von insgesamt 6 Volt auf.

[0075] Für jede zusätzliche elektrochemische 2-Volt-Zelle **126** wird der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** eine zusätzliche Bipolarzelle **106** und ein zusätzlicher Abstandshalter **108** mit Separator zwischen der negativen Endzelle **102** und der positiven Endzelle **104** hinzugefügt.

[0076] Wie aus [Fig. 1](#) zu ersehen ist, ist zur Abdichtung des Elektrolytraums zwischen jedem Abstandshalter **108** und dem jeweils benachbarten negativen Gitter **116** oder positiven Gitter **120** jeweils ein ringförmig umlaufendes Dichtelement **128** vorgesehen.

[0077] Jedes dieser Dichtelemente **128** kann beispielsweise aus einem Fluorelastomer, insbesondere aus Viton, gebildet sein.

[0078] Zur Aufnahme eines solchen Dichtelements **128** weist jedes negative Gitter **116** und jedes positive Gitter **120** auf seiner dem jeweils benachbarten Abstandshalter **108** zugewandten Stirnseite **130** eine ringförmig um die Durchtrittsöffnungen **124** des jeweiligen Gitters umlaufende Ringnut **132** auf (siehe die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#)).

[0079] Jede Bipolarplatte **122** umfasst ein Substrat **134**, welches beidseits mit jeweils einer metallhalti-

gen Folie **136** laminiert ist (siehe [Fig. 11](#)).

[0080] Das Substrat **134** der Bipolarplatte **122** kann, wie in [Fig. 11](#) schematisch dargestellt, ein mittig angeordnetes Kohlenstoffaser-Vlies **138** und zwei beidseitig auf das Kohlenstoffaser-Vlies **138** auflaminierte elektrisch leitfähige Thermoplast-Compound-Folien **140** umfassen.

[0081] Alternativ hierzu kann das Substrat **134** auch aus einer einzigen, elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie **140** gebildet sein.

[0082] Zur Herstellung der elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie **140** wird wie folgt vorgegangen:

Ein Pulver eines Thermoplast-Materials mit einer mittleren Partikelgröße von beispielsweise ungefähr 5 µm bis ungefähr 500 µm wird mit einem elektrisch leitfähigen Füllstoff, beispielsweise einem Leitpigment in Form von Ruß ("carbon black"), mit einer mittleren Primärteilchengröße von beispielsweise ungefähr 1 nm bis ungefähr 100 nm im Trockenverfahren gemischt, um ein Thermoplast-Compound zu erhalten.

[0083] Dabei beträgt der Anteil des elektrisch leitfähigen Füllstoffs an dem Thermoplast-Compound vorzugsweise ungefähr 5 Gewichtsprozent bis ungefähr 30 Gewichtsprozent.

[0084] Anstelle von Ruß kann beispielsweise auch Kohlenstoff-Grieß aus Elektrographit verwendet werden, beispielsweise Kohlenstoff-Grieß mit der Bezeichnung EG 31, der von der Firma SGL Carbon AG, Wiesbaden, Deutschland, vertrieben wird.

[0085] Als Thermoplast-Material wird vorzugsweise ein Fluorthermoplast-Material verwendet.

[0086] Geeignete Fluorthermoplast-Materialien sind beispielsweise PFA (Perfluoralkoxy-Copolymer), MFA (Tetrafluorethylen-Perfluormethylvinylether), FEP (Fluorethylenpropylen), ETFE (Ethylentetrafluorethylen), ECTFE (Ethylen-Chlortrifluorethylen), HTE (Terpolymer, hergestellt aus den Monomeren Hexafluorpropylen, Tetrafluorethylen und Ethylen), THV (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Vinyliden-Fluorid), PVDF (Polyvinylidenfluorid) und/oder PFV (Polyvinylfluorid).

[0087] Alternativ oder ergänzend hierzu kann als Fluorthermoplast-Material auch ein schmelzverarbeitbares Tetrafluorethylen-Copolymer verwendet werden; solche schmelzverarbeitbaren Tetrafluorethylen-Copolymere sind insbesondere in der WO 00/08071 A2 und in der WO 01/60911 A1 beschrieben.

[0088] Anstelle der genannten Fluorthermo-

plast-Materialien können auch nicht-fluorierte Thermoplaste, beispielsweise Polypropylen, eingesetzt werden.

[0089] Das Thermoplast-Material und der elektrisch leitfähige Füllstoff werden in einem Heißpressverfahren ("Hot-Compression-Moulding"-Verfahren) zu einem festen Verbund zwischen einer Polymermatrix und dem Füllstoff verschmolzen.

[0090] Insbesondere kann aus dem durch Vermischen des Thermoplast-Materials und des elektrisch leitfähigen Füllstoffs hergestellten Thermoplast-Compound durch das Heißpressverfahren ein Block gefertigt werden, aus dem dann durch Abschälen Folien aus dem Thermoplast-Compound hergestellt werden.

[0091] Der Block aus dem Thermoplast-Compound kann insbesondere in Form eines Hohlzylinders gefertigt werden.

[0092] Typische Stärken der durch Abschälen aus dem Block hergestellten Folien betragen von ungefähr 0,05 mm bis ungefähr 0,5 mm.

[0093] Alternativ hierzu kann eine Folie aus dem Thermoplast-Compound auch nach dem Schmelzextrusionsverfahren hergestellt werden.

[0094] Für die Herstellung der Mischung aus einem Thermoplast-Material und einem elektrisch leitfähigen Füllstoff werden ein Pulver des Thermoplast-Materials und ein Pulver des elektrisch leitfähigen Füllstoffs in einen handelsüblichen Taumelmischer eingebracht und durch Drehen des Mischgefäßes über einen Zeitraum von mindestens einer Stunde mit einer Drehgeschwindigkeit im Bereich von ungefähr 60 U/min bis ungefähr 120 U/min durchmischt, wobei vorzugsweise jede Minute die Drehrichtung gewechselt wird.

[0095] Das durch diese Durchmischung aus den Komponenten hergestellte Thermoplast-Compound **142** wird in eine in [Fig. 8](#) schematisch dargestellte, im Wesentlichen hohlzylindrische Pressform **144** eingebracht, welche an ihrem unteren Ende durch eine Stirnwand **146** verschlossen ist, die einen längs der Längsachse der Pressform **144** verlaufenden mittigen Dorn **148** trägt.

[0096] Zwischen dem Dorn **148** und der zylindrischen Außenwand **150** der Pressform **144** ist ein Pressstempel **152** längs der Längsachse **154** der Pressform **144** verschieblich geführt.

[0097] Mittels des Pressstempels **152** wird das pulverförmige Thermoplast-Compound **142** zunächst bei einem Stempeldruck P1 von mindestens ungefähr 30 bar über einen Zeitraum von mindestens un-

gefähr drei Minuten vorgepresst (siehe [Fig. 8](#)).

[0098] Danach wird die Pressform **144** mit der darin enthaltenen vorgepressten Mischung aus Thermoplast-Material und Füllstoff in einen in [Fig. 9](#) schematisch dargestellten Sinterofen **156** überführt.

[0099] In dem Sinterofen **156** wird die Temperatur T während eines Zeitraums von beispielsweise ungefähr zwei Stunden auf eine Temperatur von mindestens ungefähr 250°C , vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des im Thermoplast-Compound enthaltenen Thermoplast-Materials, erhöht und dann über einen Haltezeitraum von mindestens ungefähr weiteren 60 Stunden beibehalten.

[0100] Während der Verweildauer im Sinterofen **156** wird kein Druck auf die Polymermasse ausgeübt.

[0101] Nach dieser Wärmebehandlung wird die heiße Pressform **144** aus dem Sinterofen **156** entnommen und erneut in eine Presse überführt (siehe [Fig. 10](#)).

[0102] Unter Aufbringen eines konstanten Pressdrucks P_2 von mindestens ungefähr 50 bar kühlt dann die Pressform **144** mit der Polymermasse innerhalb von beispielsweise ungefähr sechs Stunden auf eine Außentemperatur von höchstens ungefähr 80°C ab.

[0103] Nach dem vollständigen Erkalten wird das zu einem Verbund verschmolzene Thermoplast-Compound **142** aus der Pressform **144** herausgedrückt und so ein hohlzylindrischer Formkörper **158** erhalten.

[0104] Der hohlzylindrische Formkörper **158** wird auf einen profilierten Dorn aufgeschoben und in eine herkömmliche Schälmaschine, wie sie beispielsweise von der Firma KELLER HCW GmbH, Ibbenbüren-Laggenbeck, Deutschland, vertrieben wird, eingespannt.

[0105] Die für das Drehen des hohlzylindrischen Formkörpers **158** erforderliche Kraftübertragung erfolgt dabei mittels der Profilierung auf der Dornoberfläche vom sich drehenden Dorn auf den Formkörper **158**.

