(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 140 215***
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 04004**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 M 10/656*** *(2023.01), H 01 M 10/655, H 01 M 10/613, H 01 M 50/204, H 01 M 50/30*

(12) **CERTIFICAT D'UTILITÉ** **B3**

(54) MODULE ELECTRIQUE COMPRENANT UNE PLURALITE DE CELLULES DE BATTERIES IMMERGEES DANS UN LIQUIDE DIELECTRIQUE.

(22) **Date de dépôt :** 20.04.23.

(30) **Priorité :** 22.09.22 FR 2209600.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 29.03.24 Bulletin 24/13.

(45) **Date de la mise à disposition du public du certificat d'utilité :** 27.09.24 Bulletin 24/39.

(56) **Les certificats d'utilité ne font pas l'objet d'un rapport de recherche.**

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *E-MERSIVE Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** WATTS Stéphane, ALBERGUCCI Frédéric et DACCORD Rémi.

(73) **Titulaire(s) :** E-MERSIVE Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** IP TRUST.

FR 3 140 215 - B3

Description

Titre de l'invention : MODULE ELECTRIQUE COMPRENANT UNE PLURALITE DE CELLULES DE BATTERIES IMMERGEES DANS UN LIQUIDE DIELECTRIQUE

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne un pack de batterie présentant un système de gestion thermique optimisé dans lequel un liquide à température régulée vient au contact direct des cellules de batteries. Elle s'applique notamment, mais pas exclusivement, dans le domaine de la mobilité. Elle s'applique par exemple aux batteries de traction des véhicules électriques (VE) et des véhicules électriques hybrides (VEH) ainsi qu'aux batteries des avions, aéronefs à décollage vertical, fusées et satellites.

[0002] Un module de batteries de cellules électrochimiques de type lithium-ion (Li-ion), subit régulièrement des phases de charge et de décharge, entraînant un échauffement qui peut être important. Cette électrochimie présente également une plage de température de fonctionnement réduite, typiquement entre 0 et 55°C pour la charge et -20°C et 75°C pour la décharge. Le vieillissement accéléré des cellules augmente lorsque la température des cellules s'écarte d'une température idéale de fonctionnement, typiquement 25°C.

[0003] Il est donc nécessaire de la refroidir efficacement afin, d'une part, de maintenir son niveau de performance, et d'autre part de limiter son vieillissement accéléré. La densité de puissance de ces batteries à tendance à augmenter afin de satisfaire aux besoins en termes d'autonomie et de charge rapide. Un refroidissement par liquide, généralement de l'eau glycolée, permet de satisfaire à ces besoins. L'eau circule classiquement dans une ou des plaques, elle-même mise en contact avec les cellules électrochimiques. Le contact entre les cellules et l'eau est donc indirect et local, diminuant d'autant l'efficacité du système. L'eau peut parfois être remplacée par des liquides thermiques diélectriques pour limiter le risque de court-circuit en cas de fuite.

Etat de la technique

[0004] On connaît dans l'état de la technique la demande de brevet EP3726613 décrivant un système de batteries refroidi par liquide qui comprend des rangées de cellules de batterie, un boîtier extérieur et un système de fixation des cellules dont le corps s'étend dans une direction verticale.

[0005] Les cellules de batterie de chaque rangée sont décalées avec les cellules de batterie d'une rangée adjacente. Le boîtier extérieur définit un espace de logement pour le logement des cellules de batterie, et présente une première unité de port et une seconde unité de port qui sont configurées pour permettre à un liquide de refroidissement de

s'écouler à travers l'espace de logement depuis des unités de port vers l'autre de manière à permettre aux cellules de batterie d'être refroidis par le liquide de refroidissement. La fixation de cellule comprend une bande de maintien qui est ajustée à l'intérieur de l'espace de logement, et qui est formée avec une pluralité de rangées de trous de retenue. Les trous de retenue de chaque rangée sont décalés avec les trous de retenue d'une rangée adjacente, et sont configurés pour retenir les corps de cellule d'une rangée respective des cellules de batterie de manière à permettre aux cellules de batterie d'être maintenues dans l'espace de logement par le support, pour ainsi maintenir les cellules de batterie en position stable contre les vibrations indésirables.

[0006] Une solution similaire est décrite dans la demande de brevet US2010047682 proposant un procédé de gestion de la température de cellules au sein d'un module de batterie consiste à diriger un fluide gazeux (de l'air) devant un dispositif configuré pour modifier la température du fluide.

[0007] Le fluide est dirigé dans une entrée du module de batterie de sorte que le fluide s'écoule à proximité de la pluralité de cellules pour modifier la température des cellules. Le dispositif est configuré de sorte que le fluide pénètre dans l'entrée à une première température pendant une première période et à une seconde température pendant une seconde période, la première température étant différente de la seconde température. La différence de température entre un premier groupe de cellules le plus proche de l'entrée et un second groupe de cellules le plus éloigné de l'entrée est inférieure à ce qu'elle serait si le fluide était fourni dans le module de batterie à une température constante.

[0008] On connaît aussi la demande de brevet DE102014106852 décrivant un module de batterie présentant un boîtier de batterie comprenant une entrée pour introduire un réfrigérant dans un espace de refroidissement qui est partiellement délimité par le boîtier de batterie et une sortie pour évacuer le réfrigérant de l'espace de refroidissement. Des cellules de batterie pour stocker de l'énergie électrique sont insérées dans le boîtier de batterie et sont disposées dans une large mesure dans l'espace de refroidissement. Une couche isolante est prévue pour une fermeture étanche aux liquides de l'espace de refroidissement. Au moins un pôle électrique de la cellule de batterie fait saillie hors de l'espace de refroidissement à travers la couche isolante. La couche isolante est formée à partir d'un composé d'étanchéité durci.

[0009] L'espace de refroidissement formé dans le boîtier de batterie peut être suffisamment scellé par la couche isolante pour que l'espace de refroidissement puisse être alimenté avec un liquide de refroidissement électriquement conducteur, par exemple de l'eau, sans que le liquide de refroidissement n'atteigne le pôle électrique de la cellule de batterie qui est guidée à travers la couche isolante.

[0010] La demande de brevet DE102009006216 décrit également une batterie comprenant

un boîtier dans lequel les cellules sont disposés et sont en échange thermique avec un liquide inerte qui s'évapore dans le boîtier et se condense sur un refroidisseur. Des interstices prévus entre les cellules contenant le liquide inerte sont constitués en un matériau en vrac granulaire ou en une structure en forme de treillis ou similaire afin de minimiser la quantité requise de liquide inerte.

Inconvénient de l'art antérieur

[0011] Les solutions de l'art antérieur présentent l'inconvénient d'un circuit de circulation du liquide de refroidissement relativement long, surtout lorsque la batterie comporte un grand nombre de cellules et la circulation forcée entre les cellules présentent des variations importantes entre celles qui sont les plus proches des entrées de liquide de refroidissement, et celles qui en sont les plus éloignées. La maîtrise thermique des cellules est alors très inhomogènes, certaines étant plus refroidies que d'autres, conduisant à des températures de fonctionnement différentes et des caractéristiques électriques, dépendantes en partie de la température de la cellule, hétérogènes. Il en résulte des anomalies de fonctionnement électriques des cellules reliées en série ou en parallèles, directement ou via un module de management électrique.

Solution apportée par l'invention

[0012] Les solutions mises en œuvre dans l'invention consistent à faire circuler le liquide de refroidissement de bas en haut ce qui permet à la fois la purge automatique de l'air par le port de sortie et la vidange possible de liquide par le port d'entrée. De plus, des restrictions de sections sont créés pour uniformiser la distribution de liquide afin de servir toutes les cellules avec un liquide sensiblement à la même température et au même débit ce qui permet des performances et un vieillissement homogène de la batterie. Enfin ces restrictions de section sont pratiquées uniquement sur le bas des cellules, ce qui favorise la circulation naturelle, en particulier lors d'un emballement thermique d'une cellule. Cette circulation naturelle vient s'ajouter voire suppléer au débit imposé par la pompe pour éviter la propagation d'un emballement thermique. Dans le cas de cellules prismatiques, ces restrictions sont portées par des entretoises venant s'insérer entre les cellules. Ces entretoises disposent en sus de moyens de répartir l'effort de compression pour maitriser les contraintes mécaniques internes aux cellules pour éviter de les faire vieillir prématurément.

[0013] Les solutions mises en œuvre dans l'invention consistent également à inclure l'ensemble des composants périphériques aux cellules de batteries à l'intérieur de l'enceinte étanche, en les immergeant dans un liquide diélectrique. Ainsi, les circuits électroniques, les contacteurs, les fusibles, les capteurs de courant et de tension, les résistances de précharge, les bus-barres et les connecteurs sont refroidis. De plus, le nombre d'interfaces avec l'extérieur de l'enceinte est considérablement réduit ce qui

facilite la mise en œuvre de l'étanchéité de l'enceinte.

[0014] De plus, pour réduire l'encombrement et le poids, la solution proposée consiste à intégrer le vase d'expansion dans d'autres composants, telle la boite jonction, composant qui contient toute ou partie des sécurités électriques de la batterie : fusible, contacteurs, résistance de pré-charge, capteur de courant, carte d'isolation, carte de supervision des tensions, températures et courant de la batterie. Alternativement, l'enceinte étanche appliquée à chacun des modules est étendue à la totalité de la batterie ce qui permet de soulager les modules de cette fonction : ils sont alors plus compacts et légers. L'enceinte prend alors également la fonction du vase d'expansion.

