



(10) **DE 20 2013 001 662 U1** 2013.05.02

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2013 001 662.0**  
(22) Anmeldetag: **20.02.2013**  
(47) Eintragungstag: **07.03.2013**  
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **02.05.2013**

(51) Int Cl.: **H01M 10/42 (2013.01)**  
**H01M 10/50 (2013.01)**  
**F16L 59/00 (2013.01)**

(30) Unionspriorität:  
**61/600,806**                      **20.02.2012**    **US**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541, München, DE**

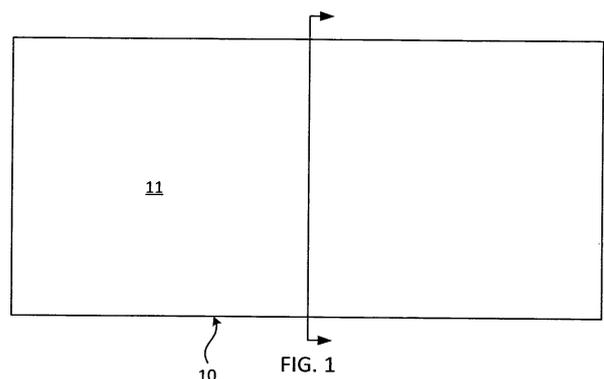
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**GrafTech International Holdings Inc., Parma,  
Ohio, US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verbund-Wärmeverteiler und diesen umfassendes Batteriemodul**

(57) Hauptanspruch: Verbund-Wärmeverteiler (10) umfassend:

eine erste flexible Graphitschicht (14);  
eine zweite flexible Graphitschicht (16);  
eine gaserzeugende Schicht (12), die zwischen der ersten flexiblen Graphitschicht (14) und der zweiten flexiblen Graphitschicht (16) angeordnet ist; und  
wobei bei dem Erreichen einer Schwellentemperatur die Wärmeleitfähigkeit der gaserzeugenden Schicht (12) um mindestens den Faktor fünf reduziert ist.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

**[0001]** Die thermische Instabilität ist ein Phänomen, bei dem ein Feuer oder ein Ereignis mit starker Wärmeentwicklung in einer Lithiumionenbatteriezelle sich auf benachbarte Lithiumionenbatterien ausbreitet, was zu einer Kettenreaktion führt, wodurch die Sicherheit des Anwenders und/oder die Zerstörung des Produkts riskiert wird. Das Ereignis der thermischen Instabilität kann zum Beispiel durch ein Überladen einer Zelle, durch einen mechanischen Schaden der Zelle oder dadurch hervorgerufen werden, dass man die Zelle hohen Temperaturen aussetzt. Um die Leistungs- und Energiedichteziele für elektrische Antriebsanwendungen zu erfüllen, müssen Lithiumionenzellen derart angeordnet werden, dass unbenutzter Raum minimiert wird. Unglücklicherweise verstärkt diese enge Anordnung den Wärmeaustausch zwischen Zellen und kann daher das Risiko einer thermischen Instabilität in dem Fall verstärken, in dem eine Zelle in dem Satz infiziert wird.

**[0002]** Demgemäß besteht auf dem Fachgebiet ein Bedarf nach verbesserten Mechanismen, um die Wirkungen der thermischen Instabilität in einem Formfaktor zu minimieren, der mit Batteriemodulen mit hoher Energiedichte kompatibel ist.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0003]** Gemäß einem Aspekt umfasst ein Verbund-Wärmeverteiler eine erste flexible Graphitschicht, eine zweite flexible Graphitschicht und eine gaserzeugende Schicht, die zwischen der ersten flexiblen Graphitschicht und der zweiten flexiblen Graphitschicht angeordnet ist. Wenn eine Schwellentemperatur erreicht ist, wird die Wärmeleitfähigkeit der gaserzeugenden Schicht um mindestens den Faktor fünf verringert.

**[0004]** Gemäß einem anderen Aspekt umfasst ein Batteriesatz mehrere Batteriezellen, die übereinander angeordnet sind. Die Batteriezellen umfassen jeweils eine gegenüberliegende Hauptfläche. Mindestens ein Verbund-Wärmeverteiler ist zwischen zwei benachbarten Batteriezellen angeordnet und kontaktiert eine Hauptfläche jeder benachbarten Batteriezelle. Der Verbund-Wärmeverteiler weist eine erste flexible Graphitschicht, eine zweite flexible Graphitschicht und eine gaserzeugende Schicht auf, die zwischen der ersten flexiblen Graphitschicht und der zweiten flexiblen Graphitschicht angeordnet ist. Wenn eine Schwellentemperatur erreicht ist, wird die Wärmeleitfähigkeit der gaserzeugenden Schicht um mindestens den Faktor fünf verringert.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0005]** [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht auf einen Verbund-Wärmeverteiler;

**[0006]** [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linie A-A der [Fig. 1](#) des Verbund-Wärmeverteilers;

**[0007]** [Fig. 3](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linie A-A der [Fig. 1](#), nachdem der Wärmeverteiler eine Gaserzeugungsschwellentemperatur erreicht hat;

**[0008]** [Fig. 4](#) ist eine isometrische Ansicht eines Batteriesatzes, der den Verbund-Wärmeverteiler einschließt;

**[0009]** [Fig. 5](#) ist eine Seitenansicht des Batteriesatzes der [Fig. 4](#);

**[0010]** [Fig. 6](#) ist eine Seitenansicht des Batteriesatzes der [Fig. 4](#), wobei eine oder mehr Batteriezellen einem thermischen Instabilitätsereignis ausgesetzt sind;

**[0011]** [Fig. 7](#) ist eine vergrößerte Seitenansicht einer Batteriezelle benachbart einem Verbund-Wärmeverteiler, wobei die Batteriezelle elektrisch mit einer elektrischen Leitung verbunden ist; und

**[0012]** [Fig. 8](#) ist eine vergrößerte Seitenansicht der Batteriezelle und des Verbund-Wärmeverteilers der [Fig. 7](#), wobei der Verbund-Wärmeverteiler die Schwellentemperatur überschritten hat und die Batteriezelle in der Dickenrichtung verschoben ist, um die Batteriezelle elektrisch von der elektrischen Leitung zu trennen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG  
DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0013]** Mit Bezug auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird ein Verbund-Wärmeverteiler gezeigt, der allgemein mit dem Bezugszeichen **10** angegeben ist. Der Verbund-Wärmeverteiler **10** kann vorteilhaft im Allgemeinen eben, rechteckig und dünn in Bezug auf die Gesamtlänge und -breite sein. Diese rechteckige Konfiguration ist vorteilhaft, wenn sie in Verbindung mit rechteckigen prismatischen Lithiumionenbatterien verwendet wird, da sie einen ähnlichen Formfaktor aufweisen. In einer Ausführungsform ist der Verbund-Wärmeverteiler **10** generell folienförmig und umfasst zwei gegenüberliegende Hauptflächen **11**. Wie nachstehend ausführlicher beschrieben ist, greifen die Hauptflächen **11** des Verbund-Wärmeverteilers **10** in die Hauptflächen der Batteriezellen ein, um Wärme sowie Übertragungswärme von der Batteriezelle weg zu verteilen. In einer Ausführungsform umfasst die Hauptfläche einen Bereich zwischen etwa 25 mm<sup>2</sup> bis etwa 1 m<sup>2</sup>. In anderen Ausführungsformen beträgt die Oberfläche einer Hauptfläche zwischen etwa 4 cm<sup>2</sup> bis etwa 900 cm<sup>2</sup>.

