



(10) **DE 10 2018 004 332 B3** 2019.07.04

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 004 332.1**
(22) Anmeldetag: **24.05.2018**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.07.2019**

(51) Int Cl.: **H01M 10/6551 (2014.01)**
H01M 10/6561 (2014.01)
H01M 10/6567 (2014.01)
H01M 10/625 (2014.01)
H01M 10/058 (2010.01)
B60L 50/64 (2019.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich, Prof., 70376 Stuttgart, DE

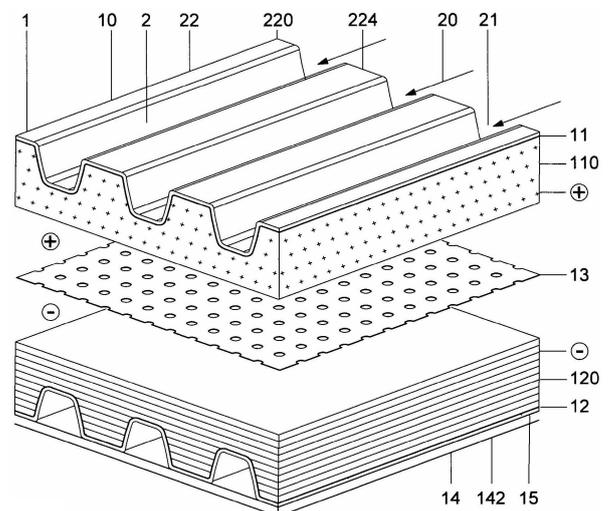
(56) Ermittelte Stand der Technik:

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

US	7 682 732	B2
US	2015 / 0 140 371	A1
EP	3 264 509	A2
JP	2006- 331 874	A

(54) Bezeichnung: **STAPELBARE AKKUMULATORZELLE MIT EINER OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG UND ELEKTROFAHRZEUG**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine stapelbare Akkuzelle (1) insbesondere für eine Traktionsbatterie (15) eines Fahrzeugs. Die Akkuzelle (1) besteht aus einer Außenhülle (10), deren äußere Oberfläche (100) einen Teil einer Wandung eines Fluidnetzes (2) bildet, einer kathodenseitigen Elektrode (+) mit einem Aluminiumblech (11) und einer Schicht aus einem Lithium-Metalloxid (110), und einer anodenseitigen Elektrode (-) mit einem Kupferblech (12) und einer Schicht aus Kohlenstoff-Graphit (120), sowie aus einem Elektrolyt und einem zwischen Kathode und Anode angeordneten mikroporösen Separator (13). In dem Fluidnetz (2) kann ein Wärmeträgerfluid (20) innerhalb und außerhalb eines Batteriebehälters (14) zirkulieren, um die aus einer Vielzahl einzelner Akkuzellen (1) aufgebaute Traktionsbatterie (15) des Fahrzeugs zu temperieren. Die Akkuzelle (1) weist eine an der Außenhülle (10) und an den Elektroden (+, -) ausgebildete Oberflächenvergrößerung auf, die von einer Vielzahl einzelner, jeweils wärmeleitend mit der Außenhülle (10) und mit den Elektroden (+,-) verbundener Wärmeübertragungselemente (22) gebildet wird, wobei der mikroporöse Separator (13) als eine planebene Fläche ausgebildet ist und die Wärmeübertragungselemente (22) innerhalb des Batteriebehälters (14) von dem Wärmeträgerfluid (20) angeströmt werden können, sodass Wärme von den Akkuzellen (1) auf das Wärmeträgerfluid (20) oder Wärme von dem Wärmeträgerfluid (20) auf die Akkuzellen (1) übertragen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine stapelbare Akkumulierzelle, kurz stapelbare Akkuzelle, insbesondere für die Traktionsbatterie eines Fahrzeugs, welche Akkuzelle einen planebenen ausgebildeten Separator und eine an der Außenhülle und an den Elektroden ausgebildete Oberflächenvergrößerung aufweist, die der Temperierung einer aus einer Mehrzahl modular geordneter Stapel von Akkuzellen aufgebauten Traktionsbatterie eines Fahrzeugs dient. Die Oberflächenvergrößerung der Akkuzellen besteht aus einer Vielzahl einzelner, jeweils wärmeleitend mit der Außenhülle und den Elektroden der Akkuzellen verbundener Wärmeübertragungselemente, die als Stapel untereinander ein Fluidnetz bilden. Das Fluidnetz ist innerhalb und außerhalb des Batteriebehälters der Traktionsbatterie angeordnet und wird von einem gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluid durchströmt. Im Inneren der Akkuzelle dient die Oberflächenvergrößerung der Elektroden der Erhöhung der elektrischen Kapazität der Akkuzelle. Der Begriff Fahrzeug bezieht sich auf ein ausschließlich elektrisch angetriebenes Fahrzeug, ebenso wie auf ein Fahrzeug mit Hybridantrieb, auf einen Lkw, auf einen Bus, auf ein Motorrad sowie auf ein Wasser-, Luft-, oder Raumfahrzeug.

Stand der Technik

[0002] Eine Akkuzelle stellt als eine in sich funktionsfähige Einheit den Baustein eines aus einer Vielzahl von Akkuzellen aufgebauten elektrochemischen Energiespeichers dar, wobei die Akkuzellen untereinander in Reihe und/oder parallel verschaltet werden. Aufgrund ihrer hohen Energiedichte werden gegenwärtig Lithium-Ionen-Zellen als wiederaufladbare Sekundärzellen einer Traktionsbatterie genutzt. Die Kathode einer Lithium-Ionen-Batterie ist aus einem ebenen Aluminiumblech und einer damit in Verbindung stehenden Schicht aus einem Lithium-Metalloxid aufgebaut, während die Anode aus einem ebenen Kupferblech und einer damit in Verbindung stehenden Schicht aus Graphit besteht und die beiden Elektroden durch einen von einer mikroporösen Membran gebildeten Separator, der ausschließlich für positiv geladene Lithium-Ionen durchlässig ist, voneinander geschieden sind. Bei der Leistungsabgabe der Traktionsbatterie lösen sich an der Kathode in einer elektrochemischen Reduktion aus dem Metalloxid Lithium-Ionen und nutzen einen wasserfreien Elektrolyt als Transportmedium, um sich in einem Oxidationsprozess an der Anode in eine Schichtstruktur aus Graphit einzulagern. Beim Wiederaufladen der Akkuzelle läuft der Ionenstrom in umgekehrter Richtung ab, wobei die Reduktion an der Anode und die Oxidation an der Kathode stattfindet, sodass beim Wiederaufladen die Vorzeichen der Elektroden vertauscht sind und die Anode die positive und die Kathode die negative Elektrode der Akkuzelle darstellt. Sowohl

die Energieabgabe beim Entladen der Traktionsbatterie im Fahrbetrieb eines Elektrofahrzeugs, als auch die Energieaufnahme im Ladebetrieb des Elektrofahrzeugs ist mit einer unerwünschten Wärmeentwicklung und einer damit einher gehenden unerwünschten thermisch und elektrochemisch bedingten Dilatation der einzelnen Akkuzellen der Traktionsbatterie verbunden. Diese regelmäßig eintretende Volumenänderung führt im Lauf der Zeit zu einer Zerrüttung der Nanostrukturen im Inneren der Akkuzelle, die mit einem Leistungsabbau verbunden ist. Um an einer Traktionsbatterie möglichst viele Be- und Entladezyklen ohne mittel- und langfristige Leistungseinbußen zu realisieren, ist deshalb ein Temperiersystem, das die Temperaturen in allen Betriebszuständen der Traktionsbatterie innerhalb eines Temperaturkorridors von +10°C bis maximal 50°C gewährleistet, unbedingt erforderlich. Gelingt dies, kann allein dadurch die Nutzungsperiode einer Traktionsbatterie erheblich verlängert werden, was im Sinne einer ressourcenschonenden und energiesparenden Produktion sehr wünschenswert ist. Bauartbedingt unterscheidet man sog. „Pouch-Bag-Zellen“, kurz „Pouch-Zellen“, bei denen die Außenhülle aus einem mehrschichtigen Folienverbund besteht und die Formstabilität der Zelle durch Evakuieren einer von zwei Folien gebildeten Tasche hergestellt wird, von „Prismatischen Zellen“, bei denen die formstabile Außenhülle von einem metallischen quaderförmigen Behälter gebildet wird und von „Zylindrischen Zellen“, bei denen die Außenhülle von einem besonders formstabilen, zylindrischen Metallgefäß gebildet wird. Alle drei Bauarten eignen sich grundsätzlich für den Aufbau einer Traktionsbatterie, wobei eine Mehrzahl von Zellen (z.B. 20 Pouch-Zellen) zu einem Batterie-Modul bzw. zu einem Batterie-Block gepackt werden und eine Vielzahl von Modulen (z.B. 10-40 Module) zu einer Traktionsbatterie mit einer elektrischen Leistung von (z.B. 400-500 kW) innerhalb eines Batteriebehälters angeordnet werden. Besonders kritische Temperaturbedingungen innerhalb der Traktionsbatterie treten z.B. beim Wiederaufladen der Batterie nach einer leistungsintensiven Autobahnfahrt auf. Die Batterie kommt hier bereits mit einer erhöhten Temperatur an die Ladestation, wo der Schnellladevorgang die Temperatur zusätzlich erhöht. Bekannt sind Kühlvorrichtungen, die die Traktionsbatterie vom Boden und/oder von oben her kühlen. Die damit verbundene einseitige Wärmeübertragung führt zu einer inhomogenen Temperaturverteilung innerhalb der einzelnen Akkuzellen und wirkt sich damit negativ auf deren Lebensdauer aus. Mit einem Gewicht von 500-700 kg stellt die Traktionsbatterie eine thermisch nur bedingt zu konditionierende kompakte Masse dar. Bei bekannten Temperiersystemen bilden plattenförmige Wärmeübertrager, die z.B. von einem Gemisch aus Wasser und Glykol als Wärmeträgerfluid durchströmt werden, die Wärmequelle, während die Wärmesenke z.B. von einem luftdurchströmten Kühler gebildet wird. Eine wesentlich wirksamere Wärme-

senke stellt ein separater Kältekreis dar, der eine von dem Wärmeträgerfluid unabhängige Wärmesenke bildet. Der Schichtaufbau eines Brennstoffzellenstapels weist Zwischenschichten mit Kanälen auf, die einerseits der internen Zufuhr der Reagenzien Wasserstoff und Sauerstoff und andererseits der Ableitung des Reaktionsprodukts Wasser dienen.