[0106] Durch kontinuierliches Heranfahren eines Schälmessers an den sich drehenden Dorn mit dem drehfest an dem Dorn angeordneten hohlzylindrischen Formkörper **158** wird eine elektrisch leitfähige Thermoplast-Compound-Folie **140** vom Außenumfang des Formkörpers **158** abgeschält.

Ausführungsbeispiel 1 für die Herstellung einer Folie aus ETFE mit einem Anteil von 20 Gewichtsprozent Ruß mittels Heißverpressung:

[0107] In einen handelsüblichen Taumelmischer, der mit einem 50 Liter fassenden Mischgefäß bestückt ist, wird folgendes eingebracht:

– 20 kg Fluon ETFE Z8820X, ein fein gemahlenes Pulver eines Fluorthermoplasten (Ethylentetrafluorethylen) mit einem Schmelzpunkt im Bereich von ungefähr 260°C bis ungefähr 280°C und einer typischen Partikelgrößenverteilung, die durch folgende Werte gekennzeichnet ist:

$x_{10} = 11 \mu\text{m}$;

$x_{50} = 36 \mu\text{m}$;

$x_{90} = 68 \mu\text{m}$;

wobei x_{10} den Partikeldurchmesser angibt, welcher von einem Anteil von 10 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird; wobei x_{50} den Partikeldurchmesser angibt, welcher von einem Anteil von 50 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird; und wobei x_{90} den Partikeldurchmesser angibt, der von einem Anteil von 90 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird. Der Fluorthermoplast Fluon ETFE Z8820X wird beispielsweise von der Firma Asahi Glass Chemicals, Hillhouse, Großbritannien, vertrieben.

– 5 kg Printex L 6, ein amorpher Kohlenstoff-Ruß, der von der Firma EVONIK Industries AG, Essen, Deutschland, vertrieben wird.

[0108] Die Durchmischung der Komponenten ETFE und Ruß erfolgt durch Drehen des Mischgefäßes über einen Zeitraum von 90 Minuten mit einer unteren Drehgeschwindigkeit von 75 U/min und einer oberen Drehgeschwindigkeit von 90 U/min, wobei jede Minute die Drehrichtung gewechselt wird.

[0109] Das durch diese Durchmischung hergestellte Thermoplast-Compound wird in eine Pressform **144** mit den folgenden Abmessungen eingefüllt:

Innendurchmesser der zylindrischen Außenwand **150**: 250 mm; Außendurchmesser des Dorns **148**: 150 mm.

[0110] In diese Pressform **144** werden 30 kg der Mischung aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß eingebracht und zunächst mit einem Stempeldruck P_1 von 38 bar über einen Zeitraum von 5 Minuten vorgepresst.

[0111] Danach wird die Pressform mit der darin enthaltenen vorgepressten Mischung aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß in einen Sinterofen **156** überführt. In dem Sinterofen **156** wird die Temperatur T während eines Zeitraums von zwei Stunden auf 290°C erhöht und dann über einen Zeitraum von weiteren 72 Stunden beibehalten. Während der Verweildauer im Sinterofen **156** wird kein Druck auf die Polymermasse ausgeübt.

[0112] Danach wird die heiße Pressform **144** aus dem Sinterofen **156** entnommen und erneut in eine Presse überführt. Unter Aufbringen eines konstanten Druckes P2 von 65 bar kühlt dann die Pressform **144** mit der Polymermasse innerhalb von 6 Stunden auf eine Außentemperatur von 60°C bis 70°C ab.

[0113] Nach dem vollständigen Erkalten wird die Polymermasse aus der Pressform **144** ausgedrückt und so ein hohlzylindrischer Formkörper **158** erhalten.

[0114] Der hohlzylindrische Formkörper **158** aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß wird auf einen profilierten Dorn aufgeschoben und in eine Schälmaschine der Firma KELLER eingespannt. Durch Drehen des profilierten Dorns und des drehfest damit verbundenen hohlzylindrischen Formkörpers **158** sowie kontinuierliches Heranfahren eines Schälmessers an den hohlzylindrischen Formkörper **158** wird eine Thermoplast-Compound-Folie **140** vom Außenumfang des hohlzylindrischen Formkörpers **158** abgeschält.

[0115] Dabei beträgt die Schälgeschwindigkeit für die Folienherstellung ungefähr 11 m/min.

[0116] Die Foliendicke für die Herstellung der Folie **140** aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß beträgt ungefähr 100 µm.

(Ende des Ausführungsbeispiels 1)

[0117] Zur Herstellung einer Bipolarplatte **122** unter Verwendung der in der vorstehend erläuterten Weise hergestellten elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie **140** wird wie folgt vorgegangen:

In eine beheizbare Laminatpresse **166** wird der folgende Schichtaufbau eingebracht (siehe [Fig. 11](#)):

- eine metallhaltige Folie **136**;
- eine elektrisch leitfähige Thermoplast-Compound-Folie **140**;
- ein Kohlenstofffaser-Vlies **138**;
- eine elektrisch leitfähige Thermoplast-Compound-Folie **140**;
- eine metallhaltige Folie **136**.

[0118] Zum Schutz der metallhaltigen Folien **136** an den Außenseiten der herzustellenden Bipolarplatte **122** vor einer Beschädigung während des Laminierprozesses wird ferner jeweils eine Schutzfolie **160** zwischen den vorstehend beschriebenen Schichtaufbau und eine obere Pressplatte **162** und eine untere Pressplatte **164** der beheizbaren Laminatpresse **166** eingebracht.

[0119] Diese Schutzfolie **160** kann beispielsweise aus einem Fluorpolymermaterial, insbesondere aus Polytetrafluorethylen (PTFE), bestehen.

[0120] Die beheizbare Laminatpresse **166** wird auf einen Enddruck von beispielsweise höchstens ungefähr 10 mbar evakuiert.

[0121] Anschließend wird ein Startdruck P mittels der Pressplatten **162** und **164** auf die miteinander zu laminierenden Schichten der Bipolarplatte **122** eingebracht.

[0122] Dann wird die Temperatur der zu laminierenden Schichten (mittels eines heißen Öls, welches die Pressplatten **162** und **164** durchströmt) von Raumtemperatur auf eine Temperatur von beispielsweise mindestens 250°C erhöht.

[0123] Bei dieser erhöhten Temperatur wird der Startdruck über eine Zeit von beispielsweise mindestens 5 Minuten gehalten.

[0124] Anschließend wird der Anpressdruck vom Startdruck auf einen Enddruck P' von beispielsweise mindestens 200 N/cm² erhöht.

[0125] Der erhöhte Druck wird bei der erhöhten Temperatur während einer Druckhaltezeit von beispielsweise mindestens 5 Minuten gehalten.

[0126] Anschließend wird die Temperatur auf beispielsweise höchstens 100°C während einer Abkühlzeit von beispielsweise ungefähr 1,5 Stunden unter Beibehaltung des erhöhten Anpressdruckes von beispielsweise mindestens 200 N/cm² abgesenkt.

[0127] Nach Erreichen der gewünschten Abkühltemperatur von beispielsweise 100°C wird der Anpressdruck auf null abgesenkt, die Laminatpresse **166** belüftet und das aus dem Kohlenstofffaser-Vlies **138**, den elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folien **140** und den metallhaltigen Folien **136** gebildete Laminat entnommen, welches die Bipolarplatte **122** bildet.

[0128] Die Schutzfolien **160** verbinden sich hingegen nicht mit den metallhaltigen Folien **136** und bleiben daher in der Laminatpresse **166** zurück.

[0129] Durch das Evakuieren der Laminatpresse **166** vor dem Beaufschlagen des Schichtenstapels mit dem Startdruck werden Lufteinschlüsse in dem Schichtenstapel vermieden, so dass eine haltbare Laminierung im Wesentlichen vollständig ebener Schichten erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 2 für die Herstellung einer laminierten Bipolarplatte aus einem Kohlenstofffaser-Vlies, zwei Folien aus ETFE mit 20 Gewichtsprozent Ruß und zwei Blei/Zinn-Folien durch Laminieren:

[0130] In eine beheizbare Laminatpresse vom Typ

LAM V 280 wird der folgende Schichtaufbau eingebracht:

- eine Pb-Sn-Folie **136** mit einer Stärke von 76 μm ;
- eine Folie aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß mit einer Stärke von 100 μm ;
- ein Kohlenstofffaser-Vlies vom Typ SIGRATEDX SPC 7011/100 des Herstellers SGL Carbon AG, Wiesbaden, Deutschland, mit einer spezifischen Flächendichte von 30 g/m^2 ;
- eine Folie aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Ruß mit einer Stärke von 100 μm ;
- eine Pb-Sn-Folie **136** mit einer Stärke von 76 μm .

[0131] Die vorstehend genannten Folien weisen eine Länge von beispielsweise ungefähr 1.200 mm und eine Breite von beispielsweise ungefähr 330 mm auf.