In diesen oder anderen Ausführungsformen kann der Verbund-Wärmeverteiler **10** eine Dicke zwischen etwa 0,025 mm und etwa 5 mm haben. In einer anderen Ausführungsform kann die Dicke etwa 0,25 mm bis etwa 2 mm betragen. In noch weiteren Ausführungsformen kann die Dicke etwa 0,5 mm bis etwa 1 mm betragen. Es ist allerdings zu beachten, dass, obwohl die beispielhafte Ausführungsform der [Fig. 1](#) eine rechteckige Form hat, andere Konfigurationen vorstellbar sind. Zum Beispiel könnte der Verbund-Wärmeverteiler **10** quadratisch, kreisförmig oder eine andere Konfiguration haben, abhängig von dem Formfaktor der entsprechenden Batteriezelle, mit der er in Kontakt treten soll.

**[0014]** Der Verbund-Wärmeverteiler **10** umfasst eine zentrale gaserzeugende Schicht **12**, die zwischen einer ersten flexiblen Graphitschicht **14** und einer zweiten flexiblen Graphitschicht **16** angeordnet ist. Wahlweise sind die gaserzeugende Schicht **12** und die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** von einer Schutzhülle **18** ummantelt. Die gaserzeugende Schicht **12** kann vorteilhaft eine Dicke zwischen etwa 0,005 mm und etwa 5 mm, besonders bevorzugt zwischen etwa 0,025 mm und etwa 1 mm und noch weiter bevorzugt zwischen etwa 0,125 mm und etwa 0,5 mm haben. Die flexiblen Graphitschicht(en) **14** und **16** können jeweils vorteilhaft eine Dicke zwischen etwa 0,01 mm und etwa 2 mm, besonders bevorzugt zwischen etwa 0,125 mm und etwa 1 mm und noch weiter bevorzugt zwischen etwa 0,25 mm und etwa 0,5 mm, haben. Die Schutzhülle **18** kann vorteilhaft eine Dicke zwischen etwa 0,001 mm und etwa 1 mm, besonders bevorzugt zwischen etwa 0,002 mm und etwa 0,1 mm und noch weiter bevorzugt zwischen etwa 0,005 mm und etwa 0,02 mm, haben.

**[0015]** Wie hier verwendet, betrifft der Begriff gaserzeugend jede Substanz, fest, halbfest oder flüssig, die einer chemischen Änderung (thermische Zersetzung zu einfacheren Gasmolekülen) oder Phasenänderung (ex. Sublimation oder Sieden) unterliegt, die eingeleitet wird, wenn eine Schwellentemperatur erreicht ist. Die gaserzeugende Schicht kann eine homogene Zusammensetzung, ein heterogenes Gemisch oder ein Schichtaufbau sein. In einer Ausführungsform ist die gaserzeugende Schicht ein Kohlenwasserstoffpolymer. Um die Niedrigtemperatur-Gaserzeugungseigenschaften (d. h. unter 150°C) zu verbessern, kann in einer Ausführungsform die gaserzeugende Schicht Gemische von Komponenten umfassen, die bei Zugabe von Wärme einer Kondensationsreaktion unterliegen. In der Kondensationsreaktion kann das Gemisch aus Reaktanten kombiniert werden, um Wasser (das einen Siedepunkt von 100°C hat) oder Essigsäure (das einen Siedepunkt von 119°C hat) abzugeben. In einer anderen Ausführungsform kann die gaserzeugende Schicht eine hydratisierte Struktur oder Matrix (organisch oder anorganisch) haben, die bei Erwärmung dehydratisiert

(d. h. Wasser abgibt). Bei diesen oder anderen Ausführungsformen kann bei höheren Temperaturen (d. h. über 150°C) die gaserzeugende Schicht ein Polymer in Form eines druckempfindlichen Haftmittels, wie beispielsweise von Acryl-Haftmitteln, umfassen, die Wasser abgeben, das zu Gas wird.

**[0016]** Vorteilhafterweise fungiert das Material der gaserzeugenden Schicht **12** als Haftmittel, um die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** bei Temperaturen unter etwa 100°C zusammenzuhalten. In anderen Ausführungsformen fungiert die gaserzeugende Schicht **12** als Haftmittel bei Temperaturen unter etwa 125°C. In noch anderen Ausführungsformen fungiert die gaserzeugende Schicht **12** als Haftmittel bei Temperaturen unter etwa 150°C. In einer Ausführungsform liegt die gaserzeugende Schwellentemperatur bei oder über etwa 95°C. In noch anderen Ausführungsformen liegt die gaserzeugende Schwellentemperatur bei oder über etwa 125°C. In noch weiteren Ausführungsformen liegt die gaserzeugende Schwellentemperatur bei oder über etwa 150°C. Wie zuvor erörtert, beginnt die gaserzeugende Schicht, sobald die Schwellentemperatur erreicht ist, durch Phasenänderung, thermische Zersetzung oder eine Kombination davon ein Gas zu entwickeln. Vorteilhafterweise ist das erzeugte Gas nicht toxisch und nicht entflammbar. Noch weiter bevorzugt wird Sauerstoff und/oder Wasserstoff während des gaserzeugenden Prozesses verbraucht, um CO<sub>2</sub> und/oder H<sub>2</sub>O zu erzeugen.

**[0017]** Wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) zu sehen ist, bewirkt der durch das erzeugte Gas resultierende erhöhte Druck eine Ausdehnung der gaserzeugenden Schicht **12**. Diese Ausdehnung wiederum schiebt die erste flexible Graphitschicht **14** von der zweiten flexiblen Graphitschicht **16** weg. Anders ausgedrückt fängt nach dem Erreichen der Schwellentemperatur der Verbund-Wärmeverteiler an, aufzublättern und in der Dickenrichtung zu expandieren. In einer Ausführungsform erhöht sich die durchschnittliche Dicke der gaserzeugenden Schicht (definiert als durchschnittlicher Abstand zwischen der ersten flexiblen Graphitschicht **14** und der zweiten flexiblen Graphitschicht **16**) um günstigerweise mindestens etwa 10%, vorteilhaft mindestens etwa 50%, weiter bevorzugt mindestens etwa 100% und noch weiter bevorzugt mindestens etwa 200%.