[0003] Aus der gattungsbildenden JP 2006 - 331 874 A mit JP,2006-331874,A (Maschinenübersetzung), AIPN [online] JPO [abgerufen am 2018-12-7] geht ein wellenförmiges oder trapezförmiges Batterieelement hervor, das so gestapelt werden kann, dass zwischen den einzelnen Batteriezellen Ventilationskanäle gebildet werden, die zur Kühlung eines Stapels aus mehreren Batteriezellen von Luft durchströmt werden können. In dem Absatz [0003], der o.g. Übersetzung wird unter Bezug auf **Fig. 8** und **Fig. 9** ein nicht näher bezeichneter Separator genannt, der der wellenförmigen bzw. trapezförmigen Gestalt der Batteriezellen folgt.

Aus der US 7 682 732 B2 geht ein Batteriemodul hervor, das aus einer Mehrzahl einzelner, durch eine Trennrippe voneinander beabstandeter Batteriezellen aufgebaut ist. Die ein- oder zweilagig ausgebildete Trennrippe, weist eine Vielzahl von Vorsprüngen oder Einbuchtungen auf um einen von Luft durchströmbar Hohlräum zwischen den einzelnen Batteriezellen herzustellen. Die Trennrippen haben keinen Einfluss auf den elektrochemischen inneren Aufbau der Batteriezellen.

Aus der US 2015/0 140 371 A1 geht ein Stapel bogenförmig ausgebildeter Batteriezellen hervor, die in einem versiegelten Batteriebehälter angeordnet sind. Zwischen den einzelnen, als Federelemente wirkenden Batteriezellen ist ein Spalt vorgesehen, der es ermöglicht einen Stapel der Zellen innerhalb des Behälters vorzuspannen.

Aus der EP 3 264 509 A2 geht ein thermisch isolierter, zweischalig aufgebauter Behälter für ein Gerät oder einen Energiespeicher hervor. Als Isoliermaterial zwischen den beiden Schalen des Batteriebehälters ist ein mikroporöser Dämmstoff aus Silizium vorgesehen.

Aufgabenstellung

[0004] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine stapelbare Akkuzelle mit einem planeben ausgebildeten mikroporösen Separator und mit einer Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden anzugeben. Die dem Fluidnetz zugewandte Oberflächenvergrößerung der Außenhülle erfüllt die Aufgabe, in allen Betriebszuständen einer aus einer Vielzahl von Akkuzellen aufgebauten Traktionsbatterie eines Fahrzeugs eine Temperierung der Akkuzellen innerhalb eines vorgegebenen Temperaturkorridors zu ermöglichen, während die dem Separator zugewandte Oberflächenvergrößerung der Elektroden

die Aufgabe hat, die elektrische Kapazität der Akkuzelle zu erhöhen. Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen erfüllt. Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Im Einzelnen löst die Erfindung die folgenden Aufgaben:

- Angabe einer möglichst allseitigen Wärmeübertragung an der durch eine Vielzahl von Wärmeübertragungselementen vergrößerten Oberfläche der Außenhülle einer Akkuzelle
- Vergrößerung der Oberfläche einer Akkuzelle an der Außenhülle und den Elektroden um den Faktor 1,2-1,8
- Angabe einer stapelbaren Akkuzelle, deren modular geordnete Stapel zwischen den einzelnen Akkuzellen ein von einem Wärmeträgerfluid durchströmtes Fluidnetz bilden.
- Angabe einer drucksteifen mechanischen Verbindung zwischen den Kontaktflächen der einzelnen Akkuzellen untereinander, sodass die Akkuzellen eines Moduls untereinander ein biege-, schub- und torsionssteifes Modul mit einer dreidimensionalen räumlichen Tragstruktur bilden.
- Erhöhung der elektrischen Kapazität der Akkuzelle durch die vergrößerte Oberfläche an den Elektroden, Einheit (Ah)
- Erhöhung des Gesamtenergiegehalts der Traktionsbatterie als Produkt aus der Kapazität und der Spannung, Einheit (Wh)
- Erhöhung des Ladewirkungsgrads und der Zyklenfestigkeit für mehr als 10000 Lade- und Entladezyklen
- Leichtbau einer Traktionsbatterie mit einem gasförmigen Wärmeträgerfluid
- Angabe eines explosionsgeschützten Temperiersystems mit einem Inertgas als Wärmeträgerfluid
- Angabe eines elektropneumatischen Fahrsystems durch die Integration von Druckluftspeichern in die Längs- und Querträger der Karosserie eines Elektrofahrzeugs
- Angabe eines Radnabenkompressors zur Wiederaufladung der Druckluftspeicher im Bremsbetrieb des Fahrzeugs
- Aktive Begrenzung der thermisch und elektrochemisch bedingten Dilatation einer Akkuzelle durch Spannglieder, die mit einem Spannrahmen des Batteriebehälters verbunden sind.
- Angabe einer großflächigen, drucksteifen Verbindung zwischen zwei benachbarten Batteriezellen mit einem von Metallfasern gebildeten Geflecht oder einer Schaumplatte

- Angabe serieller Wärmeübertragungselemente, wie z.B. rollgeformte Sicken, tiefgezogene Pyramidenstümpfe und Noppen an der Außenhülle und den Elektroden einer Akkuzelle

Beschreibung der Erfindung

[0005] Eine stapelbare Akkuzelle für die Traktionsbatterie eines Fahrzeugs besteht aus einer Außenhülle, aus einem wasserfreien Elektrolyt und aus einem zwischen den Elektroden angeordneten mikroporösen Separator. Die Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden wird von einer Vielzahl von Wärmeübertragungselementen gebildet, die an der Außenhülle die Wandungen des von einem Wärmeträgerfluid durchströmten Fluidnetzes bilden, während die Wärmeübertragungselemente an der kathodenseitigen Elektrode die Kontaktfläche zwischen dem Aluminiumblech und einer Schicht aus einem Lithium-Metalloxid und an der anodenseitigen Elektrode die Kontaktfläche zwischen dem Kupferblech und einer Schicht aus Kohlenstoff-Graphit vergrößert. In dem Fluidnetz zirkuliert ein Wärmeträgerfluid innerhalb und außerhalb des Batteriebehälters, um die aus einer Vielzahl einzelner Akkuzellen aufgebaute Traktionsbatterie des Fahrzeugs zu temperieren. Eine Akkuzelle ist bevorzugt als eine Pouch-Zelle ausgebildet, deren Außenhülle form-schlüssig und wärmeleitend mit den Wärmeübertragungselementen der Elektroden verbunden ist und einen aus mehreren Schichten aufgebauten, vakuumdichten Folienverbund mit einer äußeren Oberfläche aufweist. Innerhalb des Batteriebehälters werden die wärmeleitend mit der Außenhülle und den Elektroden verbundenen Wärmeübertragungselemente von einem Wärmeträgerfluid angeströmt, sodass Wärme von den Akkuzellen auf das Wärmeträgerfluid bzw. Wärme von dem Wärmeträgerfluid auf die Akkuzellen übertragen wird. Auf der dem Separator zugewandten Innenseite der Elektroden stehen die Wärmeübertragungselemente mit einem wasserfreien Elektrolyt in Kontakt. Die vergrößerte Oberfläche der Elektroden führt hier zu einem erhöhten Fassungsvermögen der Akkuzelle, das auch als elektrische Kapazität bezeichnet wird und die maximale Ladungsmenge (Amperestunden) betrifft, die von der Akkuzelle gespeichert werden kann. Die elektrische Kapazität der einzelnen Akkuzellen wirkt sich als Produkt aus der Kapazität und der Spannung auch auf den Gesamtenergiegehalt (Wattstunden) der Traktionsbatterie aus. Die Akkuzelle zeichnet sich deshalb auch durch eine hohe Energiedichte als dem Verhältnis von Energie und Volumen aus, wobei bei einem durch den Batteriebehälter vorgegebenen Volumen etwa 20-30% des Volumens von dem Fluidnetz beansprucht werden.

Das Fluidnetz und die Wärmeübertragungselemente

[0006] Ein an der Außenhülle und an den Elektroden einer Akkuzelle ausgebildetes Wärmeübertragungselement weist entweder eine Sicke oder einen Pyramidenstumpf oder eine Noppe oder eine Metallfaser oder eine Kombination der genannten Elemente auf, wobei eine Vielzahl von Wärmeübertragungselementen als Abstandhalter zwischen einander benachbarten Akkuzellen wirken und die Sicken ein Fluidnetz aus parallel zueinander angeordneten Kanälen und die Pyramidenstümpfe ein Fluidnetz mit einer durchströmbaren Pyramidenstruktur und die Noppen ein Fluidnetz mit einer durchströmbaren Noppenstruktur und die Metallfasern in einer wärmeleitenden Druckverbindung mit der Außenhülle stehen und ein Fluidnetz mit einem durchströmbaren Metallgeflecht oder einer durchströmbaren Metallschaumplatte bilden. An ihrer dem Separator zugewandten Seite sind die Sicken oder die Pyramidenstümpfe oder die Noppen in dem Aluminium- und Kupferblech der Elektroden ausgebildet und mit Lithium-Metalloxid an der kathodenseitigen Elektrode und mit Kohlenstoff-Graphit an der anodenseitigen Elektrode gefüllt. Der zwischen den Elektroden angeordnete Separator weist eine planebene Fläche auf. Die Berührungsflächen der Wärmeübertragungselemente sind an der Außenhülle so ausgebildet, dass sie untereinander eine biege-, schub- und torsionssteife, dreidimensionale Tragstruktur bilden. Um lokale Belastungen zu vermeiden, wirken die Wärmeübertragungselemente auch als Federelemente, wobei die Sicken, die Pyramidenstümpfe und die Noppen z.B. Quersicken aufweisen und die Metallfasern untereinander ein großflächiges und komprimierbares Federelement bilden.

Das Fluidnetz und der Batteriebehälter

[0007] Der Batteriebehälter ist zweischalig ausgebildet, wobei die Innenseite der Innenschale ein elektrisches Heizregister hat und die äußere Begrenzung des Fluidnetzes bildet und zwischen der den Akkuzellen zugewandten Innenschale und einer der Atmosphäre zugewandten Außenschale ein mit einem Vakuum beaufschlagter Druckraum gebildet wird, der eine Wärmedämmung aus pyrogener Kieselsäure aufnimmt, um die Wärmeverluste der Traktionsbatterie zu minimieren, sodass unter allen Betriebsbedingungen eine Temperatur von min. +10°C bis max. 50°C in der Klimakammer gehalten wird.