[0132] Zum Schutz der Oberfläche der Pb-Sn-Folien vor Beschädigung während des Laminierprozesses wird zwischen diese Folien und die Pressplatten **162**, **164** der Laminatpresse **166** beidseitig jeweils eine Folie aus PTFE mit einer Stärke von 100 μm eingelegt.

[0133] Anschließend wird ein Laminierprozess mit den folgenden Einzelschritten durchgeführt:

- Evakuierung der beheizbaren Laminatpresse **166** während einer Minute auf einen Enddruck von 5 mbar;
- Aufbringen eines Startdruckes von 50 N/cm^2 ;
- Erhöhung der Temperatur der zu laminierenden Schichten von Raumtemperatur auf 300°C während eines Erwärmungszeitraumes von zwei Stunden;
- Halten des Startdruckes von 50 N/cm^2 bei einer Temperatur von 300°C während einer Druckhaltezeit von 10 Minuten;
- Erhöhung des Anpressdruckes von dem Startdruck von 50 N/cm^2 auf einen Enddruck von 250 N/cm^2 ;
- Halten des erhöhten Anpressdruckes von 250 N/cm^2 bei einer Temperatur von 300°C während einer Druckhaltezeit von 10 Minuten;
- Absenkung der Temperatur der zu laminierenden Schichten von 300°C auf 90°C während einer Abkühlzeit von 1,5 Stunden unter Beibehaltung eines Anpressdruckes von 250 N/cm^2 ;
- Absenken des Anpressdruckes auf null nach dem Erreichen einer Temperatur von 90°C;
- Belüften der beheizbaren Laminatpresse **166**;
- Entnehmen der Bipolarplatte **122** als Laminat aus dem Kohlenstofffaser-Vlies **138**, den elektrisch leitfähigen ETFE-Folien mit 20 Gewichtsprozent Ruß **140** und den metallhaltigen Pb-Sn-Folien **136**.

(Ende des Ausführungsbeispiels 2)

[0134] Durch die Verstärkung der elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folien **140** mit dem Kohlenstofffaser-Vlies **138** ergibt sich eine weitere Erhöhung der Leitfähigkeit der Bipolarplatte **122**.

[0135] Das vorstehend beschriebene Verfahren der Trockenmischung von Thermoplast-Material und elektrisch leitfähigem Füllstoff, insbesondere Ruß, unter nachgeschalteter Herstellung der Thermoplast-Compound-Folie **140** mittels eines Schälverfahrens erlaubt jedoch die Herstellung dermaßen hochgefüllter Thermoplast-Compound-Folien **140**, dass auf die Verwendung eines Kohlenstofffaser-Vlieses **138** zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit des Substrates **134** der Bipolarplatte **122** verzichtet werden kann.

[0136] In diesem Fall werden die beiden elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folien **140** und das Kohlenstofffaser-Vlies **138** der in [Fig. 1](#) schematisch dargestellten Ausführungsform eines Substrates **134** durch eine einzige elektrisch leitfähige Thermoplast-Compound-Folie **140** ersetzt.

[0137] Abgesehen von dieser Ersetzung wird das Laminierverfahren zur Herstellung der Bipolarplatte **122** ohne das Kohlenstofffaser-Vlies **138** genauso durchgeführt, wie dies vorstehend im Zusammenhang mit einem Kohlenstofffaser-Vlies-haltigen Substrat **134** beschrieben worden ist.

[0138] Insbesondere kann ein mehrteiliges Substrat **134** aus zwei ETFE-Folien mit 20 Gewichtsprozent Ruß mit einer Stärke von jeweils 100 μm und einem Kohlenstofffaser-Vlies mit einer spezifischen Flächendichte von 30 g/m^2 durch eine einzige ETFE-Folie mit 20 Gewichtsprozent Ruß mit einer Stärke von 100 μm bis 200 μm , vorzugsweise mit einer Stärke von 100 μm bis 150 μm , ersetzt werden.

[0139] Wie vorstehend ausgeführt, erfolgt das Aufbringen der Pb-Schicht auf beiden Seiten der Bipolarplatte **122** unter Verwendung einer Pb-Folie nach dem Laminierverfahren.

[0140] Dabei enthält die Legierung der Pb-Folie zur Stabilisierung gegen Oxidation einen geringen Anteil an Zinn (Sn), beispielsweise einen Anteil von bis zu maximal ungefähr 5 Gewichtsprozent Sn.

[0141] Zur Herstellung einer integrierten Bipolarzelle **106** aus einer in der vorstehend beschriebenen Weise hergestellten Bipolarplatte **122** und einem negativen Gitter **116** sowie einem positiven Gitter **120** wird wie folgt vorgegangen: Zunächst werden ein negatives Gitter **116** und ein positives Gitter **120** jeweils durch zerspanende Bearbeitung einer Thermoplast-Compound-Folie hergestellt.

[0142] Diese Thermoplast-Compound-Folie, welche keine elektrische Leitfähigkeit aufweisen muss, kann in derselben Weise hergestellt werden, wie dies vorstehend für die elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folien **140** der Bipolarplatte **122** beschrieben worden ist, jedoch vorzugsweise unter Ersetzung des elektrisch leitfähigen Füllstoffs durch einen nicht elektrisch leitfähigen Füllstoff.

[0143] Als Füllstoff für die Thermoplast-Compound-Folien, aus denen die Gitter **116** und **120** hergestellt werden, können insbesondere Glasfasern, vorzugsweise Kurzglasfasern vom Typ E-Glas, verwendet werden.

[0144] Alternativ hierzu können das negative Gitter **116** und das positive Gitter **120** auch durch zerspannende Bearbeitung einer Folie aus ungefülltem Thermoplast-Material hergestellt werden.

[0145] Die Gitter **116** und **120** können aus dem gleichen Thermoplast-Material wie die Thermoplast-Compound-Folien **140** der Bipolarplatte **122** hergestellt werden; wahlweise können jedoch auch andere geeignete Werkstoffe für die Gitter **116** und **120** eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel 3 für die Herstellung einer nicht elektrisch leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie für ein negatives Gitter oder ein positives Gitter mittels Heißverpressung:

[0146] In einen handelsüblichen Taumelmischer, der mit einem 50 Liter fassenden Mischgefäß bestückt ist, wird Folgendes eingebracht:

- 20 kg Fluon ETFE Z8820X des Herstellers Asahi Glass Chemicals, Hillhouse, Großbritannien, ein fein gemahlenes Pulver eines Fluorthermoplasten (Ethylentetrafluorethylen) mit einem Schmelzpunkt im Bereich von 250°C bis 280°C und einer typischen Partikelgrößenverteilung, die durch folgende Werte gekennzeichnet ist:

x10 = 11 µm;

x50 = 36 µm;

x90 = 68 µm;

wobei x10 den Partikeldurchmesser bezeichnet, welcher von 10 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird; wobei x50 den Partikeldurchmesser bezeichnet, der von 50 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird; und wobei x90 den Partikeldurchmesser bezeichnet, welcher von 90 Gewichtsprozent der Partikel unterschritten wird.

- 5 kg Kurzglasfasern des Typs MF 7904, die von der Firma Lanxess Deutschland GmbH, Leverkusen, Deutschland, vertrieben werden; hierbei handelt es sich um Glasfasern vom Typ E-Glas mit einem nominellen Faserdurchmesser von 14 µm und einer mittleren Faserlänge von ungefähr 60 µm, wobei das Schüttgewicht der Kurzglasfasern

ungefähr 0,9 g/ml beträgt.

[0147] Die Durchmischung der Komponenten ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern erfolgt durch Drehen des Mischgefäßes über einen Zeitraum von 90 Minuten mit einer unteren Drehgeschwindigkeit von 75 U/min und einer oberen Drehgeschwindigkeit von 90 U/min, wobei jede Minute die Drehrichtung gewechselt wird.

[0148] Das so durch Trockenmischung erzeugte Thermoplast-Compound wird in eine Pressform **144** mit den folgenden Abmessungen eingebracht: Innendurchmesser der hohlzylindrischen Außenwand **150**: 250 mm Außendurchmesser des Dornes **148**: 150 mm.

[0149] In diese Pressform **144** werden 15 kg der Mischung aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern eingebracht und zunächst mit einem Stempeldruck von 140 bar über einen Zeitraum von 5 Minuten vorgepresst.

[0150] Danach wird die Pressform **144** mit der darin enthaltenen vorgepressten Mischung aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern in einen Sinterofen **156** überführt.

[0151] Im Sinterofen **156** wird die Temperatur während eines Zeitraums von 2,3 Stunden auf 310°C erhöht und dann über einen Zeitraum von weiteren 24 Stunden gehalten.

[0152] Während der Verweildauer im Sinterofen **156** wird kein Druck auf die Polymermasse ausgeübt.