Objet de l'invention

[0015] La présente invention concerne un selon son acception la plus générale un module de batterie électrique comprenant un boîtier dans lequel sont disposées une pluralité de cellules en échange thermique direct avec un liquide de refroidissement diélectrique circulant entre des interstices formés entre lesdites cellules adjacentes, caractérisé en ce que ledit boîtier présente :

- un volume intermédiaire dans lequel lesdites cellules adjacentes sont disposées et entre lesquels s'écoule ledit liquide diélectrique,
- un volume inférieur situé en-dessous dudit volume intermédiaire, et alimenté par au moins un port d'entrée de liquide diélectrique,
- un volume supérieur, situé au-dessus dudit volume intermédiaire, et débouchant vers l'extérieur dudit boîtier par au moins un port de sortie de liquide diélectrique,
- et en ce qu'un dispositif de pertes de charge soit disposé entre ledit volume inférieur et ledit volume intermédiaire, ledit dispositif de pertes de charge étant configuré pour moduler localement la résistance d'écoulement entre la ou les zones les plus proches dudit au moins un port d'entrée (3) de liquide diélectrique, et la ou les zones opposées dudit volume inférieur.

[0016] De préférence, la perte de charge entre ledit volume intermédiaire et ledit volume supérieur est sensiblement plus faible qu'entre ledit volume inférieur et ledit volume intermédiaire de sorte à favoriser la convection naturelle en cas d'absence d'alimentation de liquide diélectrique par ledit au moins un port d'entrée.

[0017] De préférence, ledit dispositif de pertes de charge est constitué d'orifices entre 0.3mm² et 2.3mm² de section chacun.

[0018] Selon une première variante, lesdites cellules sont de type prismatique ou en sachet, et sont disposées verticalement dans ledit volume intermédiaire.

[0019] De préférence, des entretoises sont intercalées entre deux cellules adjacentes.

[0020] Avantageusement, lesdites entretoises forment un treillis de reprise de l'effort de compression appliqué à l'ensemble de cellules sur les grandes faces de celles-ci.

[0021] De préférence, lesdites entretoises présentent une souplesse dans leur épaisseur supérieure à 1 mm par MPa.

[0022] De préférence, lesdites entretoises possèdent des mailles inférieures à 30% de la longueur desdites cellules.

[0023] Selon un mode de réalisation particulier, lesdites entretoises :

- sont formées par un cadre isolant électrique découpé d'une épaisseur comprise entre 7 et 15% de l'épaisseur des cellules,
- présentent des fentes inférieures permettant une perte de charge,
- présentent des fentes supérieures sensiblement plus larges que lesdites fentes inférieures,
- présentent des renforts configurés pour éviter le contact thermique direct entre cellules,
- sont fabriquées en matériau compressible présentant une souplesse supérieure à 1mm par MPa,
- et présentent une fenêtre de circulation du liquide depuis un volume inférieur jusqu'à un volume supérieur.

[0024] Avantageusement, lesdites entretoises sont des grilles obtenues par pliage-découpe selon un motif à créneaux décalés, d'une tôle métallique d'épaisseur inférieure à 0,2mm.

[0025] Selon une autre variante, lesdites entretoises :

- sont formées par une grille d'une épaisseur comprise entre 7 et 15% de l'épaisseur des cellules,
- présentent une surface de contact avec les cellules supérieure à 30% de la surface de la grande face desdites cellules,
- permettent la circulation du liquide depuis un volume inférieur jusqu'à un volume supérieur.

[0026] De préférence, lesdites entretoises :

- présentent une surface de contact avec les cellules supérieure à 50% de la surface de la grande face desdites cellules,
- comportent un motif de pliage 'en queue d'aronde' conférant à la grille une compressibilité permettant de se conformer au gonflement desdites cellules,
- sont formées à partir d'une tôle en acier inoxydable d'épaisseur inférieure à 0.1mm.

[0027] Avantageusement, lesdites cellules sont de forme cylindrique et sont disposées verticalement dans ledit volume intermédiaire.

[0028] Selon un mode de réalisation particulier, ledit dispositif de pertes de charge est constitué d'orifices répartis en périphérie de chacune desdites cellules cylindriques, dans chacune des deux coques du support de cellules et représente entre 1mm² et

12mm² autour de chacune desdites cellules cylindriques.

[0029] Selon une autre variante, un conduit hydraulique interne en forme de baquet collecte le liquide diélectrique du volume supérieur à proximité de la face interne supérieure de l'enceinte pour le guider vers le port de sortie.

[0030] Avantageusement, un conduit interne en forme de baquet collecte les gaz émis en cas d'emballement thermique dans le volume supérieur à proximité de la face interne supérieure de l'enceinte pour les guider vers la soupape de sécurité, de sorte à définir un niveau de liquide diélectrique dans le volume supérieur le plus élevé possible dans le module lorsque ladite soupape est ouverte.

[0031] L'invention concerne aussi une batterie électrique caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité de modules de batterie présentant les caractéristiques du module susvisé et en ce qu'ils sont étanches, lesdits modules présentant chacun une soupape de sécurité connecté à un tube creux du châssis de sorte que les gaz émis lors d'un emballement thermique soient dirigés à l'intérieur dudit châssis et expulsés hors de ladite batterie sans se propager dans celle-ci.

[0032] Description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention

[0033] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention qui suit, se référant aux dessins annexés où :

[0034] - [Fig.1] La [Fig.1] représente une vue schématique de la circulation du liquide dans un module de batterie refroidi par immersion

[0035] - [Fig.2] La [Fig.2] représente un schéma de l'état de l'art d'une batterie modulaire refroidie par immersion

[0036] - [Fig.3] La [Fig.3] représente un schéma d'une batterie modulaire refroidie par immersion avec une boite de jonction immergée faisant office de vase d'expansion

[0037] - [Fig.4] La [Fig.4] représente un schéma d'une batterie mono-structurelle refroidie par immersion

[0038] - [Fig.5]

[0039] - [Fig.6] Les figures 5 et 6 représentent un module (10) de batterie à cellules prismatiques

[0040] - [Fig.7] La [Fig.7] représente une vue éclatée du module (10) de batterie à cellules prismatiques

[0041] - [Fig.8] La [Fig.8] représente une vue éclatée de l'assemblage (20) de cellules prismatiques

[0042] - [Fig.9] La [Fig.9] représente un détail de l'assemblage (20) de cellules prismatiques représentant l'inter-cellule

[0043] - [Fig.10] La [Fig.10] représente l'écoulement du liquide dans le module (10) à cellules prismatiques

[0044] - [Fig.11] La [Fig.11] représente des variantes d'entretoise (71)

[0045] - [Fig.12] La [Fig.12] représente le système de fixation mécanique de l'assemblage (20) de cellules prismatiques

[0046] - [Fig.13]

[0047] - [Fig.14] Les figures 13 et 14 représentent un module (10) de batterie à cellules cylindriques

[0048] - [Fig.15] La [Fig.15] représente une vue éclatée du module (10) de batterie à cellules cylindriques

[0049] - [Fig.16] La [Fig.16] représente une vue éclatée de l'assemblage (20) de cellules cylindriques

[0050] - [Fig.17] La [Fig.17] représente l'écoulement du liquide dans le module (10) à cellules cylindriques

[0051] - [Fig.18] La [Fig.18] représente un détail de l'assemblage (20) de cellules cylindriques

[0052] - [Fig.19] La [Fig.19] représente une batterie modulaire refroidie par immersion

[0053] - [Fig.20] La [Fig.20] représente un module de batterie à cellules en sachet

[0054] - [Fig.21] La [Fig.21] représente une vue éclatée du module de batterie à cellules en sachet

[0055] - [Fig.22] La [Fig.22] représente une vue éclatée de l'assemblage de cellules en sachet

[0056] - [Fig.23] La [Fig.23] représente une réalisation possible du dispositif de perte de charges

[0057] - [Fig.24] La [Fig.24] représente une réalisation possible d'entretoise

[0058] - [Fig.25] La [Fig.25] représente l'écoulement du liquide dans le module à cellules en sachet

[0059] - [Fig.26] La [Fig.26] représente deux vues en coupe du module à cellules en sachet

[0060] <u>Architecture générale et principe de fonctionnement</u>

[0061] Le module (10) décrit en [Fig.1] est constitué d'une enceinte (2) à l'intérieur de laquelle sont disposées des cellules de batteries (1). Le module (10) dispose de ports d'entrée (3) et de sortie hydrauliques (4) permettant la circulation d'un liquide diélectrique caloporteur (5). Le liquide (5) vient au contact direct des pièces sous tension, selon le principe de refroidissement par immersion.

[0062] En fonctionnement, les cellules (1) de batteries chauffent par effet Joule. En effet, soumises à un courant, leur résistance interne notamment produit de la chaleur, dont la puissance est égale à la résistance interne multipliée par l'intensité au carré. De ce fait, le liquide (5) à l'intérieur du module (10) s'échauffe en refroidissant les cellules (1). Puis il transporte cette chaleur hors du module (10). Le liquide (5) s'échappe du module (10) par les ports de sortie (4).

[0063] Le module est divisé en plusieurs volumes internes :

- un volume intermédiaire (150) dans lequel des cellules de batteries (1) sont disposées verticalement et entre lesquelles s'écoule le liquide (5),
- un volume inférieur (130) situé en-dessous du volume intermédiaire (150), et alimenté par au moins un port d'entrée (3) de liquide (5),
- un volume supérieur (140), situé au-dessus du volume intermédiaire (150), et débouchant vers l'extérieur du boîtier par au moins un port de sortie (4) de liquide (5).