Thermische und elektrochemische Dilatation der Akkuzellen

[0008] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist der Batteriebehälter als Spannrahmen ausgebildet, sodass die von den Akkuzellen gebildeten, modularen Stapel durch Spannglieder mit dem Spannrahmen verspannt wer-

den können, um einer thermisch und elektrochemisch bedingten Dilatation der Akkuzellen entgegenzuwirken.

Das Fluidnetz und das Wärmeträgerfluid

[0009] Besteht das Wärmeträgerfluid aus einem Gas, ermöglicht das Fluidnetz eine Gewichtseinsparung um bis zu 30% an der Traktionsbatterie. Das von den Akkuzellen gebildete Fluidnetz stellt deshalb auch eine Leichtbautechnik dar, die eine vorgegebene elektrische Leistung mit weniger Masse erreicht. Besteht das Wärmeträgerfluid aus einem Inertgas, wird die Betriebssicherheit der Batterie erhöht. In einer Ausführungsvariante zirkuliert das Gas in einem in sich geschlossenen Kreislauf und wird mittels einer Umwälzpumpe über mindestens eine Eingangsöffnung in den Batteriebehälter eingeleitet und durch mindestens eine Ausgangsöffnung aus dem Batteriebehälter abgesaugt und an einer Wärmesenke gekühlt. Die Wärmesenke weist entweder einen fahrtwinddurchströmten Kühler auf oder ist als ein separater Kältekreis ausgebildet. Besteht das Wärmeträgerfluid aus Druckluft, weist das Fluidnetz Druckluftspeicher auf, die im Bereich der Fahrgastzelle in die Längs- und Querträger und in die A-, die Bund die C-Säulen der Karosserie integriert sind. Unter Nutzung des Joule-Thomson-Effekts wird die Druckluft an der Eingangsöffnung des Batteriebehälters entspannt, um die Akkuzellen zu kühlen. An der Ausgangsöffnung des Batteriebehälters wird die Druckluft von einem Gebläse angesaugt und einem Mischluftsystem zugeführt, um die Fahrgastzelle zu temperieren. Besteht das Wärmeträgerfluid aus einer Flüssigkeit, die in einem in sich geschlossenen Kreislauf mit einer außerhalb des Batteriebehälters angeordneten Wärmesenke zirkuliert, wird die Wärmesenke entweder von einem fahrtwinddurchströmten Kühler oder von einem von dem Kreislauf der Flüssigkeit unabhängigen Kältekreis gebildet. Die Flüssigkeit besteht z.B. aus einem wärmeleitenden und elektrisch isolierenden Thermoöl.

Elektropneumatisches Fahrsystem

[0010] Im Falle einer luftgekühlten Traktionsbatterie ist das Fluidnetz zu einem elektropneumatischen Fahrsystem weitergebildet, wobei Radnabenkompressoren als Energiekonverter dazu ausgebildet sind, beim Bremsen Druckluft zu erzeugen, die in den Druckluftspeichern der Karosserie gespeichert wird und eine Ventilinsel als elektropneumatische Steuerungseinheit des Fluidnetzes vorgesehen ist.

[0011] Die Figuren zeigen unterschiedliche Ausführungsmöglichkeiten und Anwendungen der Erfindung.

[0012] Es zeigen:

Fig. 1 den Ausschnitt einer Akkuzelle mit einer von Sicken gebildeten Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden in der isometrischen Explosionsdarstellung

Fig. 2 den Stapel von zwei Akkuzellen nach **Fig. 1** im Querschnitt

Fig. 3 den Ausschnitt einer Akkuzelle mit einer von Pyramidenstümpfen gebildeten Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden in der isometrischen Explosionsdarstellung

Fig. 4 den Stapel von zwei Akkuzellen nach **Fig. 3** im schematischen Querschnitt

Fig. 5 den Ausschnitt einer Akkuzelle mit einer von Noppen gebildeten Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden, in der isometrischen Explosionsdarstellung

Fig. 6 den Stapel von zwei Akkuzellen nach **Fig. 5** im schematischen Querschnitt

Fig. 7 den Ausschnitt einer Akkuzelle mit einer von versetzten Noppen gebildeten Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden in der isometrischen Explosionsdarstellung

Fig. 8 den Stapel von zwei Akkuzellen nach **Fig. 7** im schematischen Querschnitt

Fig. 9 den Ausschnitt einer Akkuzelle mit einer von Noppen und den Metallfasern einer Metallschaumplatte gebildeten

Oberflächenvergrößerung der Außenhülle und der Elektroden in der isometrischen Explosionsdarstellung

Fig. 10 den Stapel von zwei Akkuzellen nach **Fig. 9** im schematischen Querschnitt

Fig. 11 ein Fluidnetz für ein Elektrofahrzeug mit Inertgas als Wärmeträgerfluid in der Übersichtsperspektive und in einem schematischen Grundriss

Fig. 12 ein Fluidnetz für ein Elektrofahrzeug mit Luft als Wärmeträgerfluid in der Übersichtsperspektive, in einem schematischen Grundriss und in einer Detailperspektive

Fig. 13 ein Fluidnetz für ein Elektrofahrzeug mit einer Flüssigkeit als Wärmeträgerfluid in der Übersichtsperspektive und in einem schematischen Grundriss

[0013] **Fig. 1** zeigt den Ausschnitt einer Akkuzelle **1** mit einer von einer Vielzahl von Wärmeübertragungselementen **22** gebildeten Oberflächenvergrößerung in Form von parallelen Sicken **220**, die an der Außenhülle **10**, sowie an dem Aluminiumblech **11** und an dem Kupferblech **12** der Elektroden (+,-) ausgebildet sind. Die vergrößerte Oberfläche der Elektroden (+,-) führt zu einem verstärkten Elektronenfluss

durch den Separator **13** zwischen dem Lithium-Metalloxid **110** der Kathode und dem Kohlenstoff-Graphit **120** der Anode. Das Wärmeträgerfluid **20** besteht z.B. aus Luft und wird in den Kanälen **21** des von einer Vielzahl von Akkuzellen **1** gebildeten Fluidnetzes **2** geführt. Die Traktionsbatterie **15** eines Fahrzeugs ist aus einer Vielzahl einzelner Akkuzellen **1** aufgebaut, die innerhalb des zweischaligen Batteriebehälters **14** angeordnet sind, wobei die Innenschale **142** des Batteriebehälters **14** die äußere Begrenzung des von den gestapelten Akkuzellen **1** gebildeten Fluidnetzes **2** darstellt.

[0014] Fig. 2 zeigt in einem exemplarischen Querschnitt die Bildung des Fluidnetzes **2** zwischen den gestapelten Akkuzellen **1** der Traktionsbatterie **15**. Das Wärmeträgerfluid **20** strömt die als Sicken **220** ausgebildeten Wärmeübertragungselemente **22** der Akkuzellen **1** an. Dabei wirken die Sicken **220** untereinander auch als drucksteife Abstandhalter **224** zwischen den Akkuzellen **1**. Fig. 3 zeigt den Ausschnitt einer Akkuzelle **1** mit einer Oberflächenvergrößerung der Außenhülle **10** und der von einem Aluminiumblech **11** gebildeten, kathodenseitigen Elektrode (+) und der von einem Kupferblech **12** gebildeten, anodenseitigen Elektrode (-). Der Separator **13** ist als ebene Folie zwischen dem Lithium-Metalloxid **110** und dem Kohlenstoff-Graphit **120** der Elektroden (+,-) ausgebildet. Ein einzelnes Wärmeübertragungselement **22** besteht aus einem Pyramidenstumpf **221**.

[0015] Fig. 4 zeigt zwei als Pouch-Zellen **16** ausgebildete Akkuzellen **1**, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel entsprechen und über die Kontaktflächen der Pyramidenstümpfe **221** untereinander in einer Druckverbindung stehen, wobei ein von einem Wärmeträgerfluid **20** durchströmtes Fluidnetz **2** aus Kanälen **21** gebildet wird. Das Wärmeträgerfluid **20** besteht z.B. aus einem Inertgas oder aus einem elektrisch nichtleitenden Thermoöl.

[0016] Fig. 5 zeigt den Ausschnitt einer Akkuzelle **1** mit einer Oberflächenvergrößerung in Form einer Vielzahl von Noppen **222**, die sowohl an der Außenhülle **10**, als auch an der von einem Aluminiumblech **11** mit einer Schicht aus Lithium-Metalloxid **110** gebildeten, kathodenseitigen Elektrode (+) und an der von einem Kupferblech **12** mit einer Schicht aus Kohlenstoff-Graphit gebildeten, anodenseitigen Elektrode (-) ausgebildet sind. Der Separator **13** bildet eine ebene Trennschicht zwischen dem Lithium-Metalloxid **110** und dem Kohlenstoff-Graphit **120** der Elektroden (+, -).

[0017] Fig. 6 zeigt zwei als Pouch-Zellen **16** ausgebildete Akkuzellen **1**, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel entsprechen und über die Noppen **222** untereinander in einer Druckverbindung stehen, wobei ein von einem Wärmeträgerfluid **20**

durchströmtes Fluidnetz **2** aus Kanälen **21** gebildet wird.

[0018] Fig. 7 zeigt den Aufbau einer Akkuzelle **1**, deren Oberflächenvergrößerung eine Vielzahl von Noppen **222** aufweist, die im Unterschied zu dem in Fig. 5 und Fig. 6 gezeigten Beispiel an den Elektroden (+,-) jeweils gegeneinander versetzt angeordnet sind.

[0019] Fig. 8 zeigt die Bildung des Fluidnetzes **2** exemplarisch zwischen zwei Akkuzellen **1** mit gegeneinander versetzten Noppen **222** als Wärmeübertragungselemente **22**, die wie in Fig. 7 gezeigt, an der Außenhülle **10** und an den Elektroden (+,-) ausgebildet sind.