**[0018]** Durch Erhöhen der durchschnittlichen Dicke der gaserzeugenden Schicht (sowie durch Verringern der Dichte der gaserzeugenden Schicht) nach dem Überschreiten einer Wärmeschwelle, kann der Verbund-Wärmeverteiler als Thermosicherung fungieren. Unter Thermosicherung versteht man, dass die Wärmeleitfähigkeit des Verbund-Wärmeverteilers in der Dickenrichtung gesenkt wird, um benachbarte Batteriezellen wirksam vor der durch die überhitzende Zelle erzeugten Wärme zu schützen. In einer

Ausführungsform sinkt nach dem Überschreiten der Wärmeschwelle die Wärmeleitfähigkeit des Verbund-Wärmeverteilers in der Dickenrichtung zwischen etwa einem Faktor von etwa 10 bis etwa 100. In anderen Ausführungsformen wird die Leitfähigkeit in der Dickenrichtung um mindestens den Faktor 5, besonders bevorzugt mindestens den Faktor 10, noch weiter bevorzugt mindestens den Faktor 50 und noch weiter bevorzugt mindestens den Faktor 100 verringert. In diesen oder anderen Ausführungsformen ist die Wärmeleitfähigkeit der gaserzeugenden Schicht in der Dickenrichtung nach dem Überschreiten der Wärmeschwelle weniger als etwa 5 W/mK, besonders bevorzugt weniger als etwa 0,1 W/mK, weiter bevorzugt weniger als etwa 0,05 W/mK und noch weiter bevorzugt weniger als etwa 0,01 W/mK.

**[0019]** In einer Ausführungsform kann die gaserzeugende Schicht **12** zusätzlich zu einer primären gaserzeugenden Substanz ein Additiv umfassen, das das Volumen des erzeugten Gases erhöht und/oder die thermische Energie in dem Fall einer thermischen Instabilität absorbiert. Ein Beispiel für ein solches Additiv ist Wasser, das, wenn es als Gas freigesetzt wird, die Tendenz haben kann, eine Blasenbildung auf den Oberflächen der flexiblen Graphitschichten **14** und **16** hervorzurufen, die der gaserzeugenden Schicht **12** gegenüberliegen. Diese Blasenbildung hätte die Tendenz, den Wärmewiderstand der flexiblen Graphitschichten in der Dickenrichtung zu erhöhen. Es ist zu beachten, dass andere Additive verwendet werden können, zum Beispiel intumeszente Verbindungen, wie beispielsweise expandierbarer Graphit, oder Phasenänderungsmaterialien, wie beispielsweise Wachs. Diese oder andere Additive können wahlweise mikroverkapselt sein, so dass sie die Haftfunktion der inneren Schicht nicht stören.

**[0020]** Die erste und zweite flexible Graphitschicht **14** und **16** kann jeweils dünn und folienförmig sein und zwei gegenüberliegende Hauptflächen aufweisen. In einer Ausführungsform können die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** jeweils weniger als etwa 2 mm dick sein. In anderen Ausführungsformen können die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** jeweils weniger als etwa 1 mm dick sein. In noch anderen Ausführungsformen können die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** jeweils weniger als etwa 0,5 mm dick sein. Gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen können die flexiblen Graphitschichten **14** und **16** eine Folie einer komprimierten Masse der abgeblätternen Graphitpartikel, eine Folie eines graphitierten Polyimids oder Kombinationen davon sein.

**[0021]** Jede flexible Graphitschicht fungiert dahingehend, dass sie Wärme, die durch die Batteriezelle erzeugt wird, verteilt und/oder abführt. Daher kann jede flexible Graphitschicht eine Wärmeleitfähigkeit von über etwa 250 W/mK in einer Ebene bei etwa Raumtemperatur haben (mittels des Angstrom-Ver-

fahrens zum Testen bei Raumtemperatur, die bei ungefähr 25°C liegt). In einer anderen Ausführungsform beträgt die Wärmeleitfähigkeit jeder flexiblen Graphitschicht in der Ebene mindestens etwa 400 W/mK. In einer noch anderen Ausführungsform kann die Wärmeleitfähigkeit der flexiblen Graphitschichten in der Ebene mindestens etwa 550 W/mK betragen. In zusätzlichen Ausführungsformen kann die Wärmeleitfähigkeit in der Ebene im Bereich von mindestens 250 W/mK bis etwa 1500 W/mK liegen. In noch weiteren Ausführungsformen kann die Wärmeleitfähigkeit in der Ebene im Bereich von etwa 250 W/mK bis etwa 700 W/mK liegen. In einer anderen Ausführungsform kann die Wärmeleitfähigkeit jeder flexiblen Graphitschicht in der Dickenrichtung zwischen etwa 1 W/mK und etwa 20 W/mK betragen. In dieser oder anderen Ausführungsformen beträgt die Wärmeleitfähigkeit in der Dickenrichtung zwischen etwa 14 W/mK und etwa 18 W/mK. Es ist weiterhin bevorzugt, dass die flexiblen Graphitschichten eine Wärmeleitfähigkeit in der Ebene von mindestens etwa dem Zweifachen der Wärmeleitfähigkeit von Aluminium haben. Weiterhin kann jede flexible Graphitschicht **14** und **16** dieselben oder unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten in der Ebene haben. Jede Kombination der obigen Wärmeleitfähigkeiten in der Ebene können angewendet werden. Geeignete Graphitfolien und Folienherstellungsverfahren sind zum Beispiel im US-Patent Nr. 5,091,025 und 3,404,061 offenbart, deren Inhalte hier durch Bezugnahme aufgenommen werden.

**[0022]** In einer wahlweisen Ausführungsform können eine oder mehrere flexible Graphitschichten kunststoffverstärkt sein. Der Kunststoff kann zum Beispiel verwendet werden, um die Stabilität der flexiblen Graphitschichten und/oder die Undurchlässigkeit von flexiblen Graphitschichten zu verbessern. In Kombination mit der Kunststoffverstärkung oder in der Alternative können eine oder mehrere flexible Graphitschichten eine Kohlenstoff- und/oder Graphitfaserverstärkung umfassen.