[0064] Le liquide est distribué sous l'assemblage de cellules (1) dans le volume inférieur (130) puis passe au travers d'un dispositif (6) créant une perte de charge sensiblement supérieure aux autres pertes de charge subies par le liquide lors de la traversée du module (10). Ce dispositif de perte de charge (6) permet une distribution sensiblement égale du liquide sur la totalité des cellules (1) du module (10).

[0065] Ce dispositif de perte de charge (6) peut être une paroi perforée ou être composé d'un assemblage de pièces sensiblement étanches entre elles et présentant des orifices, ou des fentes, calibrés, laissant passer le liquide de refroidissement, en créant localement, une dissipation, par frottements, de l'énergie mécanique du liquide de refroidissement traversant le dispositif, et une baisse de pression variant en fonction de la distance par rapport au port d'entrée (3) du liquide de refroidissement.

[0066] Il en résulte une meilleure uniformité de température des cellules (1) ce qui induit un comportement électrique homogène et un vieillissement homogène des cellules (1). De plus, cette disposition permet une meilleure circulation naturelle du liquide, par thermosiphon, en cas de défaillance de la pompe en opération normale et en cas d'emballement thermique d'une cellule (1). Cette circulation naturelle permet alors d'éviter la propagation de l'emballement thermique aux cellules adjacentes en répartissant de manière efficace la chaleur issue de la combustion de la cellule défaillante sur la totalité de la masse du module (10). Ainsi, la ou les cellules adjacentes reçoivent moins de chaleur et ne dépassent pas la température limite au-dessus de laquelle un emballement thermique est initié.

[0067] Le liquide diélectrique (5) présente les caractéristiques suivantes :

[0068] - Viscosité cinématique à 40°C préférentiellement inférieure à 30 mm^2/s et idéalement inférieure à 5mm^2/s

[0069] - Point éclair supérieur à 93.5°C, idéalement supérieur à 130°C

[0070] - tension de claquage préférentiellement supérieure à 1 kV/mm en phase liquide et gazeuse,

[0071] - résistivité électrique à 40°C préférentiellement supérieure à 0.2 GOhm.m

[0072] - Capacité calorifique volumique préférentiellement supérieure à 1.5 MJ/m3/K,

[0073] - Conductivité thermique liquide préférentiellement supérieure à 0.125 W/m/K

[0074] - Viscosité cinématique à -20°C préférentiellement inférieure à 200 mm^2/s

[0075] - Pression de saturation à 70°C préférentiellement inférieure à 1.5 barA

[0076] - Gradient de masse volumique entre 20°C et 200°C préférentiellement supérieur à 0.65 kg/m3/K

[0077] Voici un exemple non limitatif du liquide utilisé : une huile diélectrique formulée ou non, dont l'huile de base peut être de type PAO (polyalphaoléfine) ou de type ester.

[0078] La performance d'un système de refroidissement dépend du produit du coefficient d'échange thermique, propre au liquide et à l'architecture utilisés, par la surface refroidie. Les différents systèmes de refroidissement par immersion présentés dans ce brevet privilégient la quantité de surface refroidie pour augmenter la performance de refroidissement. Cela permet de travailler avec des liquides plus simples à mettre en œuvre et moins onéreux, et de refroidir les points chauds de la batterie. Les surfaces refroidies varient entre 20 et 98% de la surface des cellules (1) et les coefficients d'échange obtenus varient entre 100 et 300 W/m²/K.

[0079] <u>Description détaillée d'une batterie (100) modulaire en immersion selon l'état de l'art</u>

[0080] La [Fig.2] illustre un schéma possible d'une batterie modulaire refroidie par immersion. La batterie (100) est découpée en modules (10) dans lesquels circulent un liquide (5). Ces modules (10) sont étanches au liquide (5). Ils possèdent des ports d'entrée et de sortie hydrauliques.

[0081] Les modules (10) sont raccordés entre eux électriquement, par exemple en série, par une bus-barre (101). Cette bus-barre traverse une boite de jonction (102) qui contient des éléments de pilotage et de protection électrique (fusibles, contacteurs, relais et résistance de précharge, capteur de courant et de tension, carte électronique de mesure d'isolement, carte électronique de gestion de la batterie) avant de rejoindre un connecteur (103) de la batterie (100). D'autres câbles non représentés sur la figure, tels des faisceaux électriques de communication circulent également de module à module jusqu'à la boite de jonction.

[0082] Le liquide (5) est distribué entre chacun des modules (10), par exemple en parallèle, par une tuyauterie (113). Une pompe (109) crée une pression permettant de pousser le liquide à travers les modules.

[0083] Le circuit hydraulique est doté d'un ou plusieurs filtres (108) dessiccants et particulaires qui peuvent être placés avant la pompe ou avant la batterie pour les protéger.

[0084] Le circuit hydraulique comprend un échangeur (110) qui permet le refroidissement ou le réchauffage du liquide (5). Cet échangeur transfère la chaleur sur un fluide (111) pouvant être de l'air, de l'eau glycolée, un fluide réfrigérant, voire un fluide cryogénique pour les applications spatiales, ou bien un mélange de ces différents fluides en différents circuits. Cet échangeur (110) peut être placé à différents endroits sur le circuit : après la pompe et avant les modules (10) de préférence afin de réduire la pression hydraulique dans les modules (10).

[0085] Le circuit hydraulique contient également un vase d'expansion (112). Ce vase permet la dilation thermique du liquide car il comporte soit un fluide gazeux soit une membrane déformable.

[0086] Le circuit hydraulique comprend aussi une soupape de sécurité (105) permettant d'éviter la montée en pression du circuit en cas de défaillance : émission de gaz par les cellules, bouchage du circuit, …

[0087] Cette ou ces soupapes peuvent être placées à différents endroits, sur le vase (112), sur les modules (10) ou sur les tuyauteries (113) contenant le liquide (5).

[0088] Un dispositif de remplissage (114) et un dispositif de purge (115) complètent ce circuit hydraulique.

[0089] Description détaillée d'une boite de jonction faisant office de vase d'expansion

[0090] Afin de réduire l'encombrement des batteries, il est intéressant de mutualiser des fonctions sur des organes. Ainsi, afin de refroidir la boite de jonction (102), il peut être pertinent de la refroidir par immersion à l'instar des modules (10). Pour plus de compacité, la [Fig.3] montre un composant (116) qui fusionne la boite de jonction (102) et le vase d'expansion (112). Ce nouveau composant (116) porte en outre une soupape de sécurité (105), un filtre dessiccant (108), ainsi qu'un dispositif de remplissage (114).

[0091] Description détaillée d'une batterie monostructurelle refroidie par immersion

[0092] La [Fig.4] illustre une batterie (100) monostructurelle refroidie par immersion afin de réduire encore plus le poids et l'encombrement. Cette batterie (100) est contenue dans une seule enceinte étanche (104). La batterie est divisée en assemblages de cellules (20) qui ne sont pas étanches, par opposition aux modules (10).

[0093] Les assemblages de cellules (20) sont raccordés entre eux électriquement, par exemple en série, par une bus-barre (101). Cette bus-barre traverse une boite de jonction (102) qui contient des éléments de pilotage et de protection électrique (fusibles, contacteurs, relais et résistance de précharge, capteur de courant et de tension, carte électronique de mesure d'isolement, carte électronique de gestion de la batterie) avant de rejoindre un connecteur (103) de la batterie (100). D'autres câbles non représentés sur la figure, tels des faisceaux électriques de communication circulent également d'assemblage de cellules à assemblage de cellules jusqu'à la boite de jonction. Le connecteur (103) est étanche au liquide (5) contenu dans l'enceinte (104). La boite de jonction (102) est immergée dans le liquide (5).

[0094] Le liquide (5) est distribué entre chacun des modules (10), par exemple en parallèle, par une tuyauterie (113). Une pompe (109) crée une pression permettant de pousser le liquide à travers les modules.

[0095] Le circuit hydraulique est doté d'un ou plusieurs filtres (108) dessiccants et particulaires qui peuvent être placés avant la pompe ou avant les assemblages de cellules

(20) pour les protéger.

[0096] Le circuit hydraulique comprend un échangeur (110) qui permet le refroidissement ou le réchauffage du liquide (5). Cet échangeur transfère la chaleur sur un fluide (111) pouvant être de l'air, de l'eau glycolée, un fluide réfrigérant, voire un fluide cryogénique pour les applications spatiales, ou bien un mélange de ces différents fluides en différents circuits. Cet échangeur (110) peut être placé à différents endroits sur le circuit : après la pompe et avant les assemblages de cellules (20) de préférence afin de réduire la pression hydraulique dans l'enceinte (104) de la batterie (100).

[0097] L'enceinte étanche (104) fait office de vase d'expansion permettant la dilation thermique du liquide car elle contient soit un gaz, par exemple de l'air, soit une membrane déformable.

[0098] Le circuit hydraulique comprend aussi une soupape de sécurité (105) permettant d'éviter la montée en pression du circuit en cas de défaillance par émission de gaz par la batterie. Cette soupape est placée sur l'enceinte étanche (104).

[0099] Un dispositif de remplissage (114) et un dispositif de purge (115) sont aussi placés sur l'enceinte. Le dispositif de remplissage (114) peut se présenter sous la forme d'un bouchon. Ce bouchon peut contenir un système de purge d'air, par exemple à flotteur, ou bien contenir un simple trou d'égalisation de pression équipé ou non de filtre à particule et dessiccant.