[0020] Fig. 9 zeigt zwei als Pouch-Zellen **16** ausgebildete Akkuzellen **1** mit einer Metallschaumplatte **226** als Abstandhalter **224**. Die Metallschaumplatte **226** besteht aus einer Vielzahl von Metallfasern **223**, die jeweils zwischen zwei benachbarten Akkuzellen **1** der Traktionsbatterie **15** den von einem Wärmeträgerfluid **20** durchströmten Kanal **21** bilden. Die einzelnen Metallfasern **223** stehen in einer wärmeleitenden Druckverbindung mit der äußeren Oberfläche **100** der Außenhülle **10**. Die Oberflächenvergrößerung der Akkuzelle **1** betrifft die Außenhülle **10**, die Elektroden (+,-) und weist eine Vielzahl von Noppen **222** auf.

[0021] Fig. 10 zeigt einen Stapel der Pouch-Zellen **16** nach Fig. 9 in einem schematischen Querschnitt. Die Metallschaumplatte **226** steht entweder in einer wärmeleitenden Druckverbindung mit der Außenhülle der Pouch-Zellen **16** oder ist mit der äußeren Oberfläche **100** der Außenhülle **10** verklebt oder verlötet, wobei jeweils eine Akkuzelle **1** mit einer Metallschaumplatte **226** verbunden ist.

[0022] Fig. 11 zeigt ein Temperier- und Betriebssystem für ein Elektrofahrzeug, das ausgehend von einem Inertgas als Wärmeträgerfluid **20** einen sicheren Fahr- und Ladebetrieb ermöglicht. Das Fluidnetz **2** erstreckt sich innerhalb und außerhalb des Batteriebehälters **14** und bildet zusammen mit einer Umwälzpumpe **213** und einer von einem Kühler **230** gebildeten Wärmesenke **23**, die außerhalb des Batteriebehälters **14** angeordnet sind, ein geschlossenes Kreislaufsystem zur Kühlung der Traktionsbatterie **15**.

[0023] Fig. 12 zeigt ein elektropneumatisches Temperier- und Betriebssystem für ein Elektrofahrzeug, das ausgehend von einem zwischen den Akkuzellen **1** gebildeten Fluidnetz **2** einen verbesserten Fahr- und Ladebetrieb ermöglicht. Die Karosserie **25** des Elektrofahrzeugs weist Längs- und Querträger **250**, **251** auf, die als Druckluftspeicher **210** für ein von Luft gebildetes Wärmeträgerfluid **20** ausgebildet und an das Fluidnetz **2** der Traktionsbatterie **15** des Fahrzeugs angeschlossen sind. Das Fluidnetz **2** erstreckt

sich hier innerhalb und außerhalb des Batteriebehälters **14** und bildet ein Mischluftsystem zur Kühlung der Traktionsbatterie **15**, bei dem nach dem Joule-Thomson-Effekt die Druckluft an der Eingangsöffnung **140** in den Batteriebehälter **14** entspannt wird, um die Akkuzellen zu kühlen, wobei an der Ausgangsöffnung **141** die Luft von einem Gebläse **211** angesaugt und ggf. mit Außenluft gemischt wird, um die Fahrgastzelle **24** des Fahrzeugs zu temperieren. An das Fluidnetz **2** sind eine Reihe von Aggregaten, wie ein Radnabenkompressor **212**, das Gebläse **211** und eine Ventilinsel **214** zur Steuerung des Fluidnetzes **2** angeschlossen. Spannglieder **147** im Zusammenwirken mit einem Spannrahmen **146** des Batteriebehälters **14** wirken der thermischen Dilatation der Pouch-Zellen **16** entgegen. Eine Ventilinsel **214** dient der Steuerung des elektropneumatischen Fahrsystems.

[0024] Fig. 13 zeigt ein Temperier- und Betriebssystem für ein Elektrofahrzeug, das ausgehend von einer Flüssigkeit als Wärmeträgerfluid **20** einen sicheren Fahr- und Ladebetrieb ermöglicht. Das Fluidnetz **2** erstreckt sich innerhalb und außerhalb des Batteriebehälters **14** und bildet zusammen mit einer Umwälzpumpe **213** und einem von dem Fluidnetz **2** unabhängigen Kältekreis **231** die Wärmesenke **23** eines in zwei voneinander getrennten Kreisläufen organisierten Temperiersystems. Das Wärmeträgerfluid **20** besteht z.B. aus einem elektrisch nicht leitfähigen Thermoöl.

Bezugszeichenliste

Akkuzelle	1	Fluidnetz	2
Außenhülle	10	Wärmeträgerfluid	20
Äußere Oberfläche	100	Kanal	21
Folienverbund	101	Druckluftspeicher	210
Kathodenseitige Elektrode	(+)	Gebläse	211
Aluminiumblech	11	Radnabenkompressor	212
Lithium-Metalloxid	110	Umwälzpumpe	213
Anodenseitige Elektrode	(-)	Ventilinsel	214

Kupferblech	12	Wärmeübertragungselement	22
Kohlenstoff-Graphit	120	Sicke	220
Separator	13	Pyramidenstumpf	221
Batteriebehälter	14	Noppe	222
Eingangsöffnung	140	Metallfaser	223
Ausgangsöffnung	141	Abstandhalter	224
Innenschale	142	Metallgeflecht	225
Außen-schale	143	Metallschaumplatte	226
Pyrogene Kieselsäure	144	Federelement	227
Heizregister	145	Wärmesenke	23
Spannrahmen	146	Kühler	230
Spannglieder	147	Kältekreis	231
Traktionsbatterie	15	Fahrgastzelle	24
Pouch-Zelle	16	Karosserie	25
		Längsträger	250
		Querträger	251

Patentansprüche

1. Stapelbare Akkuzelle (1) für eine Traktionsbatterie (15) eines Fahrzeugs, bestehend aus einer Außenhülle (10), deren äußere Oberfläche (100) einen Teil einer Wandung eines Fluidnetzes (2) bildet, einer kathodenseitigen Elektrode (+) mit einem Aluminiumblech (11) und einer Schicht aus einem Lithium-Metalloxid (110), einer anodenseitigen Elektrode (-) mit einem Kupferblech (12) und einer Schicht aus Kohlenstoff-Graphit (120), sowie aus einem Elektrolyt und einem zwischen Kathode und Anode angeordneten mikroporösen Separator (13), in welchem Fluidnetz (2) ein Wärmeträgerfluid (20) innerhalb und au-

ßerhalb eines Batteriebehälters (14) zirkulieren kann, um die aus einer Vielzahl einzelner Akkuzellen (1) aufgebaute Traktionsbatterie (15) des Fahrzeugs zu temperieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Akkuzelle (1) eine an der Außenhülle (10) und an den Elektroden (+,-) ausgebildete Oberflächenvergrößerung aufweist, die von einer Vielzahl einzelner, jeweils wärmeleitend mit der Außenhülle (10) und mit den Elektroden (+,-) verbundener Wärmeübertragungselemente (22) gebildet wird, wobei der mikroporöse Separator (13) als eine planebene Fläche ausgebildet ist und die Wärmeübertragungselemente (22) innerhalb des Batteriebehälters (14) von dem Wärmeträgerfluid (20) angeströmt werden können, sodass Wärme von den Akkuzellen (1) auf das Wärmeträgerfluid (20) oder Wärme von dem Wärmeträgerfluid (20) auf die Akkuzellen (1) übertragen wird.

2. Stapelbare Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Wärmeübertragungselement (22) eine Sicke (220) oder einen Pyramidenstumpf (221) oder eine Noppe (222) oder eine Metallfaser (223) oder eine Kombination der genannten Wärmeübertragungselemente (22) aufweist und eine Vielzahl von Wärmeübertragungselementen (22) als Abstandhalter (224) zwischen einander benachbarten Akkuzellen (1) wirken, wobei die Sicken (220) ein Fluidnetz (2) aus parallel zueinander angeordneten Kanälen (21) und die Pyramidenstümpfe (221) ein Fluidnetz (2) mit einer durchströmbaren Pyramidenstruktur und die Noppen (222) ein Fluidnetz (2) mit einer durchströmbaren Noppenstruktur und die Metallfasern (223) ein Fluidnetz (2) aus einem durchströmbaren Metallgeflecht (225) oder einer durchströmbaren Metallschaumplatte (226) bilden.

3. Stapelbare Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberflächenvergrößerung der Akkuzelle (1) mittels von Sicken (220) oder Pyramidenstümpfen (221) oder Noppen (222) sowohl in der Außenhülle (10) als auch in den darunterliegenden Aluminium- und Kupferblechen (11, 12) ausgebildet ist, die jeweils an ihrer dem planebenen Separator (13) zugewandten Seite an der Kathode (+) mit Lithium-Metalloxid (110) und an der Anode (-) mit Kohlenstoff-Graphit (120) gefüllt sind, um die elektrische Kapazität der Akkuzelle (1) zu erhöhen.

4. Stapelbare Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Akkuzelle (1) als eine Pouch-Zelle (16) ausgebildet ist, deren Außenhülle (10) formschlüssig mit den Wärmeübertragungselementen (22) der Elektroden verbunden ist und einen aus mehreren Schichten aufgebauten vakuumdichten Folienverbund (101) mit einer äußeren Oberfläche (100) aufweist.

5. Stapelbare Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Batteriebehälter (14) einen Spannrahmen (146) mit Spanngliedern

(147) aufweist, die einer thermisch und elektrochemisch bedingten Dilatation der Akkuzellen (1) entgegenwirken, wobei die Wärmeübertragungselemente (22) als Federelemente (227) wirken und die Sicken (220), die Pyramidenstümpfe (221) und die Noppen (222) elastisch verformbar sind und die Metallfasern (223) untereinander ein großflächiges und komprimierbares Federelement (227) bilden.

6. Stapel mit einer Vielzahl von Akkuzellen (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Akkuzellen (1) mittels der Wärmeübertragungselemente (22) untereinander zu einem durchströmbaren Stapel verbunden sind, wobei durch eine Verbindung an den Kontaktflächen der Wärmeübertragungselemente (22) eine dreidimensionale, biege-, schub- und torsionssteife Tragstruktur in Leichtbauweise hergestellt wird.

7. Fahrzeug mit einer stapelbaren Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeträgerfluid (20) aus einem Gas besteht, das als ein Inertgas in einem in sich geschlossenen Kreislauf mittels einer Umwälzpumpe (213) über mindestens eine Eingangsöffnung (140) in den Batteriebehälter (14) eingeleitet und durch mindestens eine Ausgangsöffnung (141) aus dem Batteriebehälter (14) abgesaugt und an einer Wärmesenke (23) gekühlt wird, wobei die Wärmesenke als ein fahrtwinddurchströmter Kühler (230) oder als ein separater Kältekreis (231) ausgebildet ist.