**[0023]** Der flexible Graphit ist ein gleichförmigeres Material als herkömmliche Materialien, die in einem Batteriesatz verwendet werden, um Wärme zu verteilen (ex. Aluminium). Die Verwendung von flexiblem Graphit ermöglicht eine Verringerung des Grenzflächen-Wärmeübertragungswiderstands zwischen dem flexiblen Graphit und einer benachbarten Batteriezelle im Vergleich zu einer Batteriezelle und einem herkömmlichen Material (z. B. Aluminium) für die Übertragung von Wärme. Da flexible Graphitschichten gleichförmiger sind, ist eine Grenzflächen-Wärmeübertragung zwischen Batteriezellen mit nicht flachen Hauptflächen (d. h. prismatischen Lithiumionenbatterien) besser als herkömmliche Materialien. Die Gleichförmigkeit und die sich ergebende Verringerung des Grenzflächen-Heizwärmeübertragungswiderstands können die Notwendigkeit des Auftragens eines wärmeleitfähigen Fetts oder Paste

auf die Oberfläche des Verbund-Wärmeverteilers **10** verringern oder sogar ausschalten, wie es praktiziert werden kann, um den Grenzflächenwiderstand von herkömmlichen Materialien zu überwinden.

**[0024]** Wie zuvor erörtert, kann der Verbund-Wärmeverteiler **10** wahlweise eine Schutzhülle **18** umfassen. Die Schutzhülle **18** kann vorteilhaft aus einem Material mit einer Schmelztemperatur von über etwa 150°C, besonders bevorzugt von über etwa 200°C und noch mehr bevorzugt über etwa 250°C, sein. Die Schutzhülle **18** besteht vorteilhaft aus einer molekularen Zusammensetzung, die beim Erwärmen eine nicht leitende kohlenstoffhaltige Holzkohle bildet und nicht Feuer fängt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Schutzhülle **18** aus einem Kunststoffmaterial hergestellt. Beispiele für geeignete Kunststoffmaterialien können PET-Filme oder Polyimide, wie beispielsweise Kapton® sein, das von DuPont Company vermarktet wird.

**[0025]** Die Schutzhülle **18** kann dahingehend funktionieren, dass sie erzeugte Gase aus der gaserzeugenden Schicht **12** zurückhält. Wenn Temperaturen so hoch ansteigen, dass die Schutzhülle **18** bricht (entweder aufgrund von Schmelzen, Verkohlen oder Innendrücken), können die erzeugten Gase, die vorteilhafterweise hauptsächlich CO<sub>2</sub> und/oder H<sub>2</sub>O sind, in der Batteriesatzumhüllung freigesetzt werden. Wie auf dem Fachgebiet bekannt ist, kann die Freisetzung von CO<sub>2</sub> und/oder H<sub>2</sub>O die Tendenz haben, als Gegenmaßnahme zu einem Feuer und/oder einer übermäßigen Erhitzung in der Batteriesatzumhüllung zu fungieren.

**[0026]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Verbund-Wärmeverteiler **10** durch Kalandrieren oder Pressen der gaserzeugenden und flexiblen Graphitschichten zusammengefügt sein. In einer solchen Ausführungsform können Haftmittel wahlweise zwischen den flexiblen Graphit- und gaserzeugenden Schichten zur Förderung der Haftfähigkeit verwendet werden. In dieser oder anderen Ausführungsformen kann das Haftmittel benachbart zu den Rändern aufgebracht werden, um die Bildung einer Gastasche zu fördern, die zumindest zeitweise nach dem Erreichen der Schwellentemperatur erhalten wird. In anderen Ausführungsformen werden die gaserzeugenden und flexiblen Graphitschichten aufgrund der haftenden Natur der gaserzeugenden Schicht zusammengehalten. Die Schutzhülle kann zur gleichen Zeit wie die gaserzeugenden und flexiblen Graphitschichten kalandriert oder gepresst werden. In einer anderen Ausführungsform kann die Schutzhülle angewendet werden, nachdem der Verbund-Wärmeverteiler in Form geschnitten wurde. In einem solchen Fall kann die Schutzhülle um das Teil herum laminiert oder vakuumversiegelt werden, das wiederum eine zusätzliche Kraft vorsehen würde, um die verschiedenen

Schichten während der normalen Betriebsbedingungen zusammenzuhalten.

**[0027]** Mit Bezug auf [Fig. 4–Fig. 5](#) wird ein Mehrzellen-Batteriesatz gezeigt, der allgemein mit dem Bezugszeichen **30** angegeben ist. Der Batteriesatz **30** umfasst eine Mehrzahl von prismatischen Lithiumionenzellen **32**, die übereinander angeordnet sind. Wie auf dem Fachgebiet bekannt ist, würde der Batterieblock dann in einer Umhüllung (nicht gezeigt) enthalten sein, um sowohl die physikalische Anordnung der Zellen **32** aufrechtzuerhalten als auch den Batteriesatz vor äußeren schädlichen Einwirkungen, einschließlich Wärme, Vibration, Schlag und dergleichen, zu schützen. In einer Ausführungsform ist die prismatische Lithiumionenzelle im Allgemeinen rechteckig oder quadratisch in der Form und hat eine Dicke von etwa 1 mm bis etwa 10 mm. Vorzugsweise hat die Zelle eine Dicke von etwa 3 mm bis etwa 6 mm. In einer Ausführungsform des Batteriesatzes hat die prismatische Lithiumionenzelle gegenüberliegende Hauptflächen, wobei jede Hauptflächen-Basisfläche mindestens 8 Quadratzoll, besonders bevorzugt eine Basisfläche von mindestens 16, hat. In einer Ausführungsform beträgt die Basisfläche von etwa 49 Quadratzoll bis etwa 400 Quadratzoll. In einer anderen Ausführungsform ist die Basisfläche von etwa 16 Quadratzoll bis etwa 2500 Quadratzoll und am meisten bevorzugt ist eine Basisfläche von etwa 400 Quadratzoll bis etwa 1600 Quadratzoll.

**[0028]** Die Hülle jeder Batteriezelle kann aus einem gehärteten Metall und/oder einer Kunststoffhülle hergestellt sein. Alternativ kann die Hülle ein mit Aluminiumfolie beschichteter Kunststofffilm sein. Die Batteriezellenhülle wird vorzugsweise mit einem mit Aluminiumfolie laminierten Kunststofffilm hergestellt, der eine Dicke von etwa 20 µm bis etwa 200 µm aufweist. Insbesondere hat der mit Aluminiumfolie laminierte Kunststofffilm eine Dicke von etwa 30 µm bis etwa 100 µm. Besonders bevorzugt hat der mit Aluminiumfolie laminierte Kunststofffilm eine Dicke von etwa 40 µm bis etwa 50 µm. Die positive Elektrode kann eine positive Lithiumionenelektrode sein, die negative Elektrode kann eine negative Lithiumionenelektrode sein und der Elektrolyt kann ein Lithiumionenelektrolyt sein. Weiter kann der Elektrolyt ein flüssiger Lithiumionenelektrolyt oder ein Polymer-Lithiumionenelektrolyt sein.