[0153] Danach wird die heiße Pressform **144** aus dem Sinterofen **156** entnommen und erneut in eine Presse überführt.

[0154] Unter Aufbringen eines Druckes von zunächst 50 bar während einer Haltezeit von einer Minute und anschließendem Erhöhen des Druckes auf 400 bar kühlt dann die Pressform **144** mit der Polymermasse innerhalb von 6 Stunden auf eine Außentemperatur von 60°C bis 70°C ab.

[0155] Nach dem vollständigen Erkalten wird die Polymermasse aus der Pressform **144** ausgedrückt und so ein hohlzylindrischer Formkörper **158** erhalten.

[0156] Der hohlzylindrische Formkörper **158** aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern wird auf einen profilierten Dorn aufgeschoben und in eine Schälmaschine des Herstellers KELLER eingespannt.

[0157] Durch kontinuierliches Heranfahren eines Schälmessers an den sich mit dem Dorn drehenden

hohlzylindrischen Formkörper **158** wird eine Folie aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern vom Außenumfang des hohlzylindrischen Formkörpers **158** abgeschält.

[0158] Die Schälgeschwindigkeit für die Folienherstellung beträgt 11 m/min.

[0159] Die elektrisch nicht leitfähige Thermoplast-Compound-Folie aus ETFE mit 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern wird mit einer Stärke von 1,4 mm für das negative Gitter **116** (Anode) und mit einer Stärke von 1,2 mm für das positive Gitter **120** (Kathode) hergestellt.

(Ende des Ausführungsbeispiels 3)

[0160] Aus in der vorstehend beschriebenen Weise durch ein Heißpressverfahren und ein Schälverfahren hergestellten Thermoplast-Compound-Folien werden negative Gitter **116** und positive Gitter **120** durch spanende Bearbeitung mit den Konturen gemäß den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) hergestellt.

[0161] Dabei beträgt die Länge eines Gitters **116** oder **120** beispielsweise ungefähr 360 mm und die Breite eines Gitters **116** oder **120** beispielsweise ungefähr 325 mm.

[0162] Die im Wesentlichen quadratischen Durchtrittsöffnungen **124** der Gitter **116**, **120** weisen beispielsweise eine Länge a von ungefähr 28 mm und eine Breite b von ebenfalls ungefähr 28 mm auf.

[0163] Die Breite s der Stege **168** zwischen den Durchtrittsöffnungen **124** beträgt beispielsweise ungefähr 3 mm.

[0164] Zur Herstellung einer integrierten Bipolarzelle **106** aus einem negativen Gitter **116**, einer Bipolarplatte **122** und einem positiven Gitter **120** wird wie folgt vorgegangen:

In eine beheizbare Laminatpresse **166** werden die folgenden Werkzeuge und Komponenten einer Bipolarzelle **106** (in der Reihenfolge von unten nach oben) eingebracht (siehe [Fig. 12](#)):

- eine Negativform **170**, die komplementär zu dem negativen Gitter **116** ausgebildet und beispielsweise durch zerspanende Bearbeitung eines Aluminium-Grundkörpers hergestellt ist;
- ein negatives Gitter (Anodengitter) **116**, das beispielsweise durch zerspanende Bearbeitung einer elektrisch nicht leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie hergestellt ist;
- eine laminierte Bipolarplatte **122**, wie vorstehend im Zusammenhang mit [Fig. 11](#) beschrieben;
- ein positives Gitter (Kathodengitter) **120**, hergestellt beispielsweise durch zerspanende Bearbeitung einer elektrisch nicht leitfähigen Thermoplast-Compound-Folie;

– eine Negativform **172**, die komplementär zu dem positiven Gitter **120** ausgebildet und beispielsweise durch zerspanende Bearbeitung eines Aluminium-Grundkörpers hergestellt ist.

[0165] Um später eine bessere Haftung der negativen Paste auf der Seite des negativen Gitters **116** und der positiven Paste auf der Seite des positiven Gitters **120** zu erreichen, können die außenliegenden Seiten der metallhaltigen Folien **136** der Bipolarplatte **122** vor oder nach dem Laminieren mit den Gittern **116** und **120** einer Oberflächenbehandlung unterzogen werden.

[0166] Beispielsweise kann vorgesehen sein, die Außenseiten der metallhaltigen Folien **136** durch "Sandstrahlen" unter Verwendung von Glasperlen, Aluminiumoxid oder Trockeneis (CO₂) zu reinigen und aufzurauen.

[0167] Nach dem Einbringen des vorstehend beschriebenen Schichtaufbaus in die beheizbare Laminatpresse **166** wird ein Laminierprozess mit den folgenden Einzelschritten unter Umgebungsdruck, d. h. ohne Evakuierung der Laminatpresse **166**, ausgeführt:

- Aufbringen eines Startdruckes P von beispielsweise mindestens ungefähr 20 N/cm²;
- Erhöhung der Temperatur von Raumtemperatur auf eine Temperatur von beispielsweise mindestens ungefähr 250°C während einer Erwärmungszeit von beispielsweise mindestens ungefähr 1,5 Stunden;
- Halten des Druckes von beispielsweise mindestens ungefähr 20 N/cm² bei der erhöhten Temperatur von beispielsweise mindestens ungefähr 200°C während einer Druckhaltezeit von beispielsweise mindestens ungefähr 15 Minuten;
- Absenkung der Temperatur der zu laminierenden Schichten von der erhöhten Temperatur von beispielsweise mindestens ungefähr 200°C auf eine Temperatur von beispielsweise höchstens ungefähr 50°C während einer Abkühlzeit von beispielsweise ungefähr 1,3 Stunden, unter Beibehaltung des Anpressdruckes von beispielsweise mindestens ungefähr 20 N/cm²;
- Absenkung des Anpressdruckes auf null nach Erreichen der gewünschten Abkühltemperatur von beispielsweise 50°C;
- Entnehmen der Bipolarzelle **106** in Form eines Laminats aus der Bipolarplatte **122** und den Gittern **116** und **120**.

Ausführungsbeispiel 4 für die Herstellung einer Bipolarzelle aus einer Bipolarplatte, einem negativen Gitter und einem positiven Gitter durch ein Laminierverfahren:

[0168] In eine beheizbare Laminatpresse 166 vom Typ LAM V 280 werden die folgenden Werkzeuge

und Komponenten einer zu laminierenden Bipolarzelle (in der Reihenfolge von unten nach oben) eingebracht:

- eine Negativform **170**, die komplementär zu dem negativen Gitter **116** ausgebildet und durch zerspanende Bearbeitung eines Aluminium-Grundkörpers hergestellt ist;
- ein negatives Gitter **116** aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern, das durch zerspanende Bearbeitung einer Folie aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern mit der Dicke 1,4 mm hergestellt ist;
- eine laminierte Bipolarplatte **122**, wie im vorstehenden Ausführungsbeispiel 2 beschrieben;
- ein positives Gitter **120** aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern, das durch zerspanende Bearbeitung einer Folie aus ETFE und 20 Gewichtsprozent Kurzglasfasern mit der Dicke 1,2 mm hergestellt ist;
- eine Negativform **172** für das positive Gitter **120**, die komplementär zu dem positiven Gitter **120** ausgebildet und durch zerspanende Bearbeitung eines Aluminium-Grundkörpers hergestellt ist.

[0169] Nach Einbringen des vorstehend beschriebenen Schichtaufbaus zwischen die Pressplatten **162** und **164** der Laminatpresse **166** werden die folgenden Einzelschritte unter Umgebungsdruck ausgeführt:

- Aufbringen eines Startdruckes von 35 N/cm²;
- Erhöhung der Temperatur von Raumtemperatur auf 250°C während einer Erwärmungszeit von ungefähr 1,8 Stunden;
- Halten des Druckes von 35 N/cm² bei einer Temperatur von 250°C während einer Druckhaltezeit von ungefähr 20 Minuten;
- Absenkung der Temperatur von 250°C auf 40°C während einer Abkühlzeit von ungefähr 1,3 Stunden unter Beibehaltung des Anpressdruckes von 35 N/cm²;
- Absenkung des Anpressdruckes auf null nach Erreichen der gewünschten Abkühltemperatur von 40°C;
- Entnehmen der als Laminat der Bipolarplatte **122**, des negativen Gitters **116** und des positiven Gitters **120** hergestellten Bipolarzelle **106**.

(Ende des Ausführungsbeispiels 4)

[0170] Alternativ zu dem vorstehend beschriebenen Laminierverfahren können das negative Gitter **116** und das positive Gitter **120** auch durch ein Spritzgießverfahren oder durch Transfer-Moulding direkt aus der Schmelze auf die Bipolarplatte **122** eingebracht werden.

[0171] Die Abstandshalter **108** der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** können aus einer Folie aus einem thermoplastischen Fluorpolymermaterial oder aus Polytetrafluorethylen (PTFE) durch zerspanende Bear-

beitung mit der in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellten Außenkontur hergestellt werden.