8. Fahrzeug mit einer stapelbaren Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fluidnetz (2) des Fahrzeugs mindestens zwei Radnabenkompressoren (212) aufweist, die als Energiekonverter dazu ausgebildet sind, Druckluft zu erzeugen, sodass die beim Bremsen gewonnene Energie als Druckluft in den Druckluftspeichern (211) der Karosserie (25) gespeichert werden kann, wobei eine Ventilinsel (214) als elektropneumatische Steuerungseinheit des Fluidnetzes (2) ausgebildet ist.

9. Fahrzeug mit einer stapelbaren Akkuzelle (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeträgerfluid (20) aus Druckluft besteht und das Fluidnetz (2) Druckluftspeicher (210) aufweist, die im Bereich der Fahrgastzelle (24) in Längs- und Querträger (250,251) und in A-, B-, und C-Säulen der Karosserie (25) integriert sind, wobei die Druckluft an der Eingangsöffnung (140) des Batteriebehälters (14) entspannt wird, um die Akkuzellen (1) unter Nutzung des Joule-Thomson-Effekts zu kühlen und an der Ausgangsöffnung (141) des Batteriebehälters (14) von einem Gebläse (211) angesaugt und einem Mischluftsystem zugeführt wird, um eine Fahrgastzelle (24) zu temperieren.

10. Fahrzeug mit einer stapelbaren Akkuzelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

das Wärmeträgerfluid (20) aus einer Flüssigkeit besteht, die in einem in sich geschlossenen Kreislauf mit einer außerhalb des Batteriebehälters (14) angeordneten Wärmesenke (23) zirkuliert, wobei die Wärmesenke (23) von einem mit der Frontpartie der Karosserie (25) verbundenen Kühler (230) oder von einem von dem Kreislauf des Wärmeträgerfluids (20) getrennten Kältekreis (231) gebildet wird.

11. Fahrzeug mit einer stapelbaren Akkuzelle (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeträgerfluid (20) aus einem wärmeleitenden und elektrisch isolierenden Thermoöl besteht, das an einem mit einer Frontpartie der Karosserie (25) verbundenen, luftdurchströmten Kühler (230) gekühlt wird.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