**[0029]** Vorzugsweise hat die Lithiumionenzelle eine spezifische Energiedichte von über 200 wh/kg, besonders bevorzugt von über 210 wh/kg und ganz besonders bevorzugt von etwa 220 wh/kg oder mehr. In einer noch anderen Ausführungsform hat die großformatige Lithiumionenzelle eine Energiedichte von mindestens 450 wh/L, vorzugsweise mindestens 500 wh/L, besonders bevorzugt mindestens 510 wh/L und ganz besonders bevorzugt mindestens 520 wh/L. In einer noch anderen Ausführungsform hat der großfor-

matige Lithium-Ionenbatteriesatz eine Energiespeicherkapazität von mindestens 0,25 kWh, vorzugsweise mindestens 16 kWh, besonders bevorzugt mindestens 24 kWh, weiter bevorzugt mindestens 53 kWh und ganz besonders bevorzugt mindestens 100 kWh.

**[0030]** Großformative prismatische Zellen sind vorzugsweise zu Batteriesätzen mit einer übereinanderliegenden Konfiguration zusammengesetzt, wobei die Hauptflächen jeder Zelle **32** den Hauptflächen der benachbarten Zellen **32** gegenüberliegen. Diese übereinanderliegende Anordnung maximiert die Energiedichte, ist aber nicht förderlich, um die Wärme von den Zellen abzuführen. Dies trifft besonders für die inneren Zellen des Batteriesatzes zu, die relativ weit von einer der Außenflächen des Batteriesatzes **30** entfernt sind. Um die Wärmeübertragung zu erleichtern, kann der Verbund-Wärmeverteiler **10** in die Räume zwischen die gestapelten prismatischen Zellen eingeführt werden. Die Verbund-Wärmeverteiler **10** verbessern die Leistung und Lebensdauer der Zellen, indem die Wärmegradienten in der Ebene der Folie reduziert werden und die Wärme direkt an die Umgebung des Satzes oder an eine Wärmesenke abgeführt wird.

**[0031]** Verbund-Wärmeverteiler **10** sind zwischen dem mindestens einen Paar benachbarter Zellen **2** in dem Block derart eingefügt, dass die gegenüberliegenden Hauptflächen **22** des Verbinder-Wärmeverteilers **10** in die Hauptflächen von benachbarten Zellen **32** eingreifen. Die Verbund-Wärmeverteiler **10** sind vorteilhaft zwischen jede dritte Zelle **32** gelegt, besonders bevorzugt zwischen jede zweite Zelle **32** und noch weiter bevorzugt zwischen jede Zelle **32** in dem Block. Die Verbund-Wärmeverteiler **10** fungieren hauptsächlich so, dass die in den Zellen **32** erzeugte Wärme verteilt wird. Weiter können die Verbund-Wärmeverteiler **10** so funktionieren, dass die Wärme zu einer oder mehreren Wärmesenken (nicht gezeigt) abgeführt wird.

**[0032]** Mit Bezug auf [Fig. 6](#) wird eine beispielhafte Ausführungsform offenbart, wobei die Verbund-Wärmeverteiler **10** zwischen jeder zweiten Zelle **32** positioniert sind (d. h. nach jeder zweiten Zelle in dem Block). [Fig. 6](#) ist für die Funktionalität des Verbund-Wärmeverteilers **10** repräsentativ (d. h. in einem Fall, in dem die gaserzeugende Schicht von einem oder mehreren Verbund-Wärmeverteiler **10** auf eine Temperatur erwärmt wurde, die über der gaserzeugenden Schwellentemperatur lag). Wenn eine oder beide Zellen **32a** und **32b** einer Fehlfunktion unterliegen, wodurch eine thermische Instabilität verursacht wird, erwärmt dies die benachbarten Verbund-Wärmeverteiler **10a** und **10b**. Wenn die gaserzeugende Schicht **12** der Wärmeverteiler **10a** und **10b** über die gaserzeugende Schwellentemperatur erwärmt wird, verursacht dies, dass die Ver-

bund-Wärmeverteiler **10a** und **10b** expandieren, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Wie zuvor erörtert, verringert diese Expansion wirksam die Wärmeleitung in der Dickenrichtung und minimiert so die Wärmeübertragung auf benachbarte Batteriezellen. Auf diese Weise werden die benachbarten Zellen geschützt und die Zellen, die einer thermischen Instabilität ausgesetzt sind, werden eingegrenzt.

**[0033]** Wie zuvor erörtert, expandiert der Verbund-Wärmeverteiler in der Dickenrichtung bei einer Erwärmung über die gaserzeugende Schwellentemperatur. Bei Konfiguration in einem Batteriesatz, führt die Expansion zu einer Kompression der übrigen Verbund-Wärmeverteiler. In diesen oder anderen Ausführungsformen kann diese Expansion des Verbund-Wärmeverteilers bewirken, dass die Zelle von dem elektrischen System durch physisches Verschieben seiner Lage in dem Block getrennt wird. Zum Beispiel wird mit Bezug auf [Fig. 7](#) eine vergrößerte Ansicht einer Batteriezelle **32** und eines Verbund-Wärmeverteilers **10** gezeigt. Wie zu sehen ist, umfasst die Batteriezelle **32** eine elektrische Leitung **34**, die elektrisch mit der elektrischen Leitung **36** des Batteriesatzes verbunden ist. Die Leitung **36** ist wiederum mit dem Rest des elektrischen Systems verbunden. Wenn das Ereignis einer thermischen Instabilität auftritt, kann es vorteilhaft sein, die überhitzten Zellen vom Rest des elektrischen Systems elektrisch zu trennen. Wie in [Fig. 8](#) zu sehen ist, wird in einer Ausführungsform die Batteriezelle **32** im Batteriesatz so angeordnet, dass sie sich in der Dickenrichtung bewegen kann. Wenn daher die Schwellentemperatur in dem benachbarten Verbundverteiler **10** erreicht ist, bewirkt das expandierende Gas, dass der Verbundverteiler **10** sich vergrößert, was wiederum die elektrische Leitung **34** dazu zwingt, sich von der elektrischen Leitung **36** zu lösen. Auf diese Weise wird die elektrische Verbindung unterbrochen.

**[0034]** Wie zu sehen ist, fördert der Verbund-Wärmeverteiler gemäß der vorliegenden Erfindung sowohl die Verteilung als auch die Abführung der Wärme, die durch die Batteriezellen während des normalen Betriebs eines Batteriesatzes erzeugt wird. Der Verbund-Wärmeverteiler funktioniert weiter als Thermosicherung, die die Tendenz hat, die Batteriezellen, die einer thermischen Instabilität unterliegen, gegenüber benachbarten Batteriezellen zu isolieren. Obwohl die obige Beschreibung sich auf die Verwendung des Verbund-Wärmeverteilers in Verbindung mit prismatischen Lithiumionenbatterien konzentriert, ist zu beachten, dass er mit anderen Batteriearten verwendet werden kann, und in der Tat in jedem System, das unter normalen Betriebsbedingungen eine Wärmeverteilung und -abführung in der Richtung der Ebene erfordert, aber die Wärmeisolierung in der Dickenrichtung erfolgt, wenn ein Ereignis mit hoher Wärmeentwicklung auftritt.