[0172] Die negative Platte **114** der negativen Endzelle **102** der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** umfasst dasselbe Substrat **134** wie die Bipolarplatte **122**, das jedoch nur einseitig, nämlich auf der dem negativen Gitter **116** zugewandten Seite der negativen Platte **114**, mit einer metallhaltigen Folie, beispielsweise einer Blei/Zinn-Folie, versehen ist.

[0173] Die negative Platte **114** kann aus dem Substrat und aus der metallhaltigen Folie durch ein dem Laminierverfahren der Bipolarplatte **122** entsprechendes Laminierverfahren hergestellt werden.

[0174] Die positive Platte **118** der positiven Endzelle **104** der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** umfasst dasselbe Substrat **134** wie die Bipolarplatte **122**, ist aber nur einseitig, nämlich auf ihrer dem positiven Gitter **120** zugewandten Seite, mit einer metallhaltigen Folie, beispielsweise einer Blei/Zinn-Folie, versehen.

[0175] Die positive Platte **118** kann durch ein dem Laminierverfahren zur Herstellung der Bipolarplatte **122** entsprechendes Laminierverfahren aus dem Substrat und der metallhaltigen Folie hergestellt werden.

[0176] Ferner kann die negative Platte **114** der negativen Endzelle **102** durch ein dem Laminierverfahren zur Herstellung der integrierten Bipolarzelle **106** entsprechendes Laminierverfahren mit dem negativen Gitter **116** verbunden werden.

[0177] Ebenso kann die positive Platte **118** der positiven Endzelle **104** durch ein dem Laminierverfahren zur Herstellung der integrierten Bipolarzelle **106** entsprechendes Laminierverfahren mit dem positiven Gitter **120** verbunden werden.

[0178] Vor dem Zusammenbau der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** werden die positiven Gitter **120** der Bipolarzellen **106** und der positiven Endzelle **104** mit positiver Paste befüllt.

[0179] Ebenso werden die negativen Gitter **116** der Bipolarzellen **106** und der negativen Endzelle **102** mit negativer Paste befüllt.

[0180] In die Abstandshalter **108** werden Separatoren in Form von Glasfasermatten eingelegt.

[0181] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Glasfasermatten im druckfreien Zustand eine Dicke aufweisen, welche die Dicke der Abstandshalter **108** übersteigt, und dass die Glasfasermatten beim Zusammenbau der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** in deren Längsrichtung komprimiert werden.

[0182] Nachdem die gewünschte Anzahl von Bipolarzellen **106** und von Abstandshaltern **108** mit Glasfasermatten sowie die negative Endzelle **102** und die positive Endzelle **104** in der in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Reihenfolge zusammengestellt worden sind, werden dieselben unter Anwendung eines Drucks in der Längsrichtung **174** der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** gegeneinander gepresst und durch geeignete Verspannungseinrichtungen in dieser Position gegeneinander verspannt.

[0183] Anschließend kann der Elektrolyt durch (nicht dargestellte) Befüllungsöffnungen in den Abstandshaltern **108** in die als Separatoren dienenden Glasfasermatten eingefüllt werden.

[0184] Damit ist die Bipolar-Bleisäurebatterie **100** betriebsbereit und kann aufgeladen werden.

[0185] Wenn die Abstandshalter **108** und die negativen Gitter **116** sowie die positiven Gitter **120** aus einem Thermoplastmaterial enthaltenden Material gebildet sind, so können in der Längsrichtung **174** der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** aufeinanderfolgende Abstandshalter **108** und Gitter **116**, **120** durch Verschweißung zu einem Zellenstapel zusammengefügt werden.

[0186] In diesem Fall können die Dichtelemente **128** zwischen den Abstandshaltern **108** und den denselben benachbarten Gittern **116** bzw. **120** entfallen.

[0187] Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Herstellung einer Bipolar-Bleisäurebatterie **100** ist besonders umweltfreundlich und sorgt für eine besonders hohe chemische Beständigkeit der Bleischichten in den metallhaltigen Folien **136**, insbesondere auf der den negativen Gittern (Anodengittern) **116** zugewandten Seite der Bleischichten.

[0188] Der bipolare Aufbau der Bipolar-Bleisäurebatterie **100** verringert den Bedarf an Blei bei gleicher Leistung und führt somit zu einem besonders umweltfreundlichen Endprodukt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 98/40920 [\[0004\]](#)
- WO 00/08071 A2 [\[0028, 0087\]](#)
- WO 01/60911 A1 [\[0028, 0087\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte (**122**) für eine bipolare Batterie (**100**), umfassend folgende Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines Substrats (**134**) für die Bipolarplatte (**122**);
- Bereitstellen mindestens einer Folie (**136**) aus metallhaltigem Material;
- Laminieren der mindestens einen Folie (**136**) aus metallhaltigem Material und des Substrats (**134**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Folien (**136**) aus metallhaltigem Material bereitgestellt und mit einander gegenüberliegenden Seiten des Substrats (**134**) laminiert werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (**134**) mindestens eine Folie (**140**) aus einem Thermoplast-Compound, das mindestens ein Thermoplast-Material und mindestens einen elektrisch leitenden Füllstoff enthält, umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (**140**) aus dem Thermoplast-Compound beidseitig mit jeweils einer Folie (**136**) aus metallhaltigem Material laminiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (**134**) mindestens ein elektrisch leitfähiges Vlies (**138**) umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (**134**) zwei Folien (**140**) aus einem Thermoplast-Compound und ein dazwischen angeordnetes Vlies (**138**) umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Folie (**136**) aus bleihaltigem Material verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (**136**) aus bleihaltigem Material einen Zusatz von Zinn enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Laminieren in einer beheizten Laminatpresse (**166**) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Laminieren unter Vakuum erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Laminieren unter einem Anpressdruck durchgeführt wird, welcher während des Laminiervorgangs variiert.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Anpressdruck während einer Aufheizphase des Laminiervorgangs geringer ist als der Anpressdruck während einer Temperaturhaltephase des Laminiervorgangs.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Anpressdruck während einer Aufheizphase des Laminiervorgangs geringer ist als während einer Abkühlphase des Laminiervorgangs.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Folie (**136**) aus metallhaltigem Material während des Laminiervorgangs durch eine Schutzfolie (**160**) abgedeckt wird.

15. Bipolarplatte für eine bipolare Batterie (**100**), umfassend ein Substrat (**134**) und mindestens eine Folie (**136**) aus metallhaltigem Material, die mit dem Substrat (**134**) laminiert ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