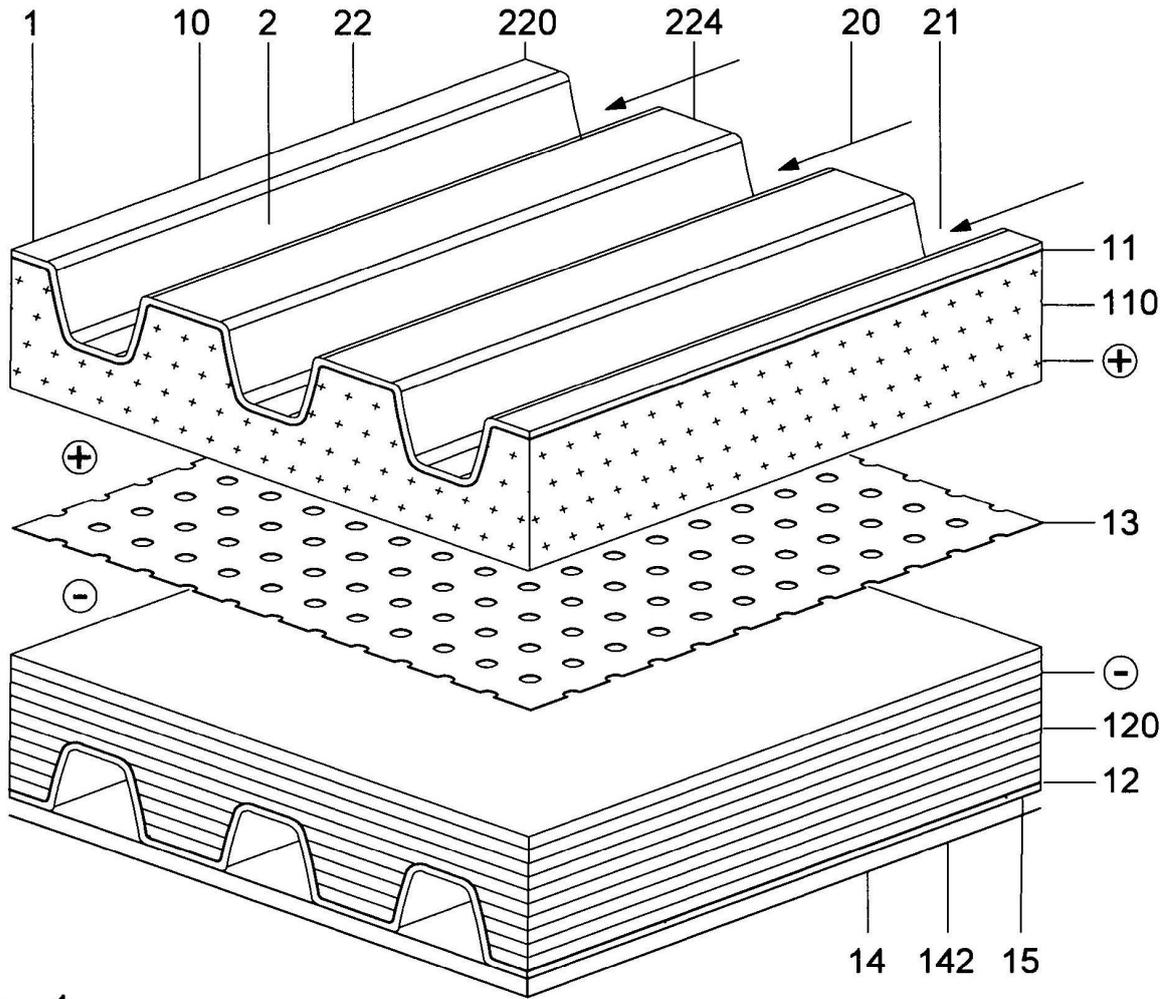


Fig. 1

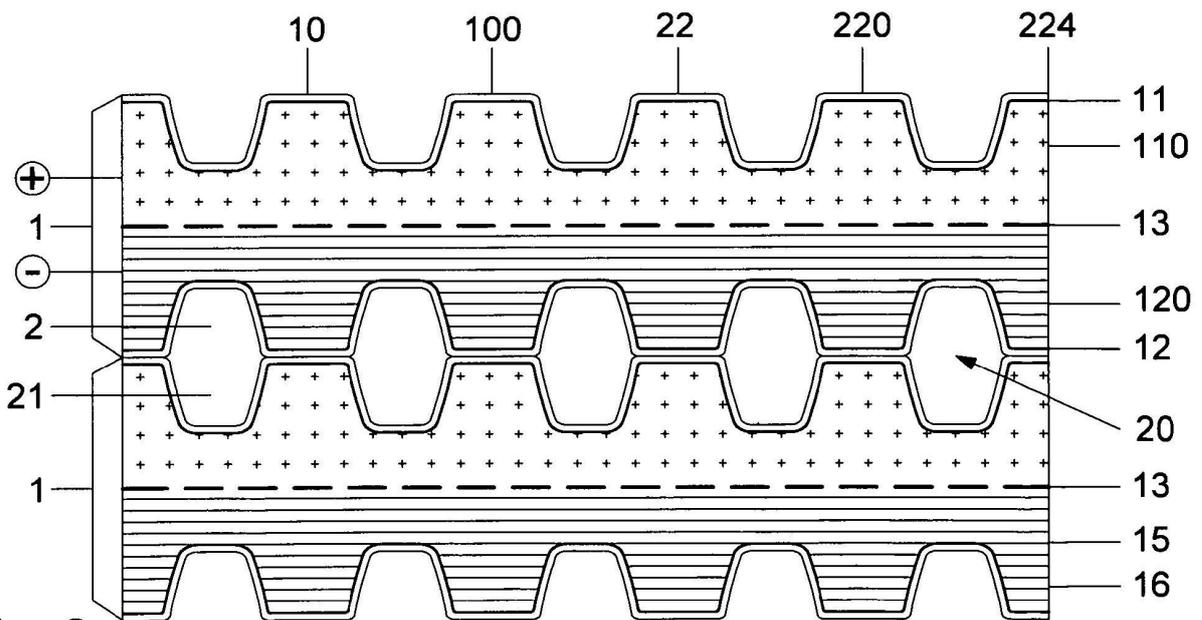


Fig. 2

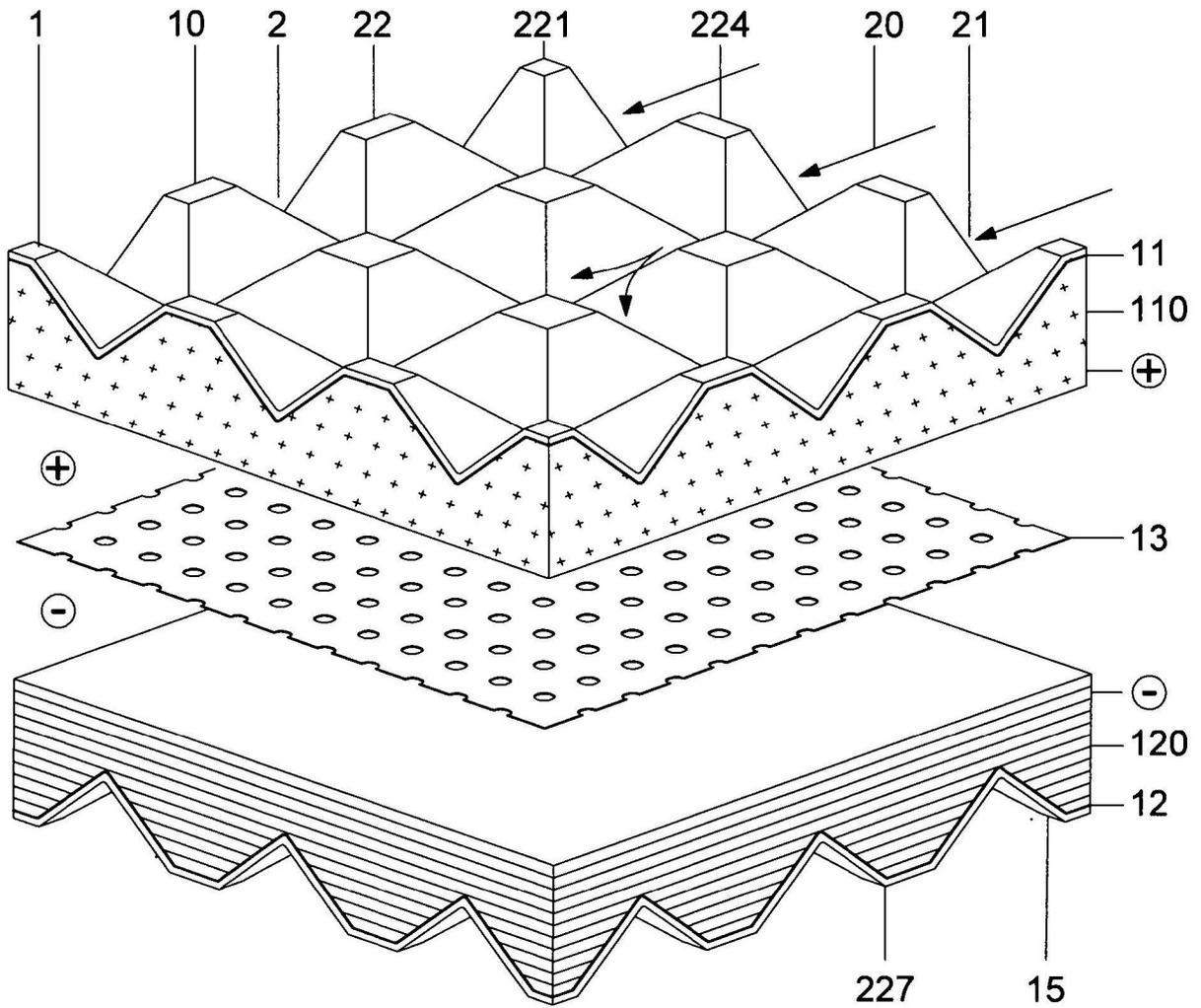


Fig. 3

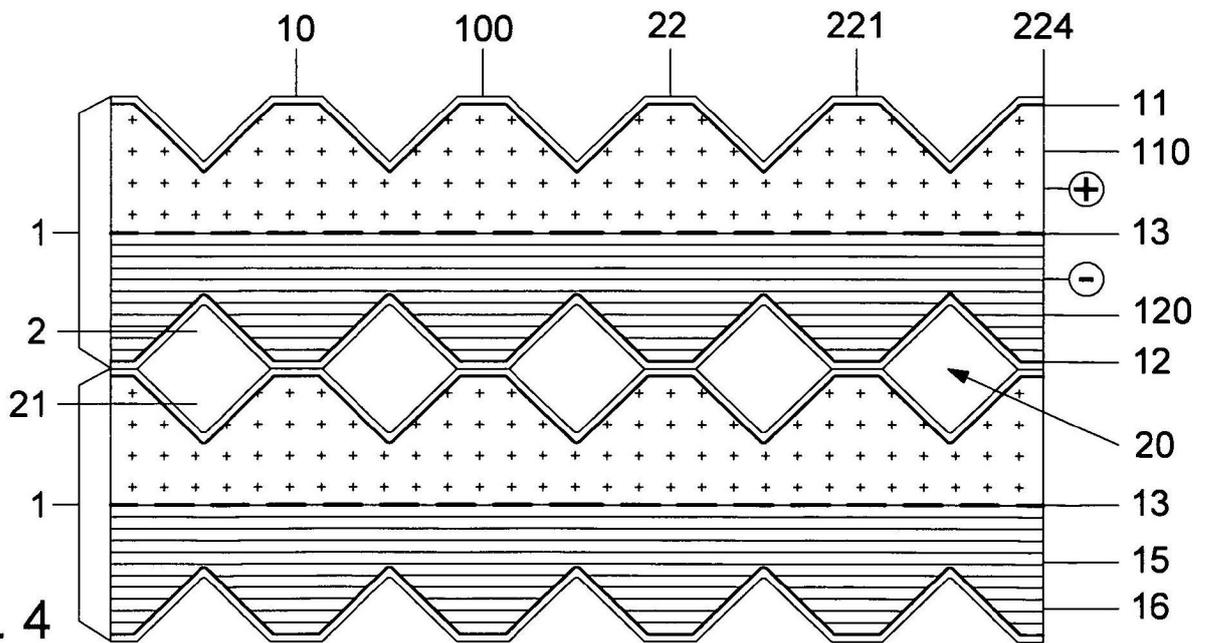


Fig. 4