[0100] <u>Description détaillée d'un module (10) de batterie à cellules prismatiques</u>

[0101] Les cellules prismatiques sont des pavés. Leur enveloppe extérieure est en aluminium, par opposition aux cellules en sachet (« pouch selon le terme anglais). Dans cette section, les figures illustrent un module de batterie à cellules prismatiques.

[0102] Sur la [Fig.6], le module (10) est composé d'un boîtier (12) en aluminium soudé ou extrudé. Une face avant (11) et une face arrière (17) ferment le boîtier (12). Sur la face avant (11) sont fixés des connecteurs étanches électriques de puissance (13) et de communication (16). Des ports hydrauliques d'entrée (14) et de sortie (15) de liquide (5) sont disposés respectivement en bas et en haut dans la face avant. Sur la face arrière, seule la soupape de sécurité (18) est positionnée.

[0103] Sur la [Fig.7], une vue éclatée du module (10) est présentée. On y voit l'assemblage de cellules (20) disposant de moyens de fixations mécaniques (78 et 79) sur la face avant (11) et sur la plaque-support (19) qui présente des perçages (80) permettant le guidage et l'arrêt en translation dans le plan normal aux tiges (79). Les cellules prismatiques sont disposées verticalement, leurs grandes faces en vis-à-vis dans des plans verticaux.

[0104] Un circuit électronique (34) permettant la mesure des tensions des cellules et la mesure de température est intégré dans le module (10). Un capot (35) isolant électrique permet d'empêcher le contact électrique entre l'assemblage de cellules (20) et

l'enceinte (12). Un conduit hydraulique (22) en forme de baquet permet de collecter le liquide à proximité de la face interne supérieure de l'enceinte (12) pour le guider vers le port de sortie (15) de manière à collecter les bulles de gaz et limiter la hauteur d'un éventuel ciel gazeux dans le module. L'entrée de la soupape (18) sur la face arrière (17) possède une forme oblongue horizontalement de sorte à définir un niveau de liquide (5) le plus élevé possible dans le module (10) lorsqu'elle est ouverte.

[0105] Sur la [Fig.8], une vue éclatée de l'assemblage de cellules (20) est présentée. On y retrouve un ensemble de cellules (29). Des plaques avant (26) et arrières (27) permettent d'appliquer un effort de compression sur l'ensemble de cellules (29). Cet effort est maintenu par des bandes en acier (28) constituant un cerclage de l'ensemble des cellules.

[0106] Entre chaque cellule, sont insérées des entretoises (24) permettant de dégager un chemin pour l'écoulement du liquide (5), ainsi qu'un isolant thermique compressible (25) pour éviter la propagation de la combustion d'une cellule à l'autre en cas d'emballement thermique et permettant le gonflement des cellules prismatiques (29). L'ensemble de cellules (29) est réhaussé par des cales (23) qui libèrent un espace de circulation du liquide (5) sous le module (10). Le liquide (5) est guidé depuis le connecteur hydraulique d'entrée (14) par un conduit hydraulique (21) qui établit un flux de liquide (5) de faible vitesse sous l'ensemble de cellules (29).

[0107] Sur le dessus des cellules est placé un support (30) isolant électrique qui positionne les bus-barres (31) soudés sur les terminaux des cellules (29). Un circuit électronique flexible (33) est soudé sur les bus-barres et fixé mécaniquement au support (30). Ce circuit (33) permet les prises de tension et de température lues par la carte électronique (34). Un dernier bus-barre (32) est riveté, soudé ou vissé afin de faire la connexion électrique entre les deux rangées de cellules.

[0108] Sur les figures 9 et 10, est présenté l'agencement inter-cellule qui permet le refroidissement des grandes faces des cellules (70) prismatiques. Deux entretoises (71) délimitent des passages (74) pour le liquide (5). Entre les entretoises, un isolant thermique et électrique (72) permet d'éviter que les cellules (70) ne se touchent si elles viennent à gonfler et évite également que la chaleur d'une cellule ne soit majoritairement transférée sur la cellule adjacente en cas d'emballement thermique. Cet isolant (72) peut être fabriqué en plastique, en fibre de verre, en liège, ou en tout autre matériau compatible avec le liquide, qui garde ces propriétés thermique et mécaniques une fois immergé, qui résiste à des températures supérieures à 200°C et qui possède une conductivité thermique préférentiellement inférieure à 0.4 W/m/K. Son épaisseur est typiquement inférieure à 3mm. L'entretoise (71) possède une épaisseur équivalente au gonflement normal d'une cellule, soit typiquement de 7 à 8% de l'épaisseur de la cellule possédant une électrochimie de type Lithium ion NMC.

[0109] Une entretoise (71) est formée par cadre en matériau isolant électrique, typiquement un plastique (eg. PA6) sur lequel s'appuie la cellule et qui reprend l'effort de compression appliqué à l'ensemble de cellules (29). L'entretoise permet la communication du liquide (5) depuis le volume inférieur (73) jusqu'au volume supérieur (75). Un dispositif de pertes de charge est formé par des fentes (76) calibrées formant l'entrée de l'entretoise (71). La sortie hydraulique de l'entretoise (71) est formée par des fentes (77) plus larges générant sensiblement moins de pertes de charges qu'à l'entrée (76) de sorte à favoriser un effet de convection naturelle en cas de défaillance de la pompe (109) ou d'absence d'alimentation en liquide diélectrique (5). Cet effet est notamment recherché lors d'un emballement thermique pour répartir de la chaleur générée par la combustion d'une cellule sur l'ensemble du module et non seulement sur les cellules adjacentes.

[0110] Alternativement, une seule entretoise (71) peut être positionnée entre les cellules, sans présence de l'isolant (72). Son épaisseur est alors équivalente à 7 à 15% de l'épaisseur de la cellule possédant une électrochimie de type Lithium ion NMC.

[0111] Sur la [Fig.11], des variantes d'entretoises (71) montrent des renforts (81) permettant de reprendre l'effort de compression appliqué à l'ensemble de cellules (29) sur les grandes faces de celles-ci en plus du cadre de l'entretoise. Cela permet de répartir au mieux les contraintes internes aux cellules tout en permettant la circulation du liquide (5). La plage de contraintes internes acceptables par les cellules est typiquement inférieure à 1MPa et supérieur à 0.001MPa. Ces entretoises peuvent être compressibles dans leur épaisseur pour s'adapter au gonflement naturel des cellules grâce à un matériau compressible tout en gardant les contraintes internes dans la plage désirée. De plus, en cas d'emballement thermique d'une cellule, les renforts (81) évitent le contact thermique direct entre la cellule en feu et la cellule adjacente.

[0112] Sur la [Fig.12], le dispositif de maintien en compression est isolé de l'assemblage de cellules (20). Deux plaques avant (26) et arrière (27) appliquent un effort homogène sur toutes les surfaces. Cet effort est maintenu par un ensemble de bandes (28) en acier qui forment un cerclage autour de l'ensemble de cellules (29). Des moyens de fixation mécanique permettent un ancrage sur la plaque avant (26) grâce au vissage d'équerre (78) dans la face avant (11) et une liaison glissière dans la plaque-support (19) formées par les tiges (79) de la plaque arrière (27) qui viennent coulisser lors du montage dans les perçages (80).

[0113] <u>Description détaillée d'un module (10) à cellules cylindriques</u>

[0114] Les cellules cylindriques sont des cylindres présentant une coque en aluminium.

[0115] Sur les figures 13 et 14, le module (10) est composé d'un bac (41) ainsi que d'un couvercle (42) formant une enceinte étanche au liquide (5). Ces pièces sont en aluminium ou en matériau composite. La face avant du bac (41) présente des

connecteurs étanches électriques de puissance (44) et de communication (45) ainsi que des ports hydrauliques d'entrée (46) en bas et de sortie (47) en haut. Un renfort mécanique (43) permet d'éviter la déformation du couvercle sous l'effet de vibrations ou de la pression interne. La face arrière du bac (41) présente une soupape de sécurité (48) permettant l'évacuation de gaz ou de liquide (5) en cas de pression interne trop élevée.

[0116] La [Fig.15] montre une vue éclatée du module (10) à cellules cylindriques. Un assemblage de cellules (20) est contenu dans le bac (41) et le couvercle (42). Des bus-barres (51 et 52) connectent électriquement l'assemblage de cellules aux connecteurs électriques de puissance (44). Un circuit électronique (34) est intégré au module. Il communique via le connecteur électrique de communication (45) et est connecté à l'assemblage de cellules (20). Un conduit hydraulique (50) en forme de baquet permet de collecter le liquide (5) chaud à proximité de la face supérieure interne du module (10) et de le guider jusqu'à connecteur hydraulique de sortie (47). Des tiges de maintien (56) permettent la fixation mécanique de l'assemblage de cellule (20) dans le bac (41).

[0117] La [Fig.16] montre une vue éclatée de l'assemblage de cellule (20) et les figures 17 et 18 illustrent les écoulements de liquide (5) dans le module (10) et les détails de l'assemblage de cellules (20) permettant la circulation du liquide (5). Il est composé d'un ensemble de cellules cylindriques (59) enfermées dans un support de cellule formé par deux coques (57 et 58) dont la jointure est rendue étanche par un joint plat (60). Des bus-barres (62 et 61) sont soudées à chaque extrémité ainsi qu'un circuit électronique flexible (63 et 64) soudé aux bus-barres pour prendre la tension des cellules et présentant des thermistances brasées pour mesurer les températures. Deux plaques isolantes (53 et 54) ferment le support de cellule en définissant des volumes inférieur (65) et supérieur (66) dans lesquels circule le liquide (5). Un conduit hydraulique (49) alimente en liquide le volume inférieur (65). Un dispositif de perte de charge est formé par des orifices (67) présents dans les coques (57 et 58) qui laissent passer le liquide (5) et génèrent une perte de charge permettant la distribution uniforme du liquide sur toutes les cellules. Ces orifices (67) ont un diamètre typique entre 0.5mm et 2mm. Des trous sont ménagés dans les bus-barres (62 et 61) pour laisser le liquide (5) passer. Chaque cellule est entourée par plusieurs orifices, entre 3 et 6, totalisant une surface entre 1mm² et 12mm².