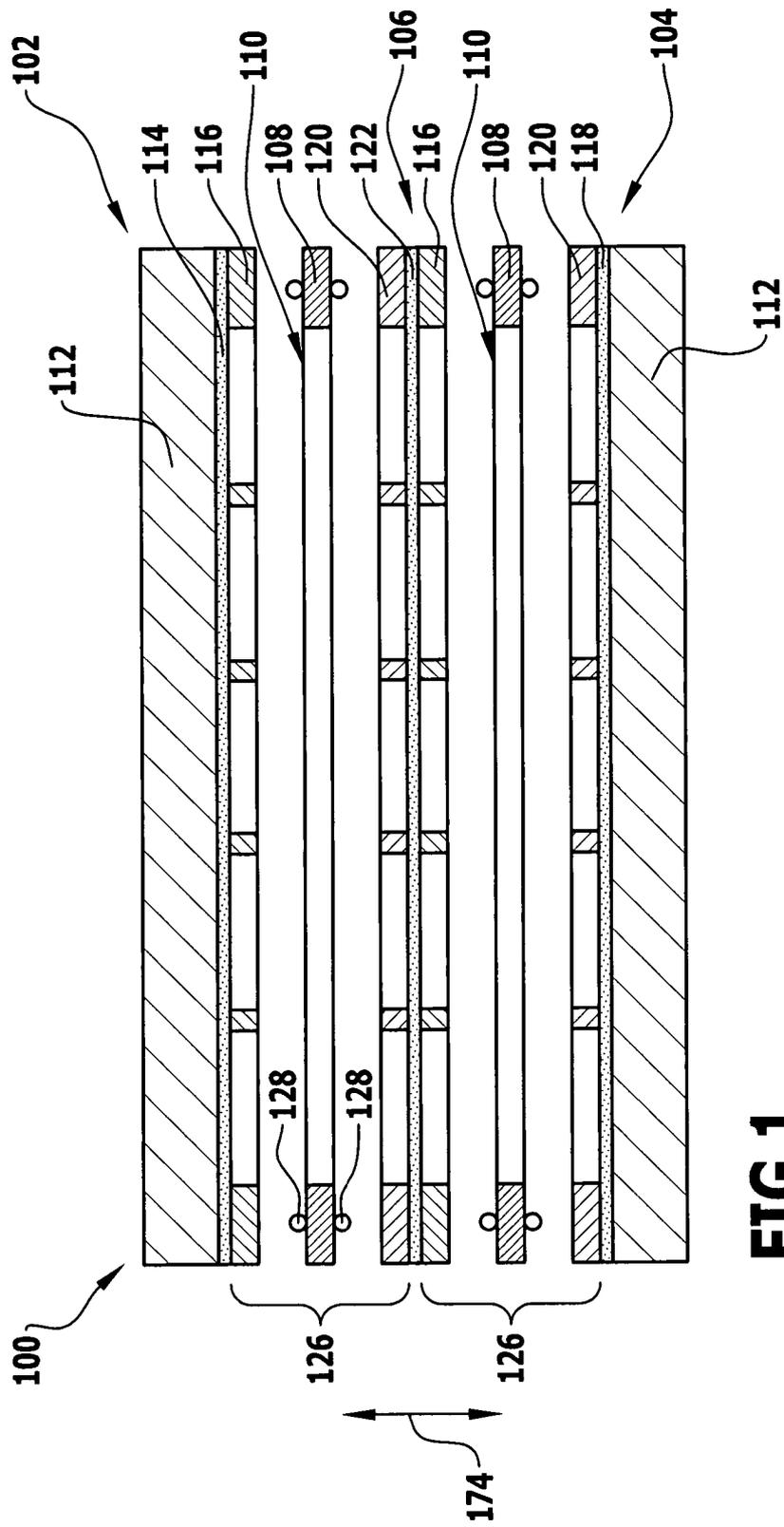


FIG.2

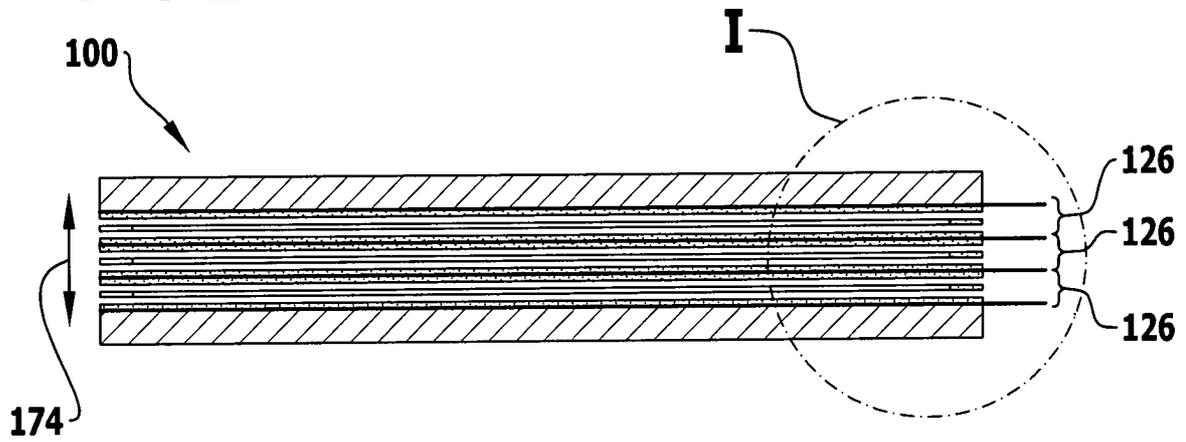
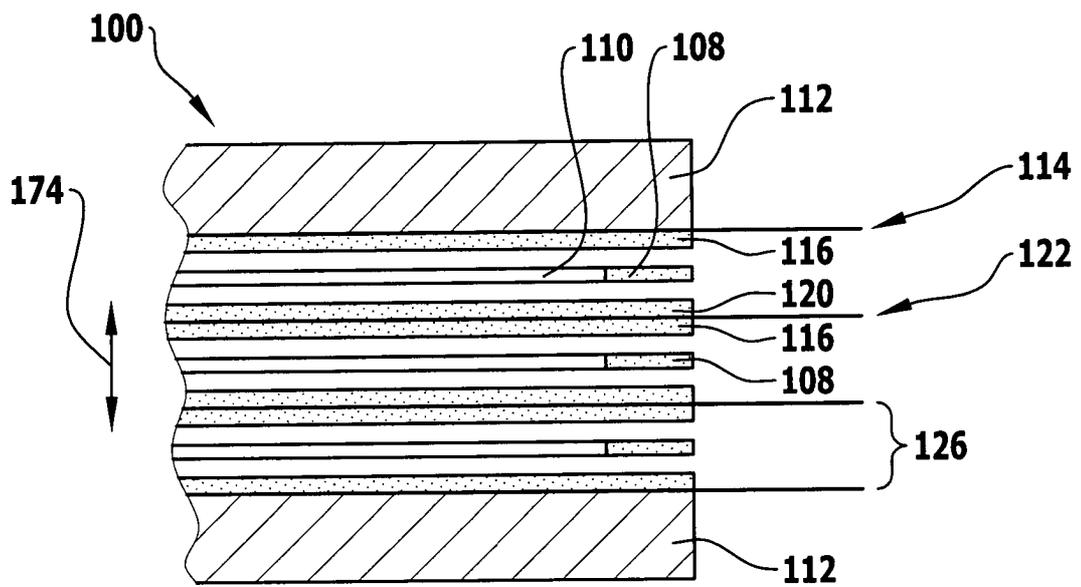