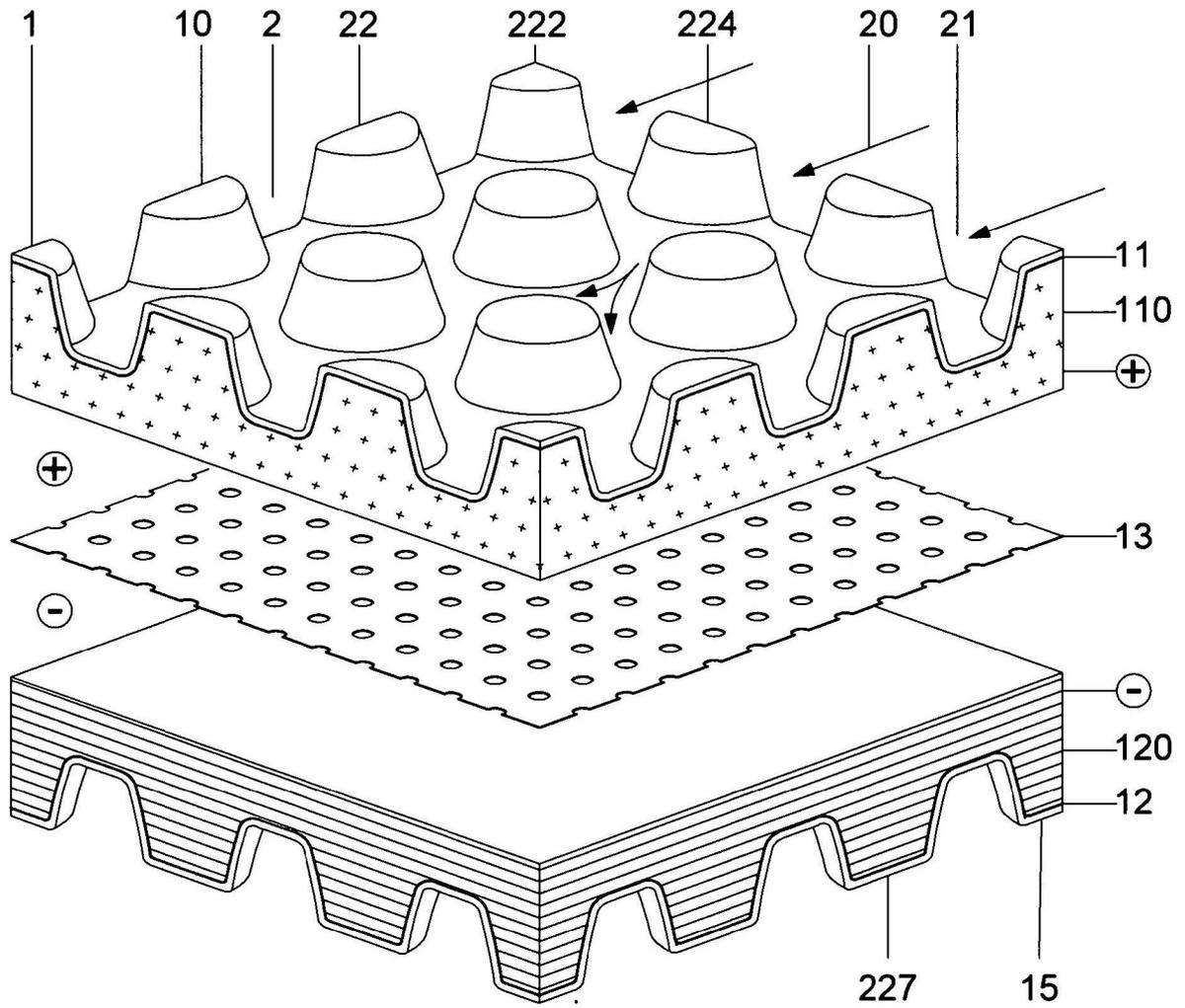


Fig. 5

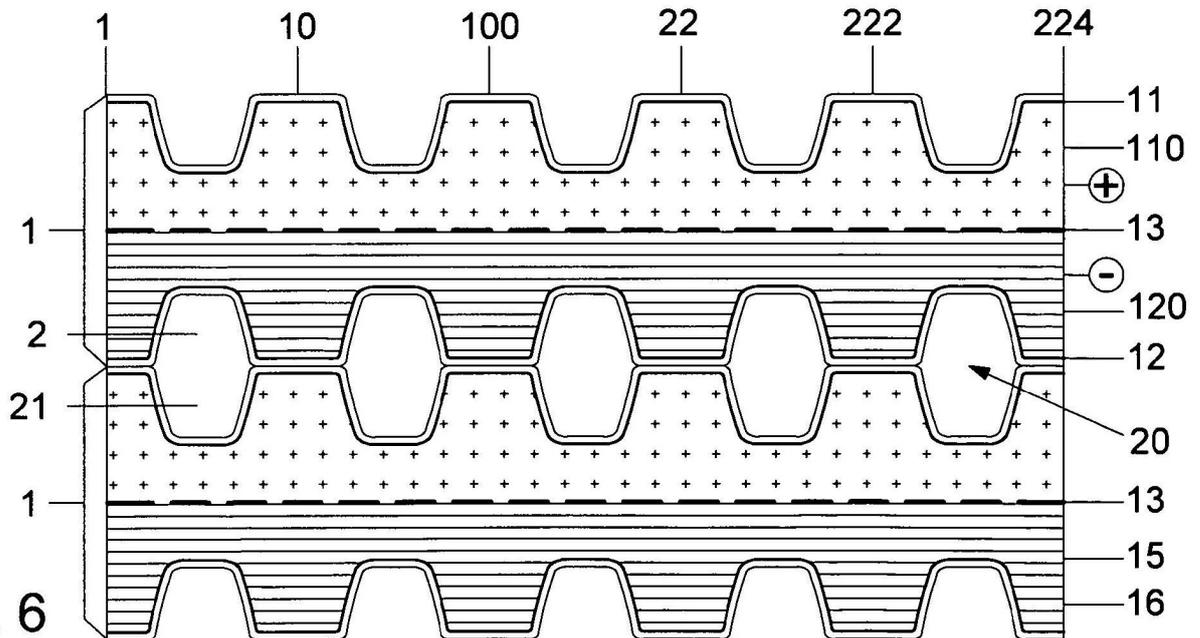


Fig. 6

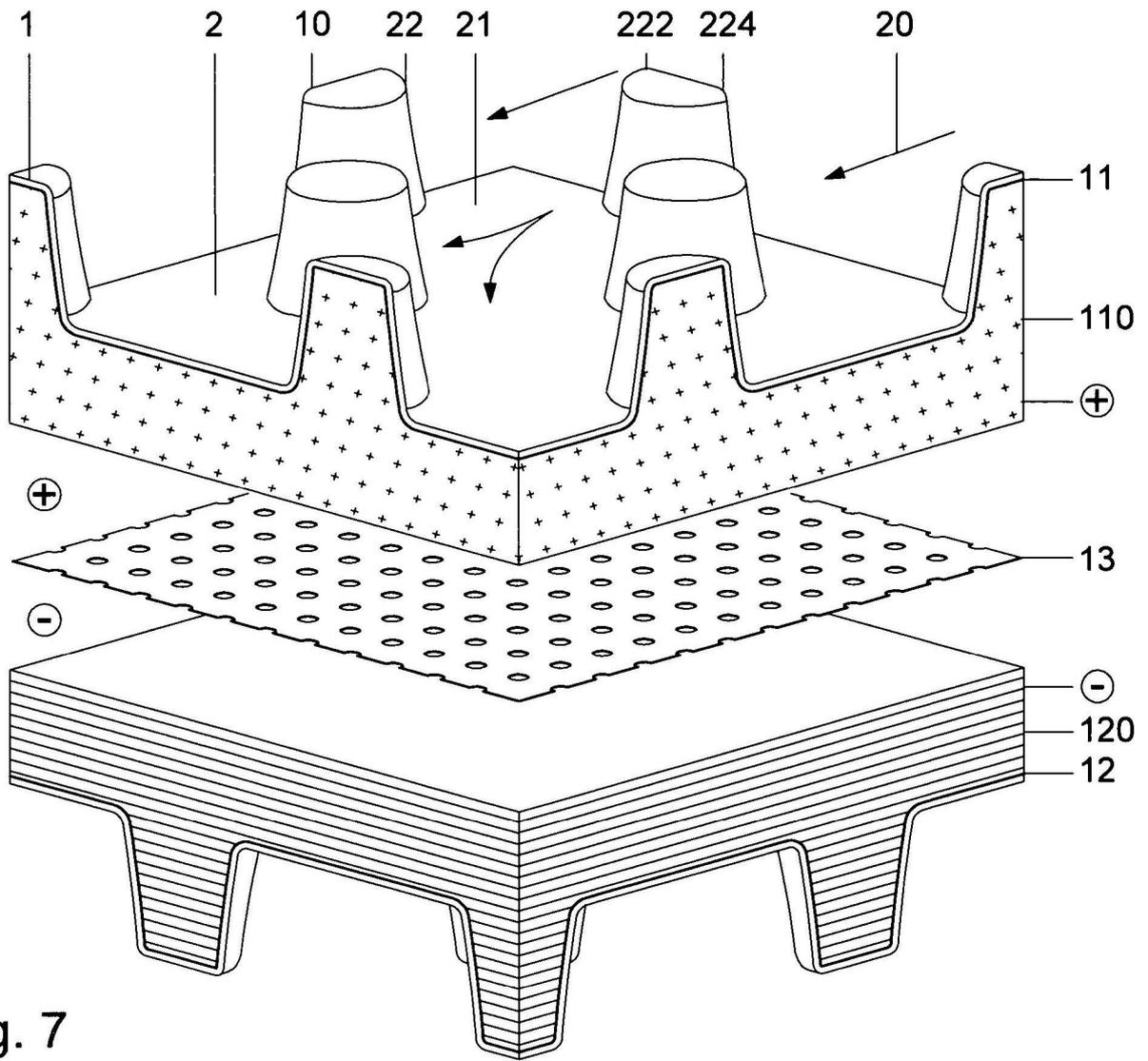


Fig. 7

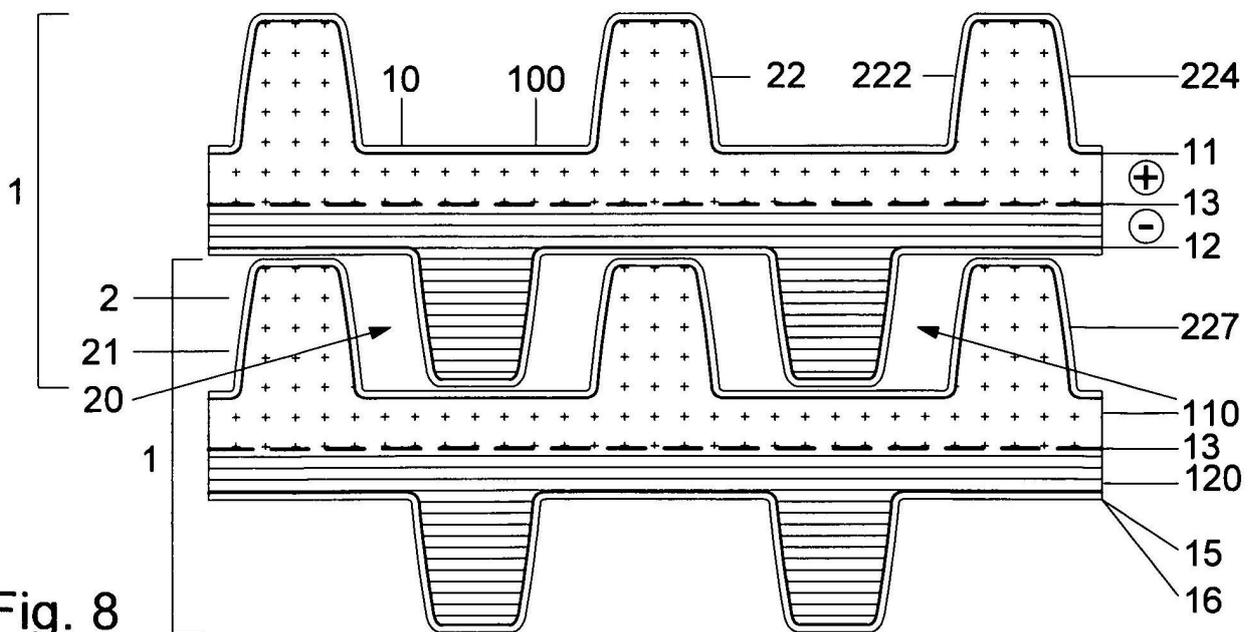


Fig. 8