[0118] <u>Description détaillée d'une batterie modulaire intégrée dans un véhicule</u>

[0119] La [Fig.19] montre une batterie divisée en 9 modules (10) reliés électriquement en série à une boite de jonction (102) par des bus-barres ainsi que par un faisceau électrique de communication qui transfert les informations mesurées par les cartes électroniques (34) selon un protocole CAN. Les modules et la boite de jonction sont

refroidis par immersion et connectés à circuit hydraulique (113). Cette batterie se présente dans un châssis (117) plat formé de tubes aluminium creux fabriqués par extrusion et de profilés aluminium formé par moulage.

[0120] Les soupapes (18) de chacun des modules sont connectées au châssis (117) composés de tubes creux. En cas d'emballement thermique, les gaz générés par la combustion des cellules (dont un exemple de position est représentée par une étoile noire sur la figure) sont canalisés à l'intérieur des tubes creux du châssis (117) puis dirigés vers une sortie unique (118) (tel qu'illustré par les flèches noires sur la figure) pour être expulsés hors de la batterie sans se propager dans celle-ci. A cette sortie, un capteur (119) de température et de pression peut être positionné afin de détecter le déclenchement du feu de batterie. L'utilisation des tubes aluminium du châssis permet d'éviter l'utilisation d'une conduite supplémentaire et d'augmenter la compacité de la batterie. Les éventuelles traverses du châssis peuvent aussi être utilisées.

[0121] Description détaillée d'un module (10) de batterie à cellules en sachet

[0122] Les cellules en sachet sont des cellules en forme de pavé dont l'enveloppe extérieure est en film plastique (on parle alors de cellules « pouch » selon le terme anglais).

[0123] Sur la [Fig.20], le module (10) est composé d'un boîtier (212) en aluminium soudé ou extrudé. Une face avant (211) et une face arrière (217) ferment le boîtier (212). Sur la face avant (211) sont fixés des connecteurs étanches électriques de puissance (213) et de communication (216). Des ports hydrauliques d'entrée (214) et de sortie (215) de liquide diélectrique (5) sont disposés respectivement en bas et en haut dans la face avant. Sur la face arrière, seule la soupape de sécurité (218) est positionnée.

[0124] Sur la [Fig.21], une vue éclatée du module (10) est présentée. On y voit l'assemblage de cellules (220). Les cellules prismatiques sont disposées verticalement, leurs grandes faces en vis-à-vis dans des plans verticaux. L'entrée de la soupape (218) sur la face arrière (217) est desservie par un conduit hydraulique (222) en forme de baquet de sorte à définir un niveau de liquide (5) le plus élevé possible dans le module (10) lorsque ladite soupape (218) est ouverte.

[0125] Sur la [Fig.22], une vue éclatée de l'assemblage de cellules (220) est présentée. On y retrouve un ensemble de cellules (229). Des plaques avant (226) et arrière permettent d'appliquer un effort de compression sur l'ensemble de cellules (229). Cet effort est maintenu par des bandes métalliques (228) constituant un cerclage de l'ensemble des cellules.

[0126] Entre chaque cellules (229), sont insérées alternativement des entretoises (224) permettant de dégager un chemin pour l'écoulement du liquide diélectrique (5), ou bien une mousse compressible isolante thermique (225) permettant le gonflement des cellules et évitant la propagation de la combustion d'une cellule à l'autre en cas d'emballement thermique. Les entretoises (224) et la mousse compressible isolante

(225) évitent le contact thermique entre les cellules en cas d'emballement thermique et limitent ainsi sa propagation. L'ensemble de cellules (229) est contenu dans un support de cellules (223) qui définit un espace de circulation du liquide diélectrique (5) dessous et dessus les cellules (229). Le liquide diélectrique (5) est guidé depuis le connecteur hydraulique d'entrée (214) par un conduit hydraulique qui établit un flux de liquide (5) de faible vitesse sous l'ensemble de cellules (29). Puis il traverse un dispositif de pertes de charge (267), illustré en [Fig.23], constitué de trous disposés de sorte à équilibrer les débits de liquide entre les différentes entretoises (224) et sur la longueur d'une même entretoise. Le liquide diélectrique (5) traverse l'assemblage de cellules (229). Il est collecté par le support de cellules (223) en haut du module sans restriction de section afin de favoriser la convection naturelle, et est guidé vers le connecteur hydraulique de sortie (215).

[0127] La [Fig.24] présente les écoulements de liquide diélectrique (5), représentés par les flèches, au travers d'une entretoise (224), dans le module (10) fabriqué à partir de cellules en sachet (229). Le support de cellules (223) définit un volume inférieur (230) et un volume supérieur (231).

[0128] Sur les figures 25, une variante d'entretoise est illustrée. Il s'agit d'une tôle métallique corruguée formant grille (224), par exemple du type de celles utilisées comme turbulateurs dans certains échangeurs à plaques. Du fait de sa réalisation par pliage-découpe de rubans de tôle, ce type de grille (224) est économique à produire et présente un motif à créneaux décalés favorable à plusieurs égards :

[0129] - elle présente un treillis pour la circulation de fluide

[0130] - elle présente une surface sensiblement plane, non agressive vis-à-vis de la face des cellules avec lesquelles elle est mise en contact

[0131] - la grille comportant ce type de motif présente une surface cumulée de contact homogène et étendue, typiquement supérieure à 30%, et idéalement supérieure à 50% de la surface de la grande face des cellules, permettant reprendre les efforts de compression dus à la fabrication de l'assemblage de cellules sans provoquer de contraintes localisées

[0132] - en cas d'emballement thermique d'une cellule, le motif à créneaux décalés permet de mobiliser par convection naturelle tout le liquide diélectrique présent entre les cellules (contre une fraction seulement du liquide dans le cas d'une tôle ondulée continue par exemple).

[0133] La flèche donne le sens de circulation du liquide diélectrique (5) au travers de cette grille (224). Cette grille (224) permet de reprendre les efforts de compression dus à la fabrication de l'assemblage de cellules et dus au gonflement des cellules (229) tout en laissant passer le liquide (5).

[0134] Sur la [Fig.26], une variante de grille (224) est représentée en coupe transversale

comprise entre les grandes faces (232) de deux cellules (229) et capable de se conformer à ces mêmes faces bombées (233) lorsque les cellules sont gonflées. Cette grille (224) peut présenter, par son épaisseur de tôle et un profil adapté de son motif de pliage, un taux de compressibilité qui permet de se conformer à la forme des cellules gonflées et de ne pas dépasser une valeur seuil d'effort de compression sur les cellules (229) en la contrôlant sur une plage de contraintes internes desdites cellules entre 0.001MPa et 1MPa. Un profil de pliage adapté à cette fonction est par exemple un profil 'en queue d'aronde' représenté [Fig.26], où l'une au moins des jambes du profil présente un angle aigu vis-à-vis de sa base (à la distinction de profils trapézoïdaux dont les jambes présentent un angle obtus par rapport à leur base).

[0135] L'angle aigu entre la jambe et sa base améliore la capacité du profil à être comprimé, et de ce fait permet à l'entretoise d'être conformée au contact de la cellule lorsque celle-ci gonfle. Typiquement, la souplesse recherchée doit être supérieure à 1mm par MPa. L'épaisseur de tôle utilisée pour réaliser la grille (224) est avantageusement inférieure à 0,2mm, idéalement inférieure à 0,1mm. Le matériau de la tôle est préférentiellement l'acier inoxydable, pour sa tenue en température et sa relativement faible conductivité thermique, apte à limiter le flux thermique de conduction vers les cellules adjacentes en cas d'emballement thermique.

Revendications

[Revendication 1] Module (10) de batterie électrique comprenant un boîtier (2, 12) dans lequel sont disposés une pluralité de cellules (1, 29, 59, 70, 229) en échange thermique direct avec un liquide de refroidissement diélectrique (5) circulant entre des interstices formés entre lesdites cellules (1, 29, 59, 70, 229) adjacentes, caractérisé en ce que ledit boîtier (2, 12) présente :

- un volume intermédiaire (150) dans lequel lesdites cellules (1, 29, 59, 70, 229) adjacentes sont disposées et entre lesquelles s'écoule ledit liquide diélectrique (5),
- un volume inférieur (65, 73, 130, 230) situé en-dessous dudit volume intermédiaire (150), et alimenté par au moins un port d'entrée (3, 14, 46) de liquide diélectrique (5),
- un volume supérieur (66, 75, 140, 231), situé au-dessus dudit volume intermédiaire (150), et débouchant vers l'extérieur dudit boîtier par au moins un port de sortie (4, 15, 47) de liquide diélectrique (5),
- et en ce qu'un dispositif de pertes de charge (6, 67, 76, 267) soit disposé entre ledit volume inférieur (65, 73, 130, 230) et ledit volume intermédiaire (150), ledit dispositif de pertes de charge (6, 67, 76, 267) étant configuré pour moduler localement la résistance d'écoulement entre la ou les zones les plus proches dudit au moins un port d'entrée (3) de liquide diélectrique (5), et la ou les zones opposées dudit volume inférieur (65, 73, 130, 230).