FIG.3



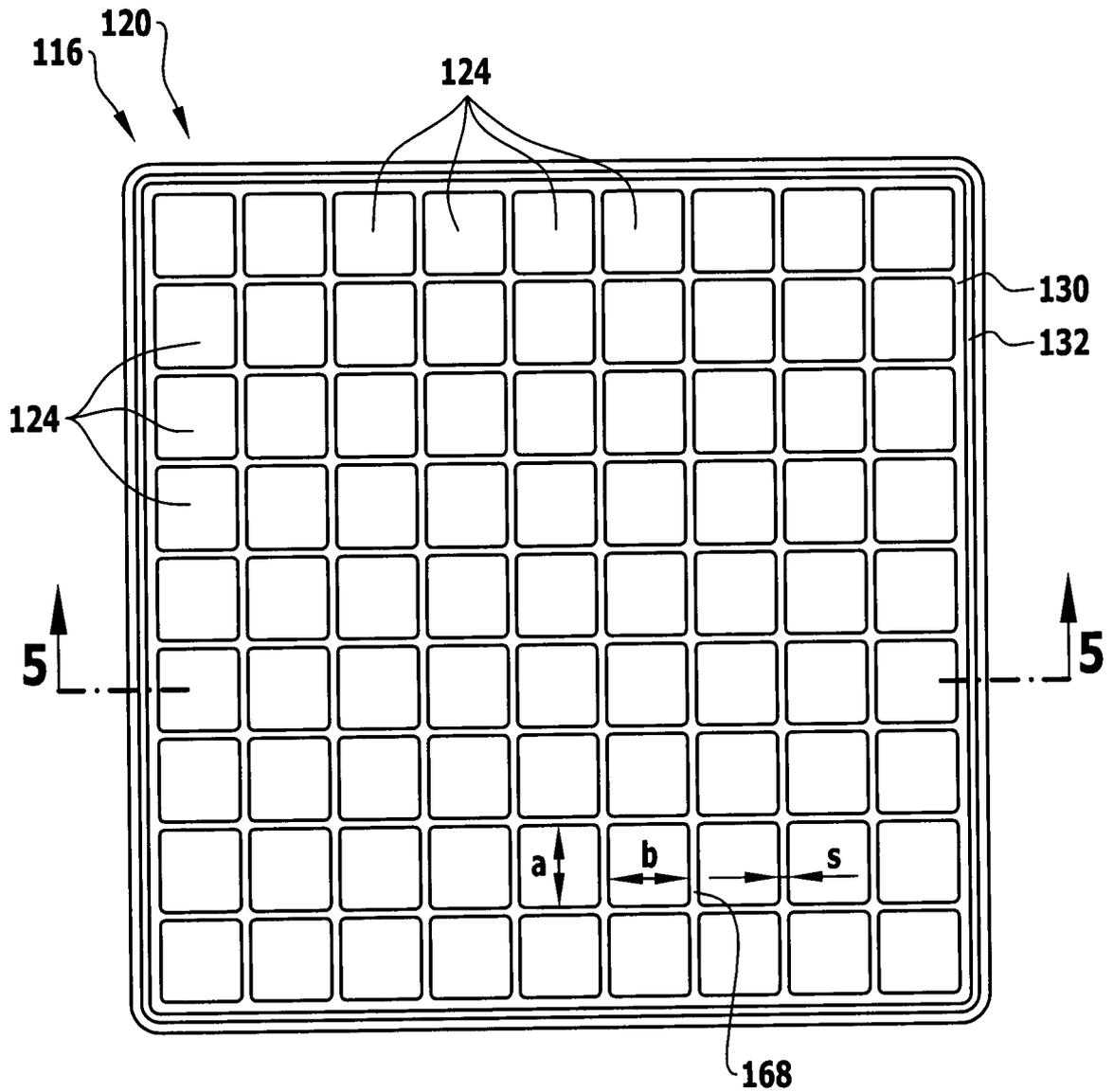


FIG. 4

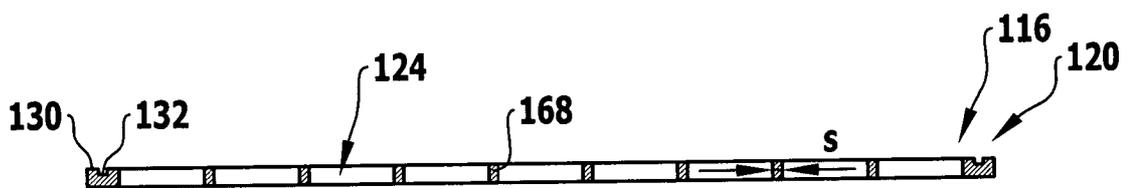


FIG. 5

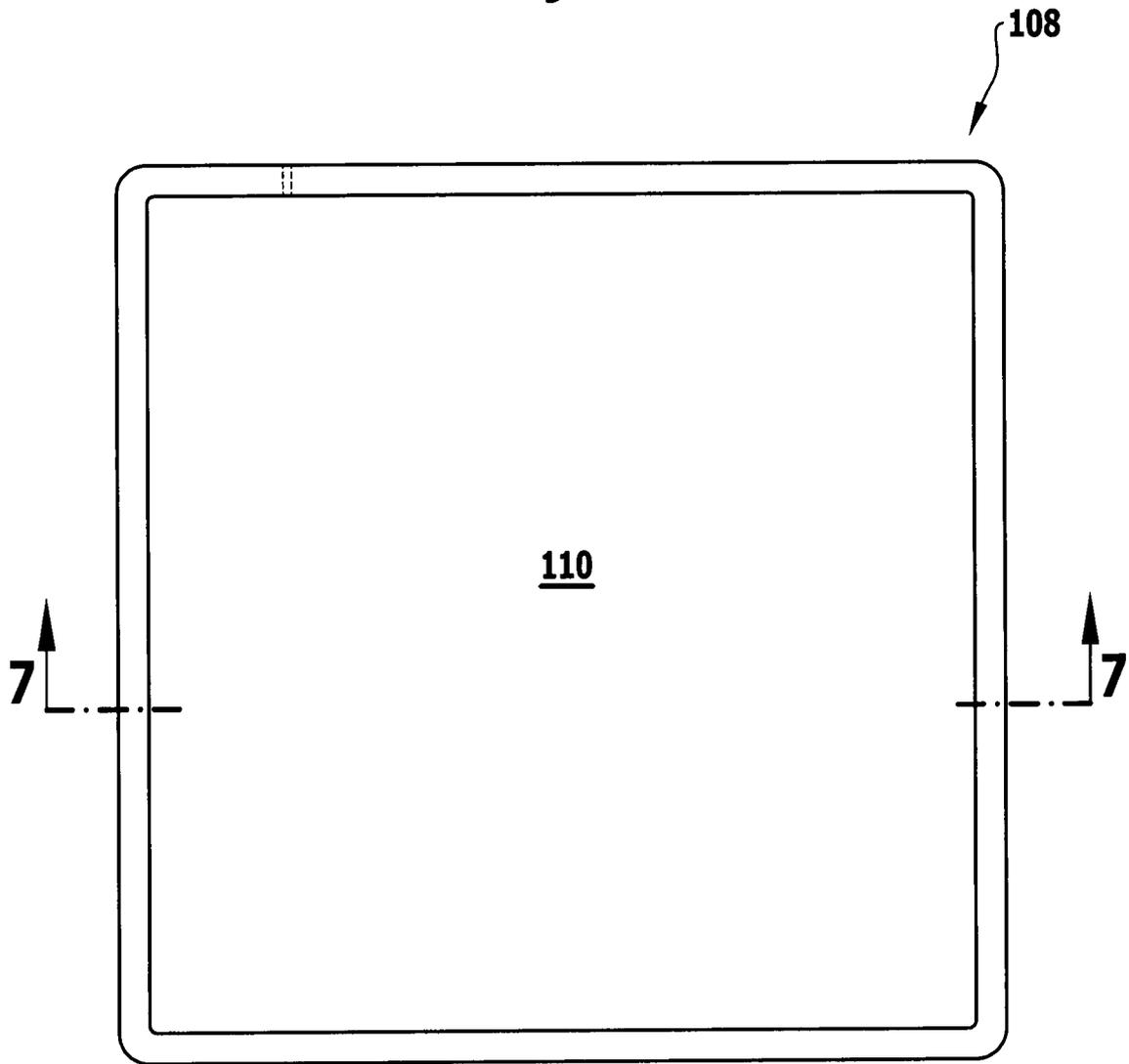


FIG. 6

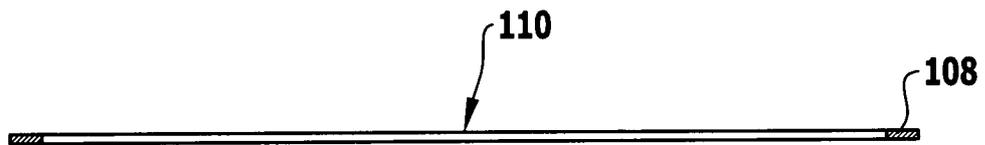