**[0035]** Die verschiedenen hier offenbarten Ausführungsformen können in jeder Kombination davon ausgeführt werden. Die obige Beschreibung soll den Fachmann in die Lage versetzen, die Erfindung auszuführen. Es ist nicht beabsichtigt, alle möglichen Variationen und Modifikationen ausführlich dazulegen, die dem Fachmann beim Lesen der Beschreibung deutlich werden. Allerdings sollen alle diese Modifikationen und Variationen vom Umfang der Erfindung umfasst sein, die durch die folgenden Ansprüche definiert ist. Die Ansprüche sollen die angegebenen Elemente und Schritte in jeder Anordnung oder Folge abdecken, die dahingehend wirksam ist, dass sie die für die Erfindung beabsichtigten Ziele erfüllen, wenn der Kontext nicht speziell etwas anderes angibt.

**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 5091025 [\[0021\]](#)
- US 3404061 [\[0021\]](#)

### **Schutzansprüche**

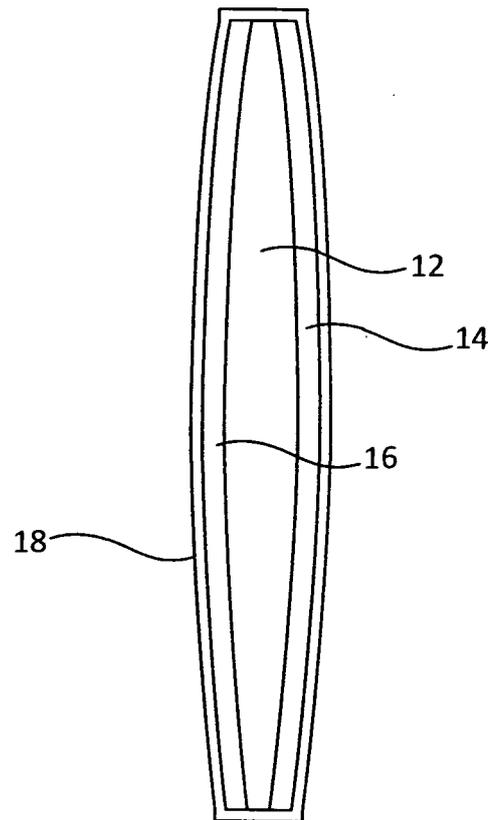
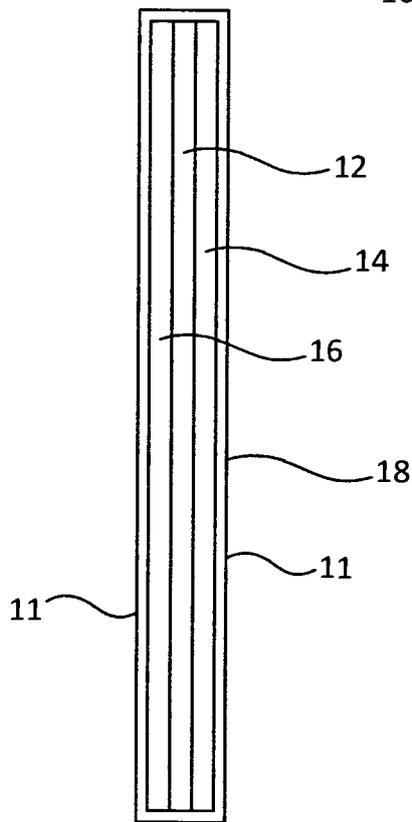
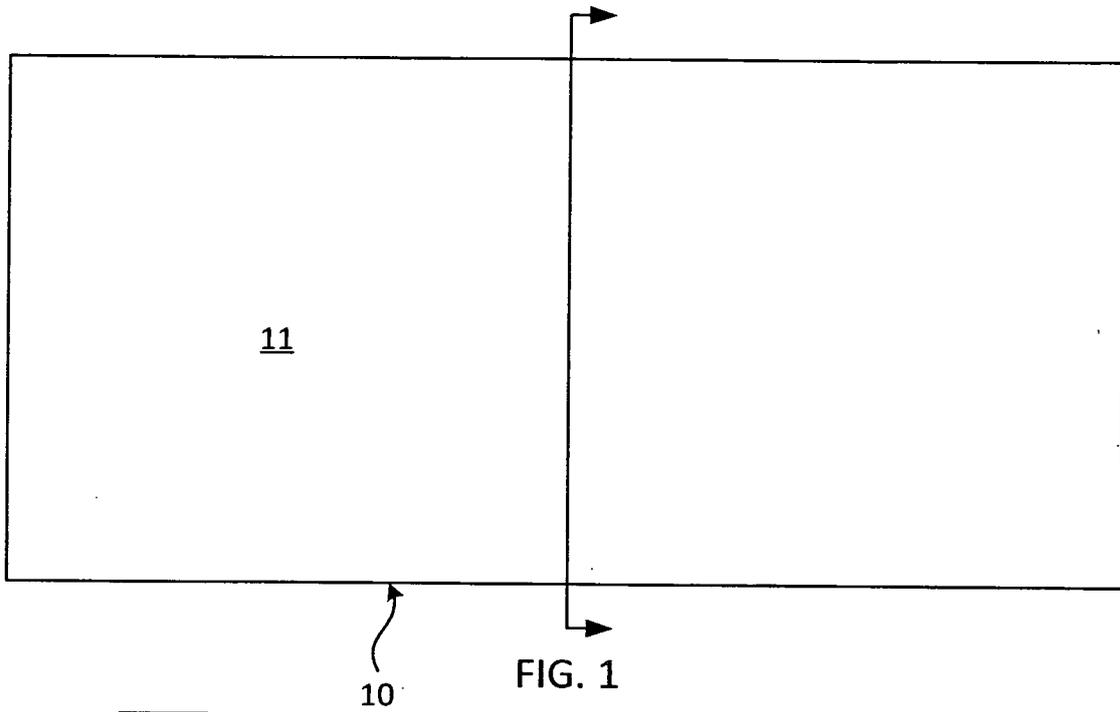
1. Verbund-Wärmeverteiler (**10**) umfassend:  
eine erste flexible Graphitschicht (**14**);  
eine zweite flexible Graphitschicht (**16**);  
eine gaserzeugende Schicht (**12**), die zwischen der ersten flexiblen Graphitschicht (**14**) und der zweiten flexiblen Graphitschicht (**16**) angeordnet ist; und  
wobei bei dem Erreichen einer Schwellentemperatur die Wärmeleitfähigkeit der gaserzeugenden Schicht (**12**) um mindestens den Faktor fünf reduziert ist.

2. Verbund-Wärmeverteiler (**10**) nach Anspruch 1, wobei nach dem Erreichen der Schwellentemperatur die durchschnittliche Dicke der gaserzeugenden Schicht (**12**) um mindestens etwa 10 Prozent ansteigt.