[Revendication 2] Module (10) de batterie électrique selon la revendication précédente caractérisé en ce que la perte de charge entre ledit volume intermédiaire (150) et ledit volume supérieur (66, 75, 140, 231) soit sensiblement plus faible qu'entre ledit volume inférieur (65, 73, 130, 230) et ledit volume intermédiaire (150) de sorte à favoriser la convection naturelle en cas d'absence d'alimentation de liquide diélectrique (5) par ledit au moins un port d'entrée (3, 14, 46)

[Revendication 3] Module (10) de batterie électrique selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit dispositif de pertes de charge (6, 67, 76, 267) est constitué d'orifices entre 0.3mm² et 2.3mm² de section

chacun.

[Revendication 4] Module (10) de batterie électrique selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que lesdites cellules (1, 29, 70, 229) sont de type prismatique ou en sachet et sont disposées verticalement dans ledit volume intermédiaire (150).

[Revendication 5] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 4 caractérisé en ce que des entretoises (24, 71, 224) sont intercalées entre deux cellules (1, 29, 70, 229) adjacentes.

[Revendication 6] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5 caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) forment un treillis de reprise de l'effort de compression appliqué à l'ensemble de cellules (1, 29, 70, 229) sur les grandes faces de celles-ci.

[Revendication 7] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5 ou 6 caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) présentent une souplesse dans leur épaisseur supérieure à 1 mm par MPa.

[Revendication 8] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5, 6 ou 7 caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) possèdent des mailles inférieures à 30% de la longueur desdites cellules (1, 29, 70, 229).

[Revendication 9] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5, 6, 7 ou 8 caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) :

- sont formées par un cadre isolant électrique découpé d'une épaisseur comprise entre 7 et 15% de l'épaisseur des cellules (1, 29 70, 229),
- présentent des fentes inférieures (76) permettant une perte de charge,
- présentent des fentes supérieures (77) sensiblement plus large que lesdites fentes inférieures,
- présentent des renforts (81) configurés pour éviter le contact thermique direct entre cellules,
- soient fabriquées en matériau compressible présentant une souplesse supérieure à 1mm par MPa,
- et présentent une fenêtre (74) de circulation du liquide (5) depuis un volume inférieur (73, 130, 230) jusqu'à un volume supérieur (75, 140, 231).

[Revendication 10] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5, 6, 7 ou 8 ca-

ractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) sont des grilles obtenues par pliage-découpe selon un motif à créneaux décalés, d'une tôle métallique d'épaisseur inférieure à 0,2mm.

[Revendication 11] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 5, 6, 7, 8 ou 10 caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) :

- sont formées par une grille (224) d'une épaisseur comprise entre 7 et 15% de l'épaisseur des cellules (1, 29 70, 229)
- présentent une surface de contact avec les cellules supérieure à 30% de la surface de la grande face desdites cellules
- permettent la circulation du liquide (5) depuis un volume inférieur (73, 130, 230) jusqu'à un volume supérieur (75, 140, 231)

[Revendication 12] Module (10) de batterie électrique selon la revendication précédente caractérisé en ce que lesdites entretoises (24, 71, 224) :

- présentent une surface de contact avec les cellules supérieure à 50% de la surface de la grande face desdites cellules,
- comportent un motif de pliage 'en queue d'aronde' conférant à la grille (224) une compressibilité permettant de se conformer au gonflement desdites cellules (1, 29 70, 229),
- sont formées à partir d'une tôle en acier inoxydable d'épaisseur inférieure à 0.1mm.

[Revendication 13] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que lesdites cellules (1, 59) sont de forme cylindrique et sont disposées verticalement dans ledit volume intermédiaire (150).

[Revendication 14] Module (10) de batterie électrique selon la revendication précédente caractérisé en ce que ledit dispositif de pertes de charge (6, 67) est constitués d'orifices répartis en périphérie de chacune desdites cellules cylindriques, dans chacune des deux coques (57 et 58) du support de cellules et représente entre 1mm² et 12mm² autour de chacune desdites cellules cylindriques.

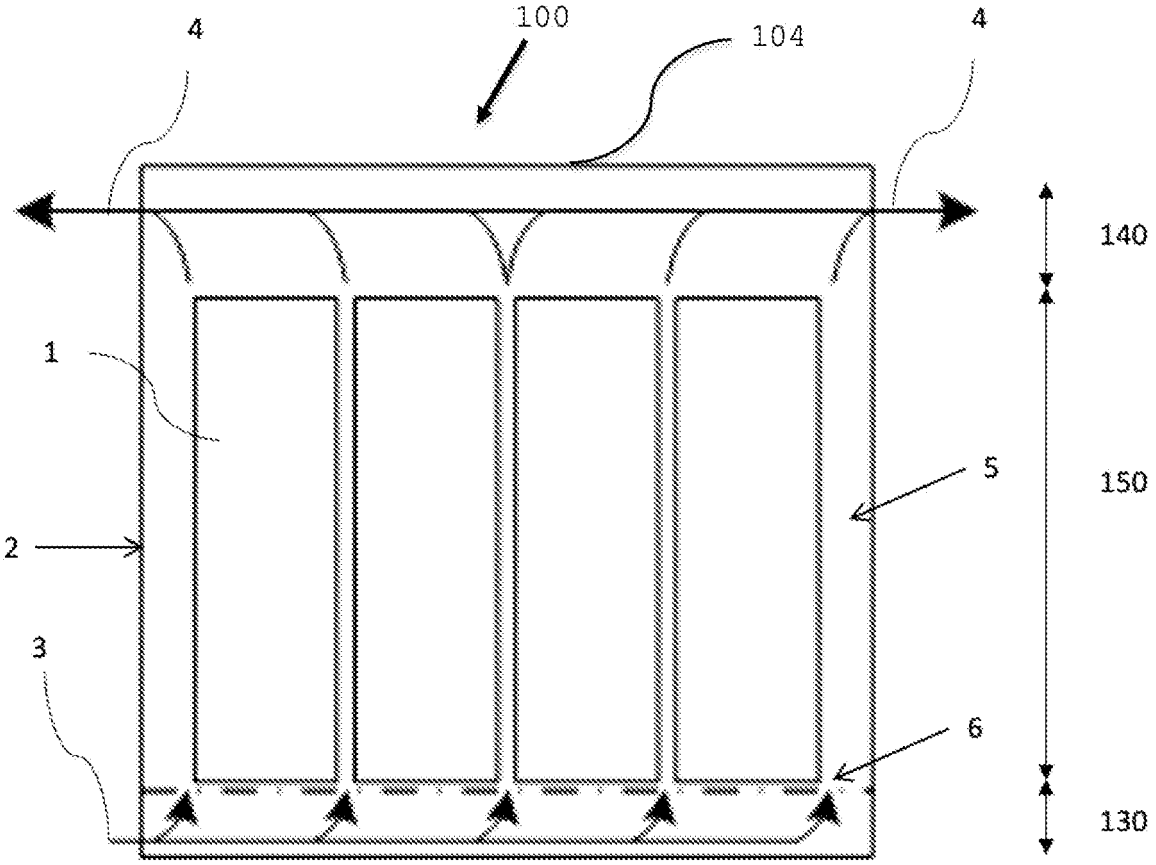
[Revendication 15] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'un conduit hydraulique interne (22, 50) en forme de baquet collecte le liquide diélectrique (5) du volume supérieur (66, 75, 140, 231) à proximité de la face interne supérieure de l'enceinte (12, 42) pour

le guider vers le port de sortie (4, 15, 47).

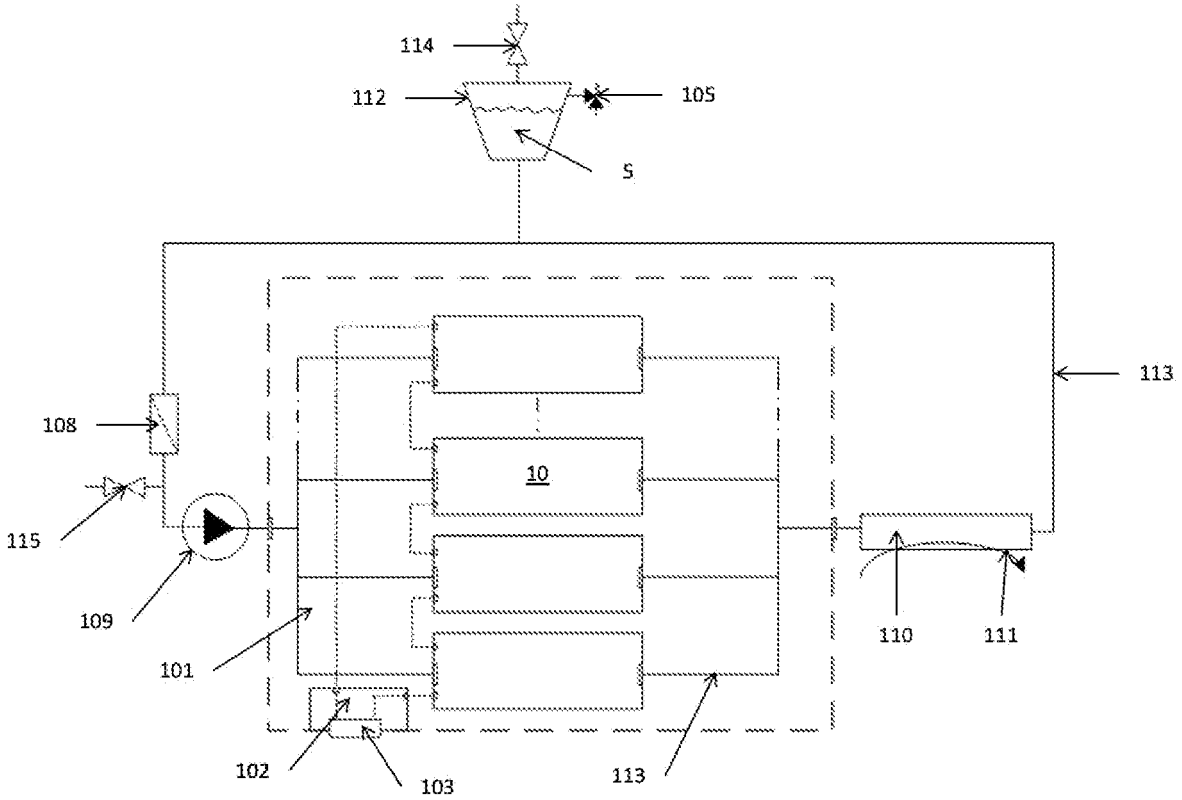
[Revendication 16] Module (10) de batterie électrique selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'un conduit interne (222) en forme de baquet collecte les gaz émis en cas d'emballement thermique dans le volume supérieur (66, 75, 140, 231) à proximité de la face interne supérieure de l'enceinte (12, 42, 212) pour les guider vers la soupape de sécurité (18, 48, 218), de sorte à définir un niveau de liquide diélectrique (5) dans le volume supérieur (66, 75, 140, 231) le plus élevé possible dans le module (10) lorsque ladite soupape est ouverte.