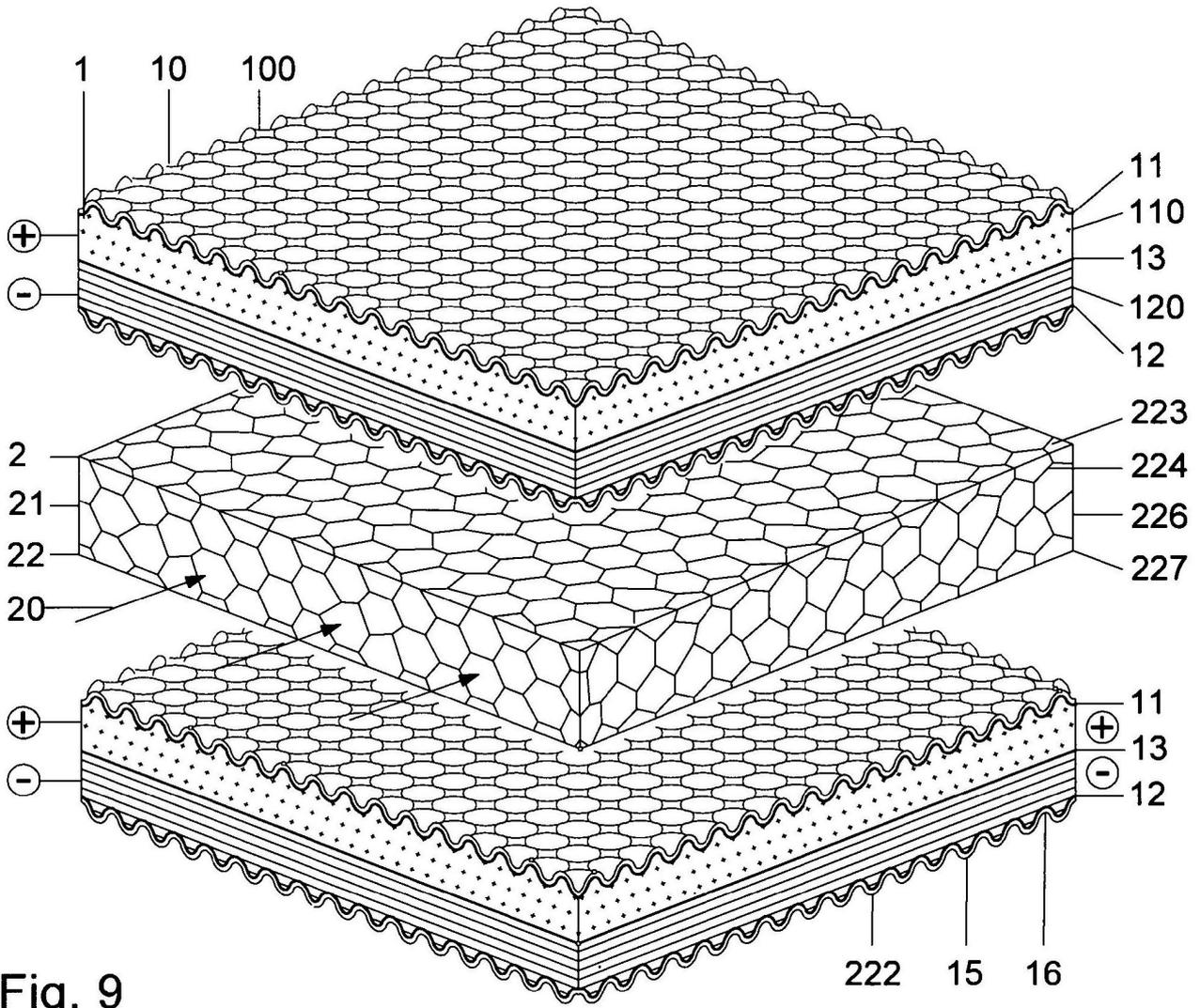


Fig. 9

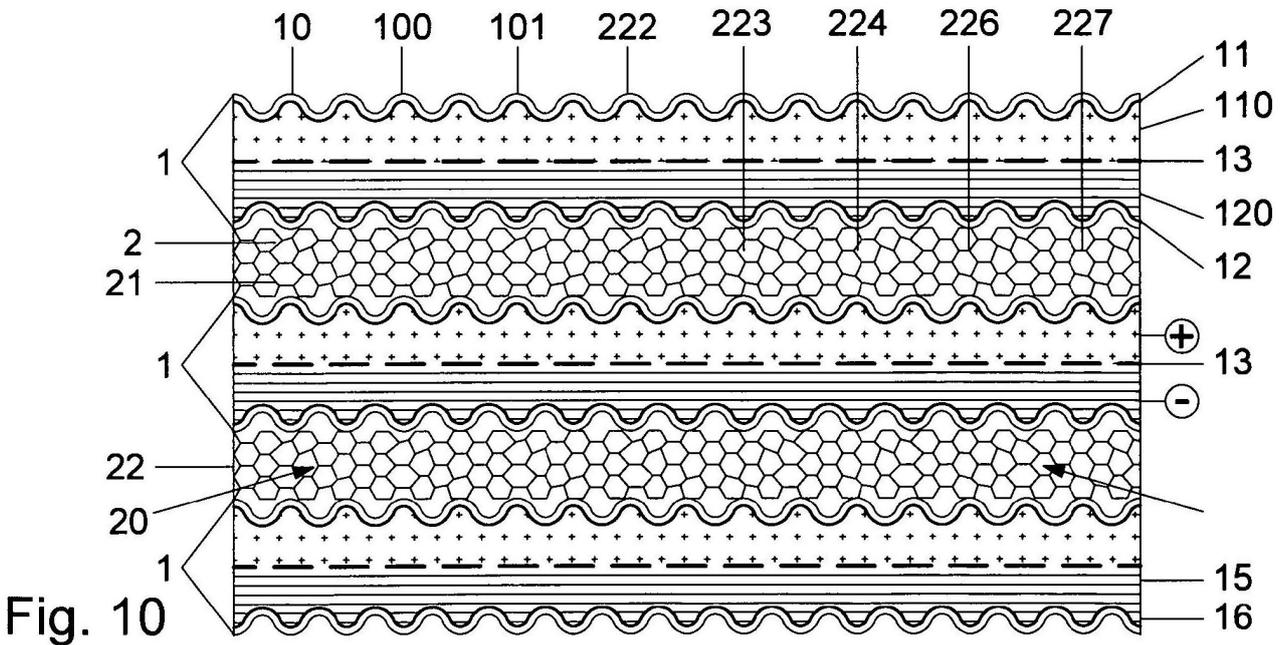


Fig. 10

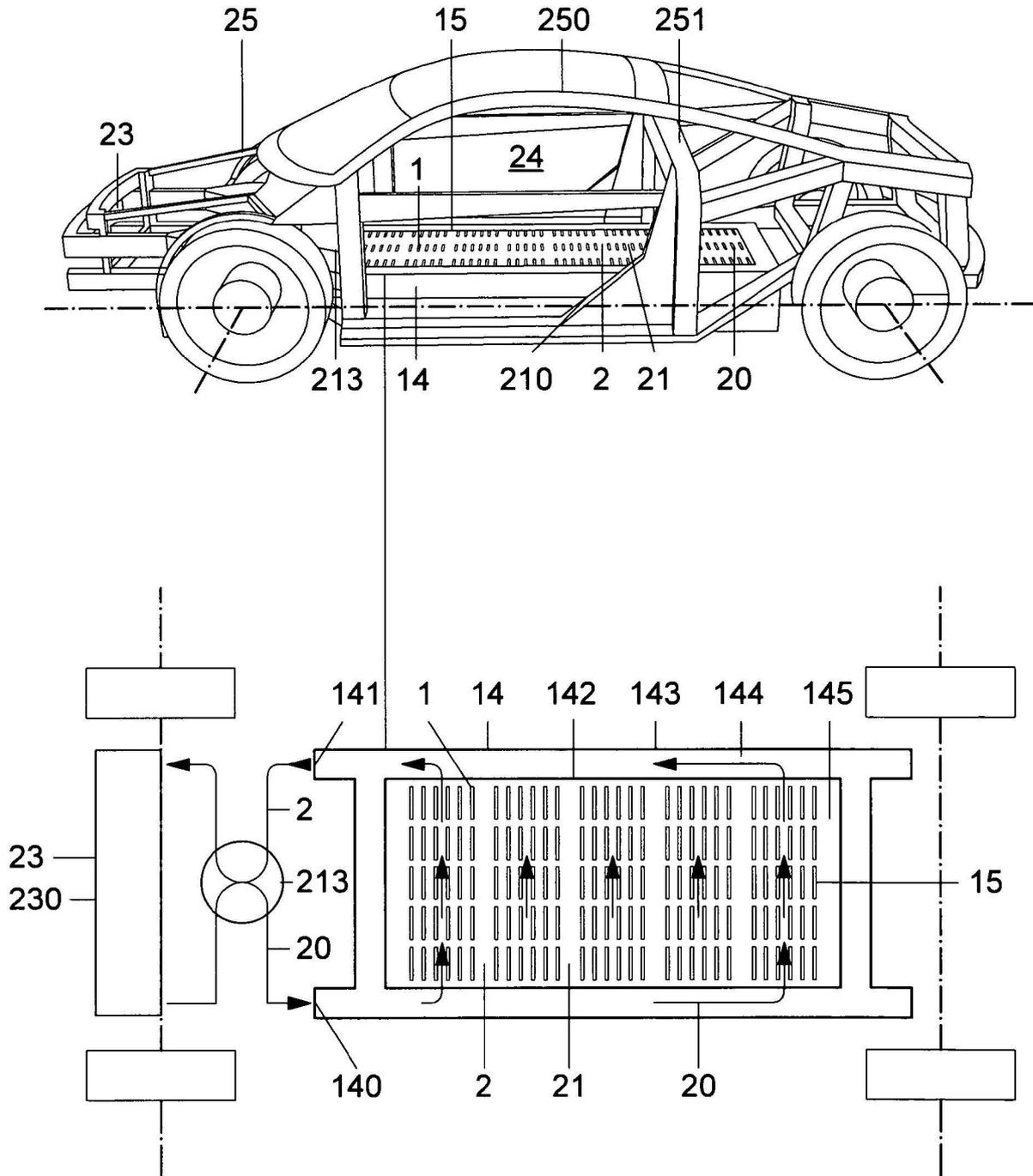


Fig. 11

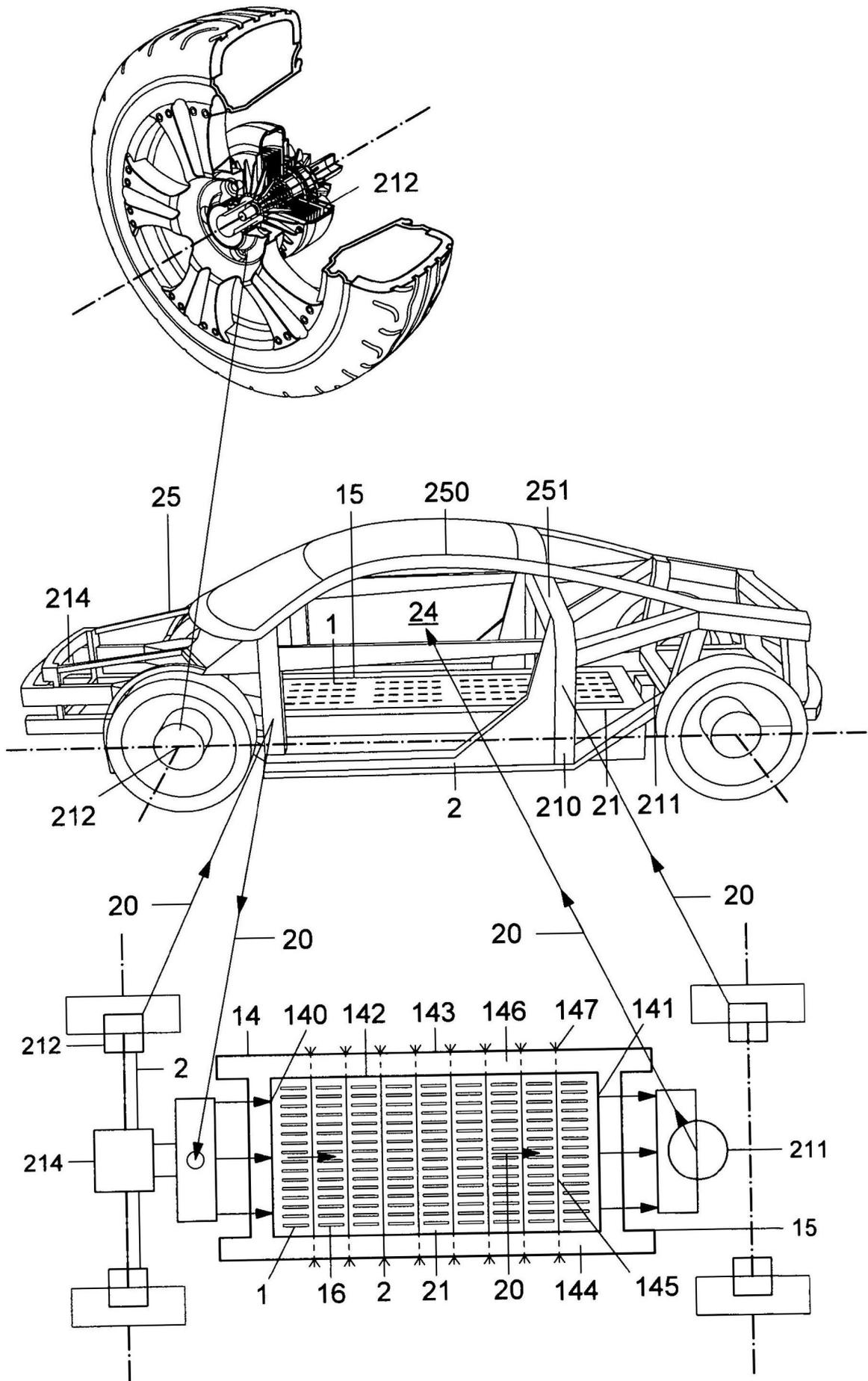


Fig. 12