3. Verbund-Wärmeverteiler (**10**) nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Schutzhülle (**18**), wobei die Schutzhülle (**18**) die erste flexible Graphitschicht (**14**), die zweite flexible Graphitschicht (**16**) und die gaserzeugende Schicht (**12**) ummantelt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



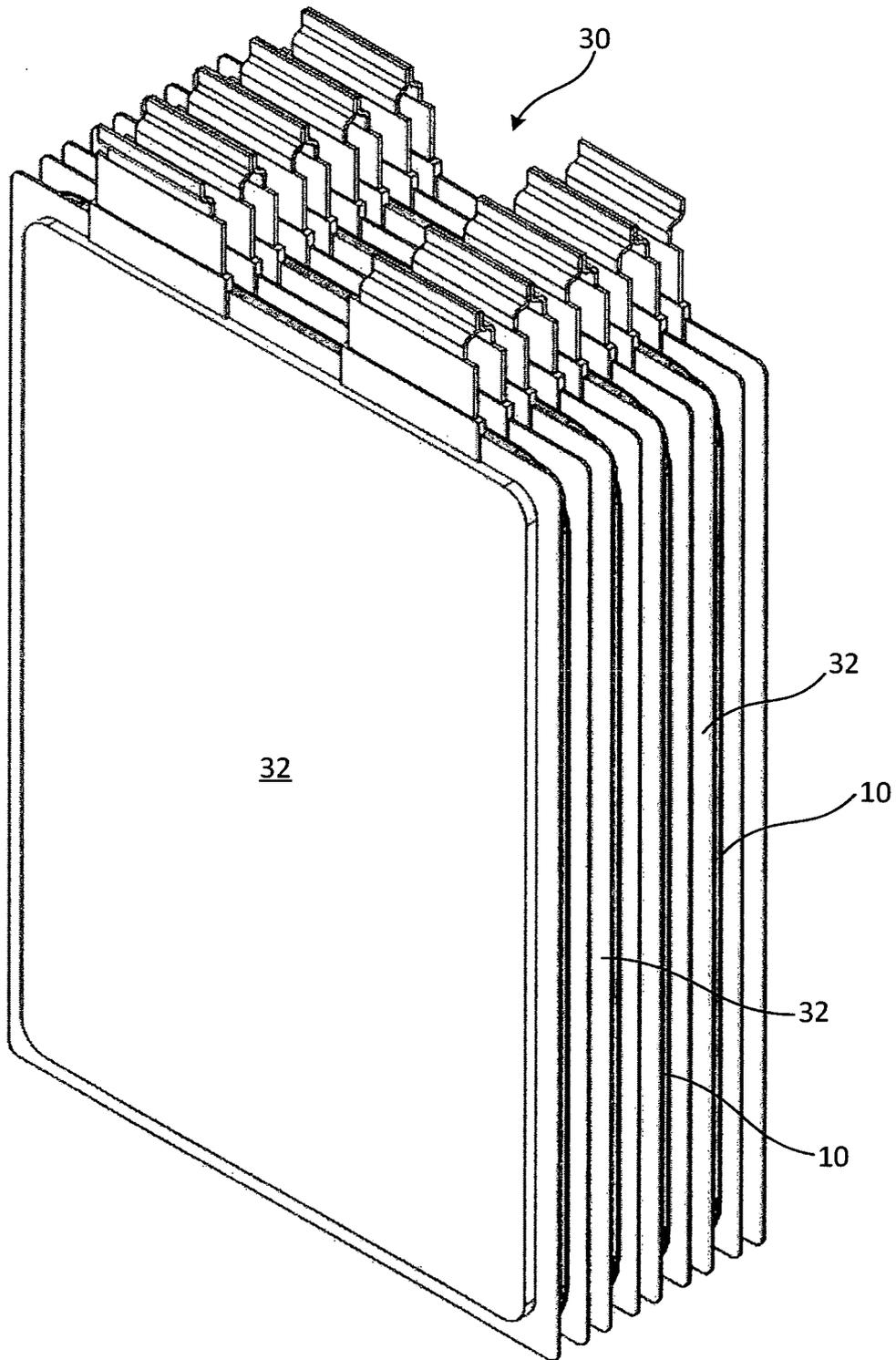


FIG. 4

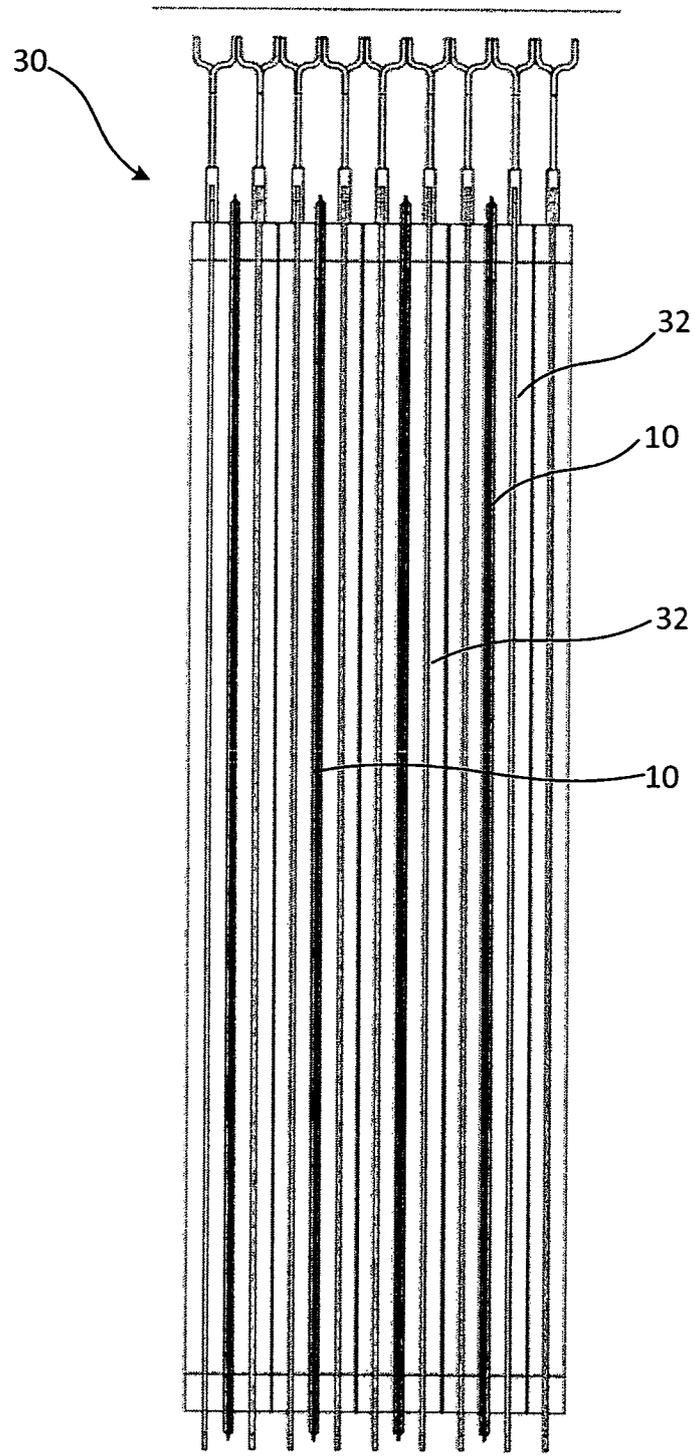


FIG. 5

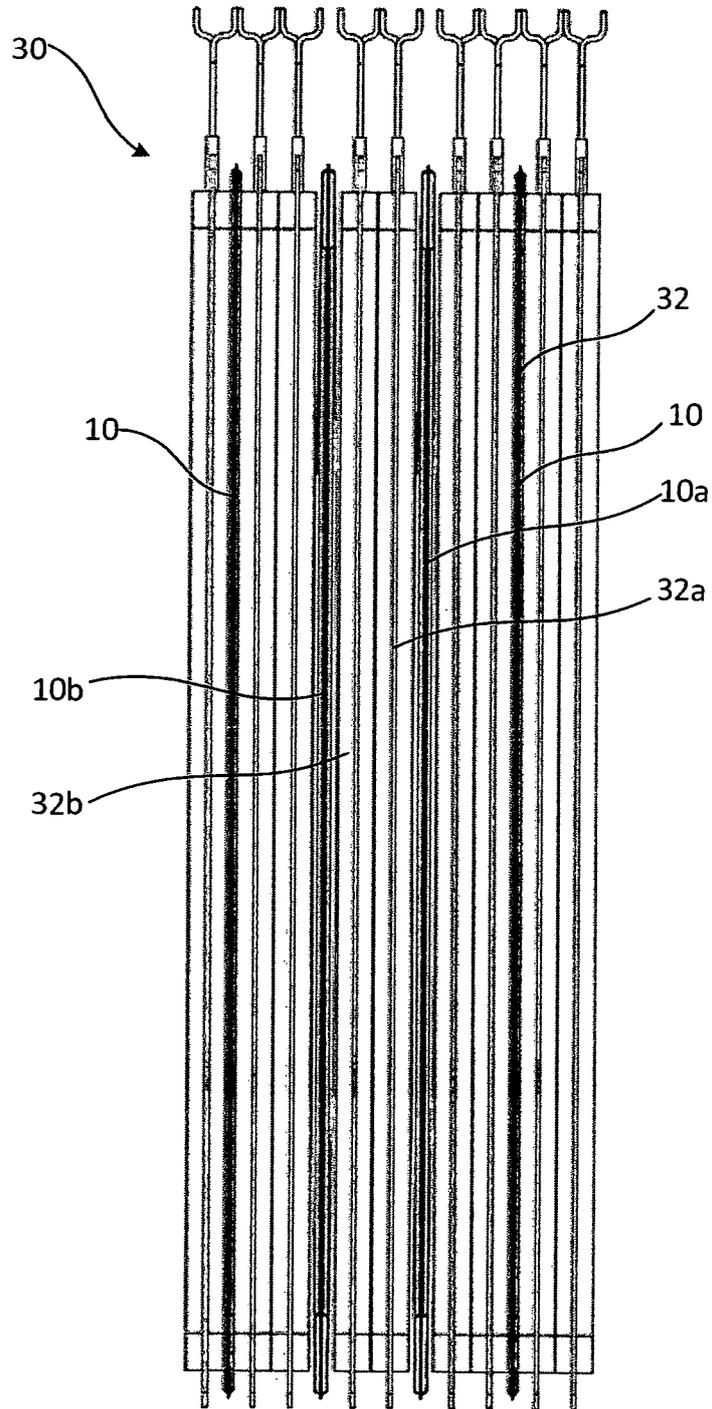


FIG. 6

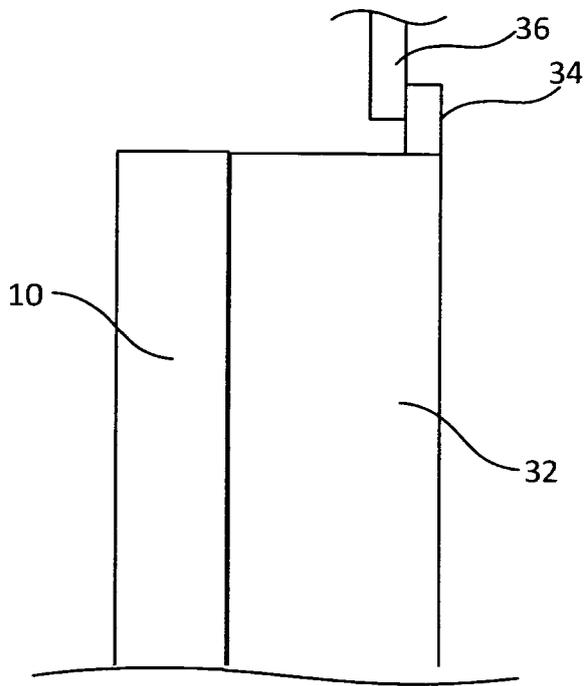


FIG. 7

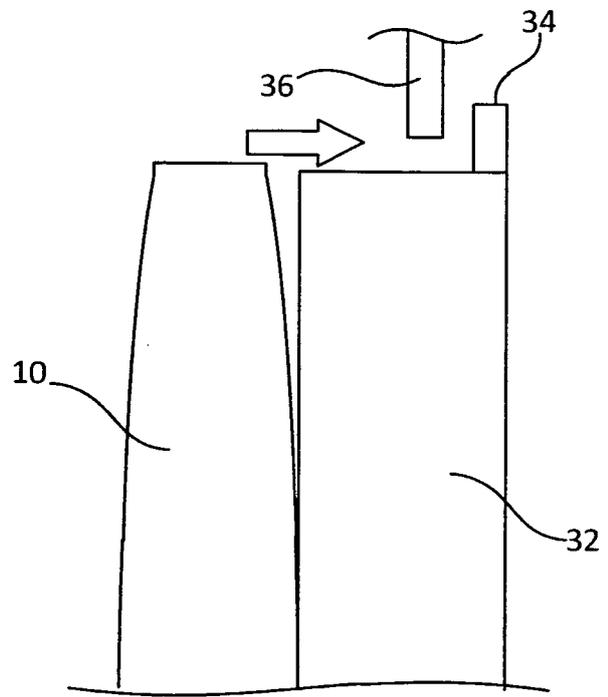


FIG. 8