[Revendication 17] Batterie électrique caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité de modules (10) de batterie présentant les caractéristiques à la revendication 1 et en ce qu'ils sont étanches, lesdits modules présentant chacun une soupape de sécurité (18) connectée à un tube creux du châssis (117) de sorte que les gaz émis lors d'un emballement thermique soient dirigés à l'intérieur dudit châssis et expulsés hors de ladite batterie sans se propager dans celle-ci.

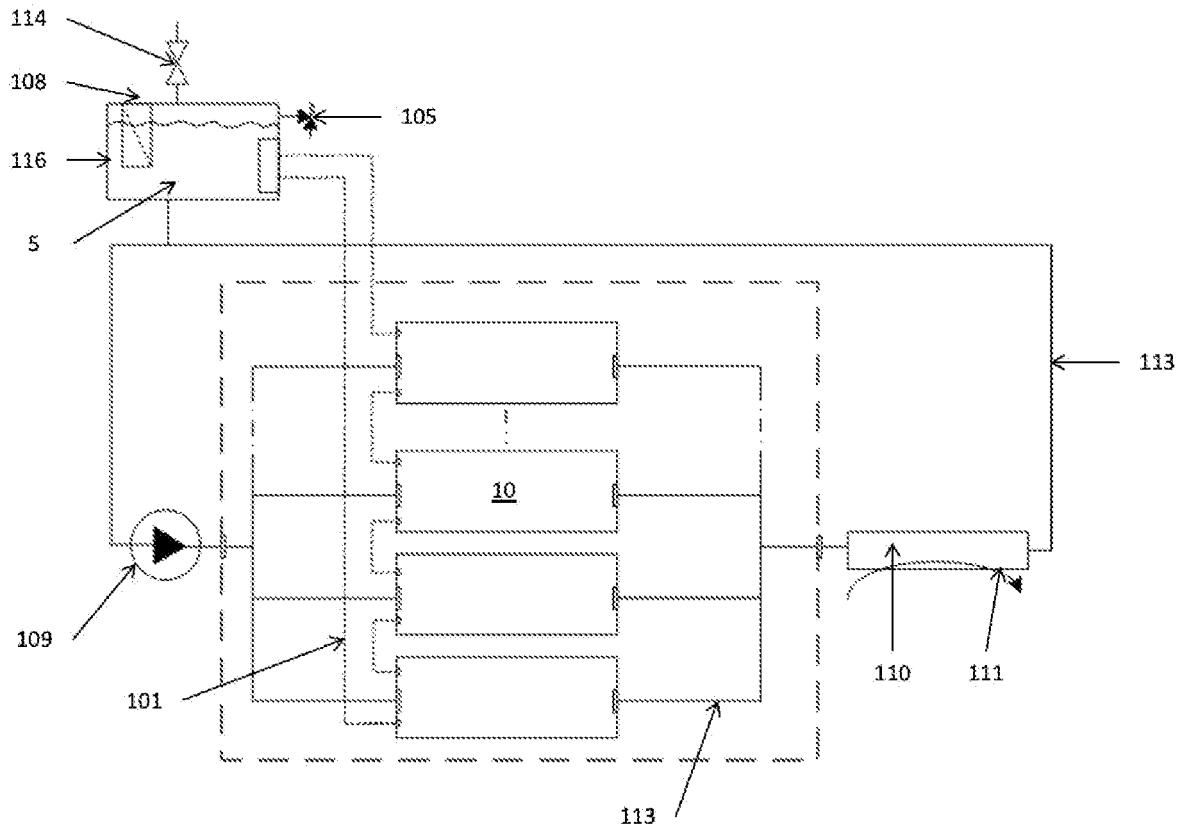
[Fig. 1]


100
104
4
4
140
1
5
150
2
3
6
130

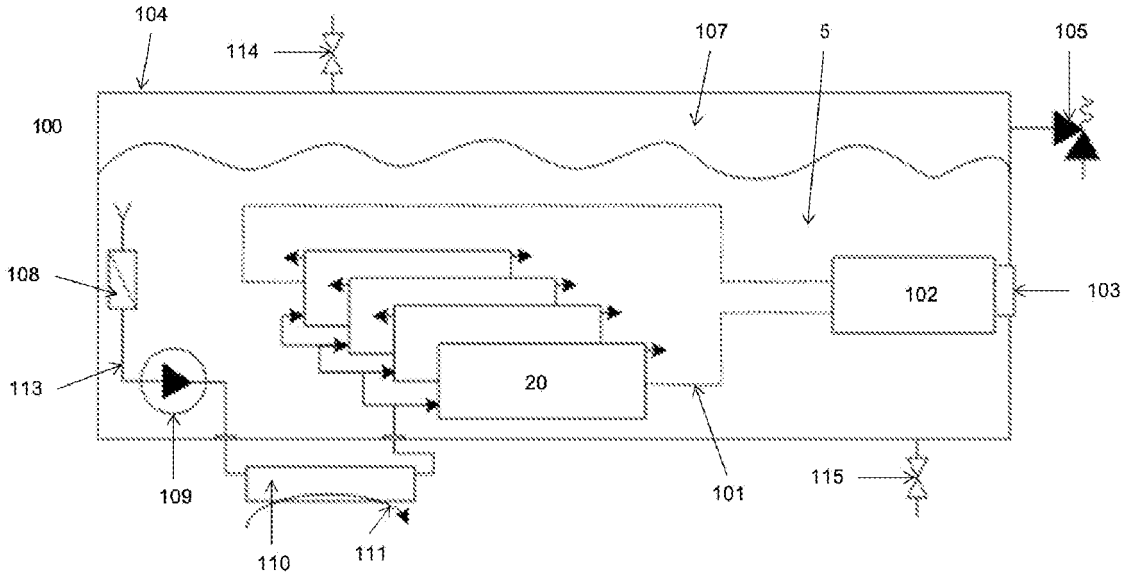
[Fig. 2]


114
112
105
5
113
108
10
115
109
101
110
111
102
103
113

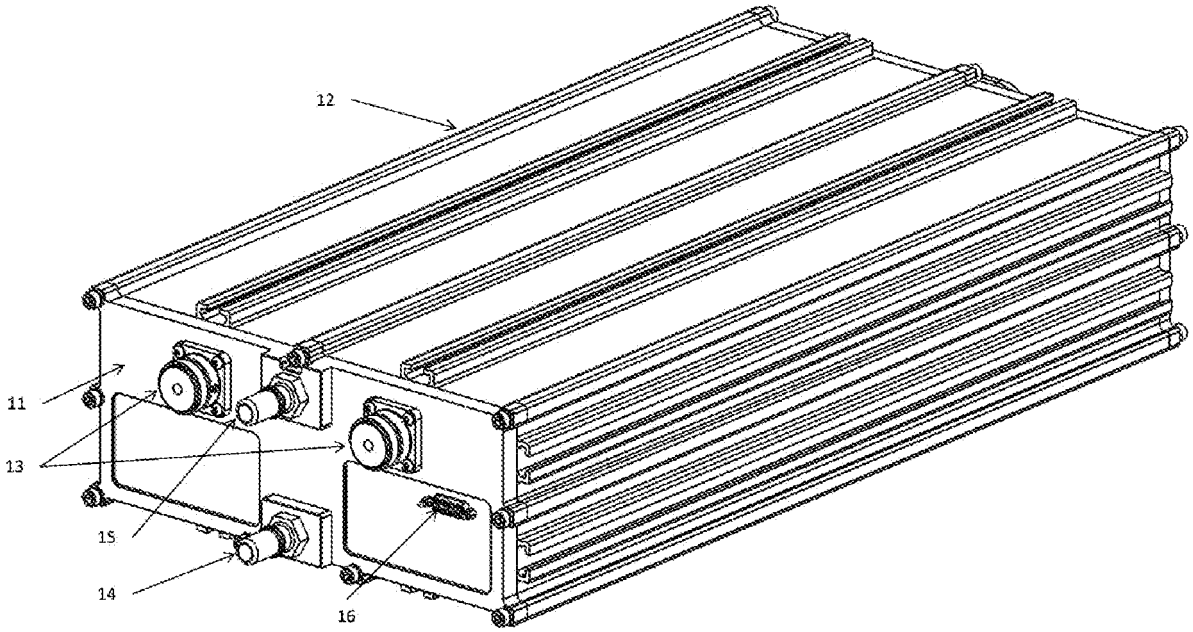
[Fig. 3]