FIG. 7

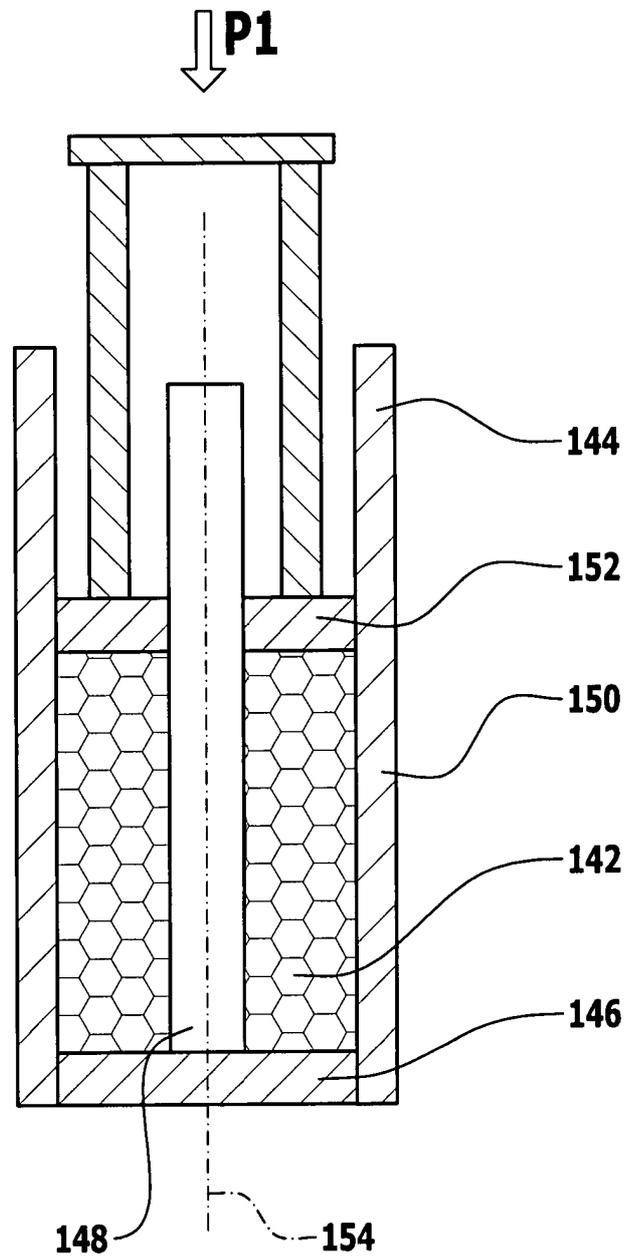


FIG.8

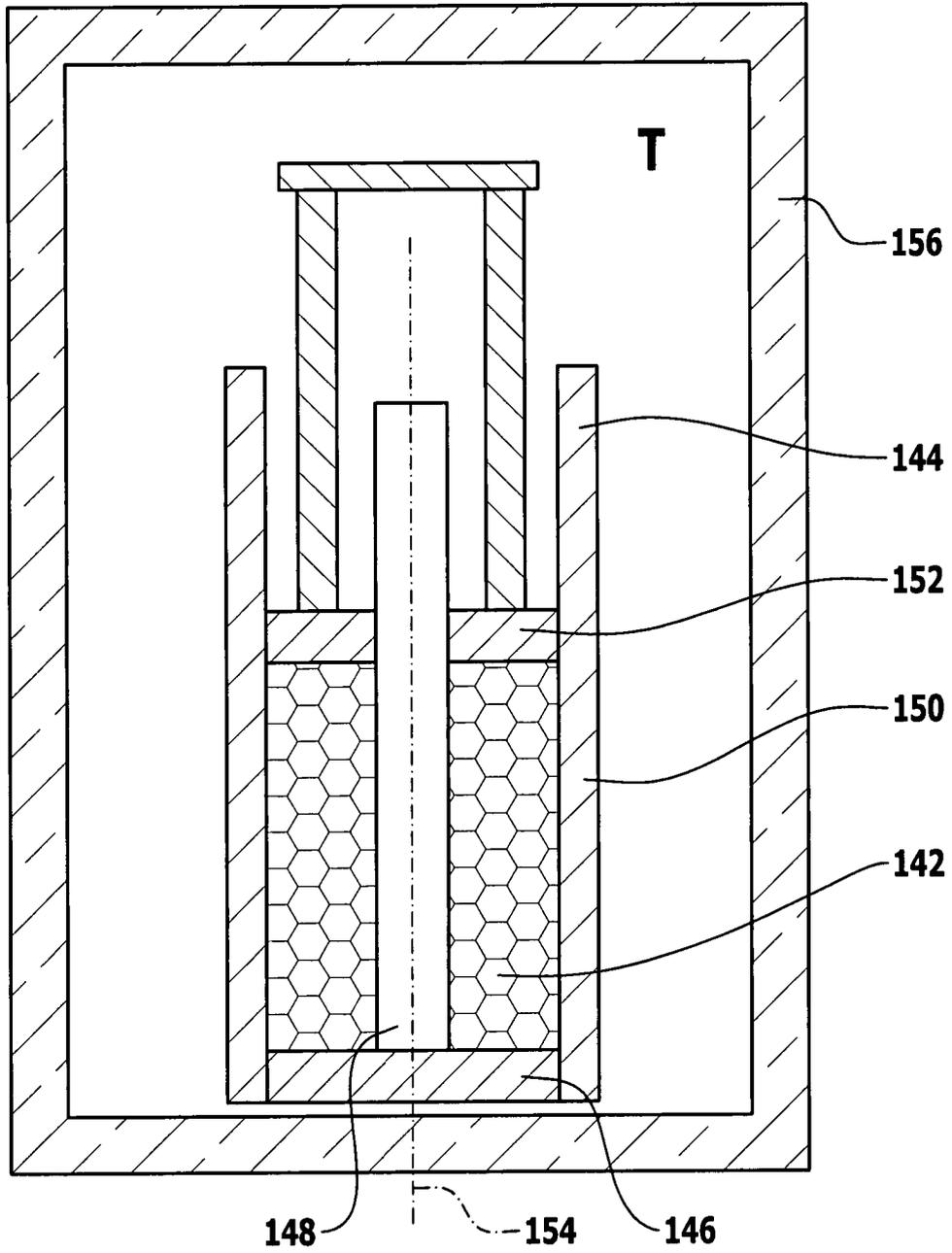


FIG.9

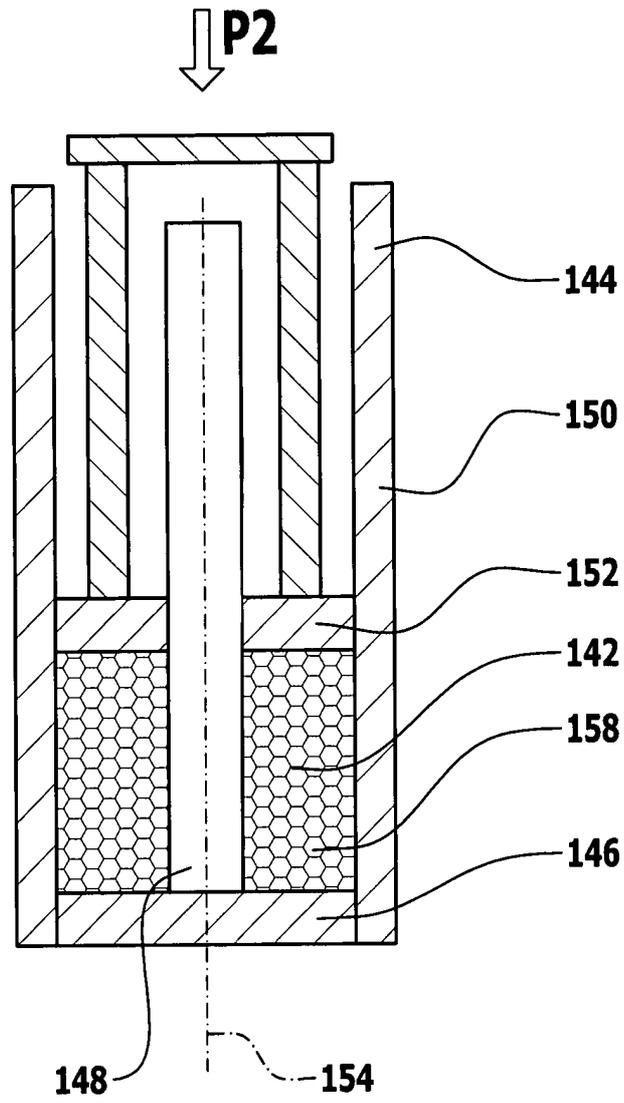


FIG.10

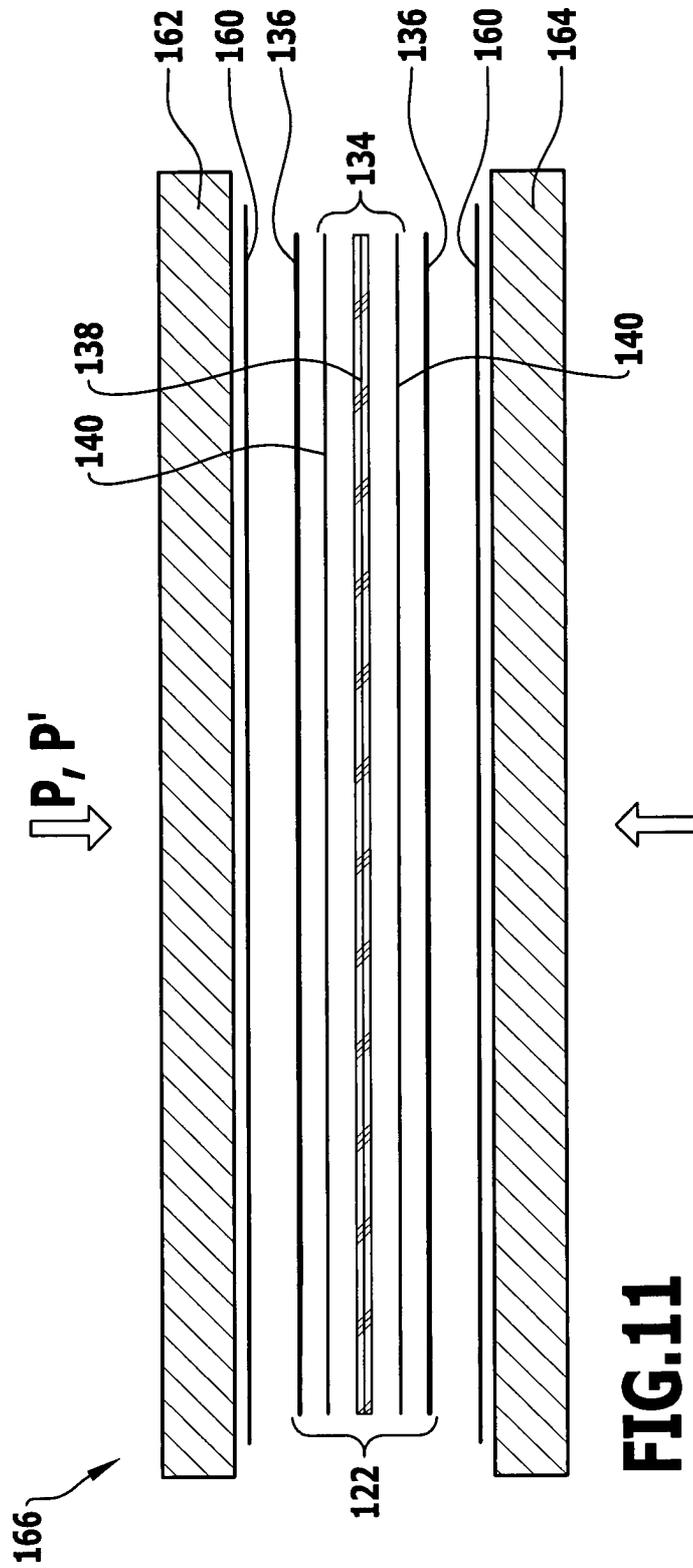


FIG.11