114
108
105
116
5
113
10
109
101
110
111
113

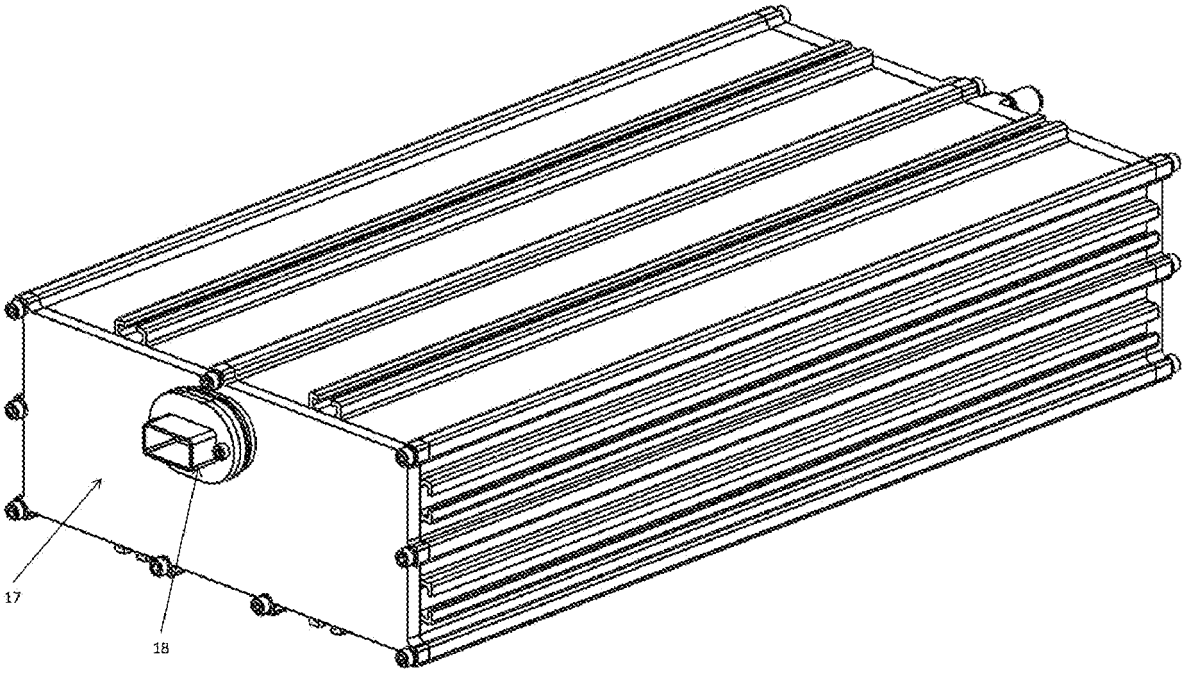
[Fig. 4]


104
114
107
5
105
100
108
102
103
113
20
109
101
115
110
111

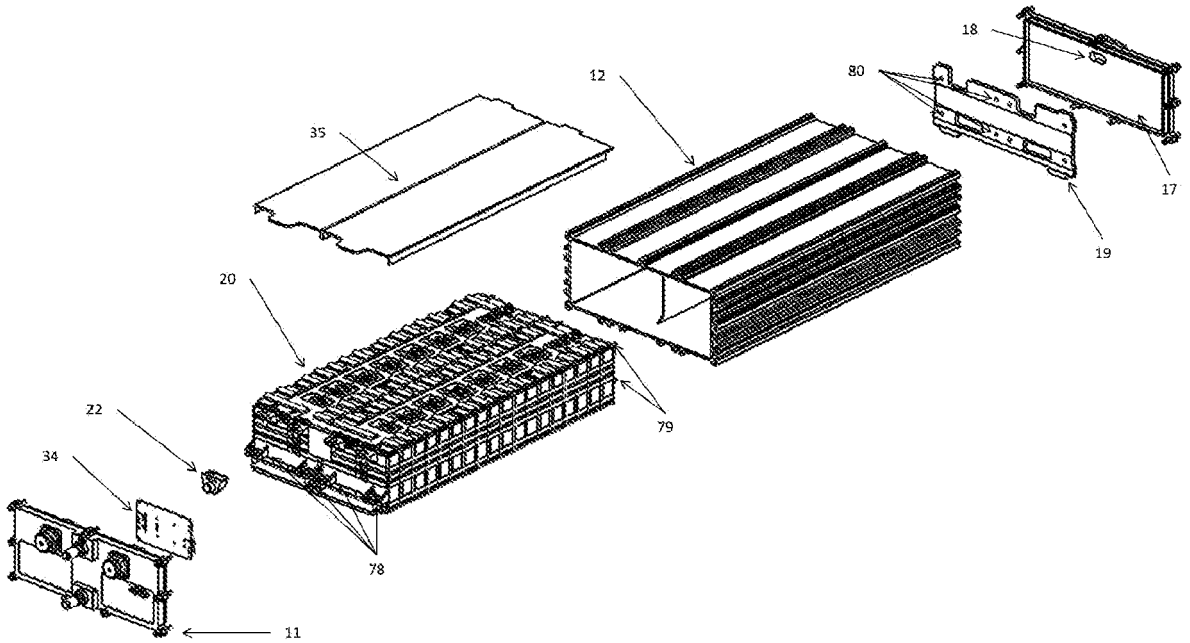
[Fig. 5]



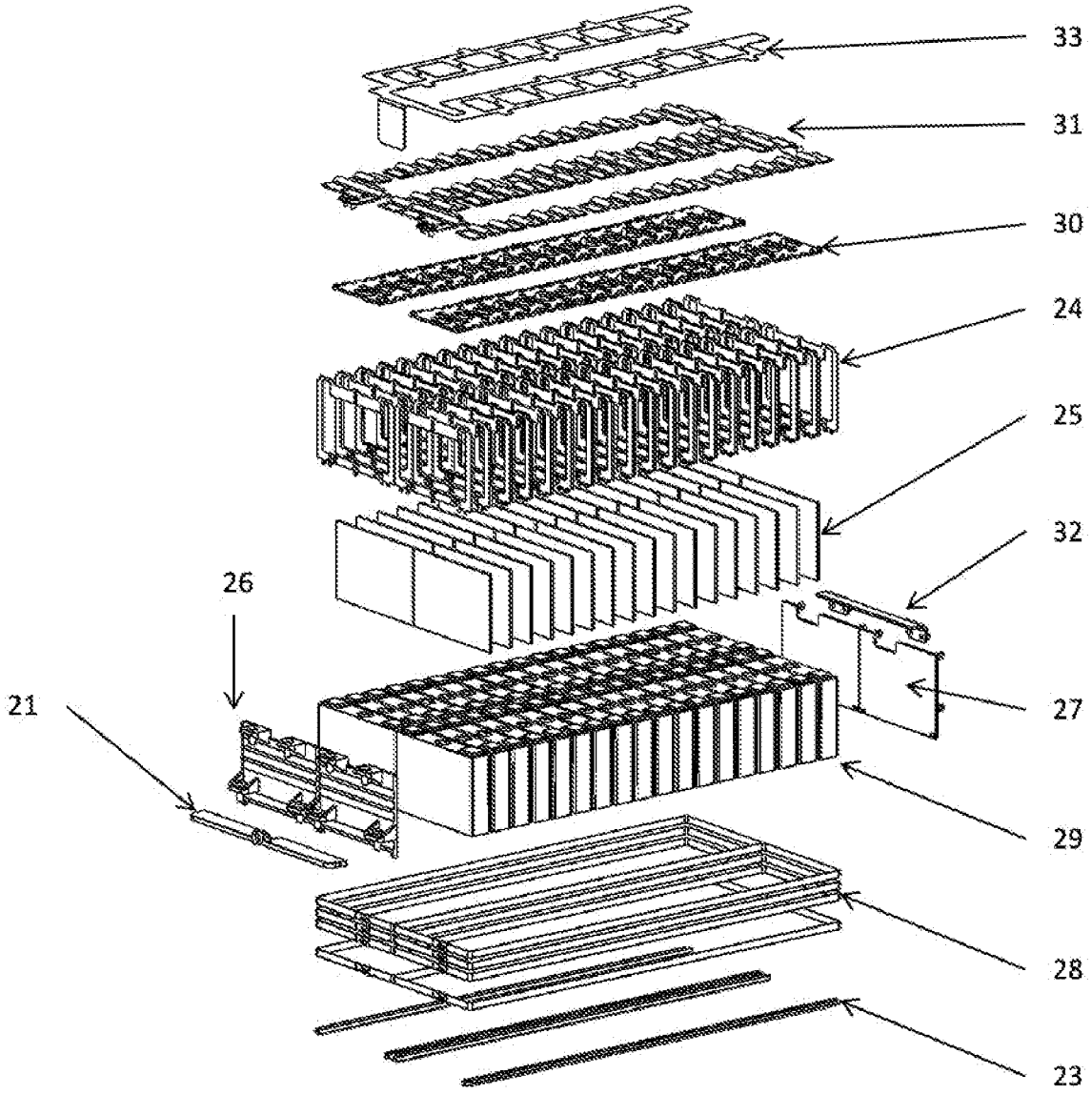
[Fig. 6]



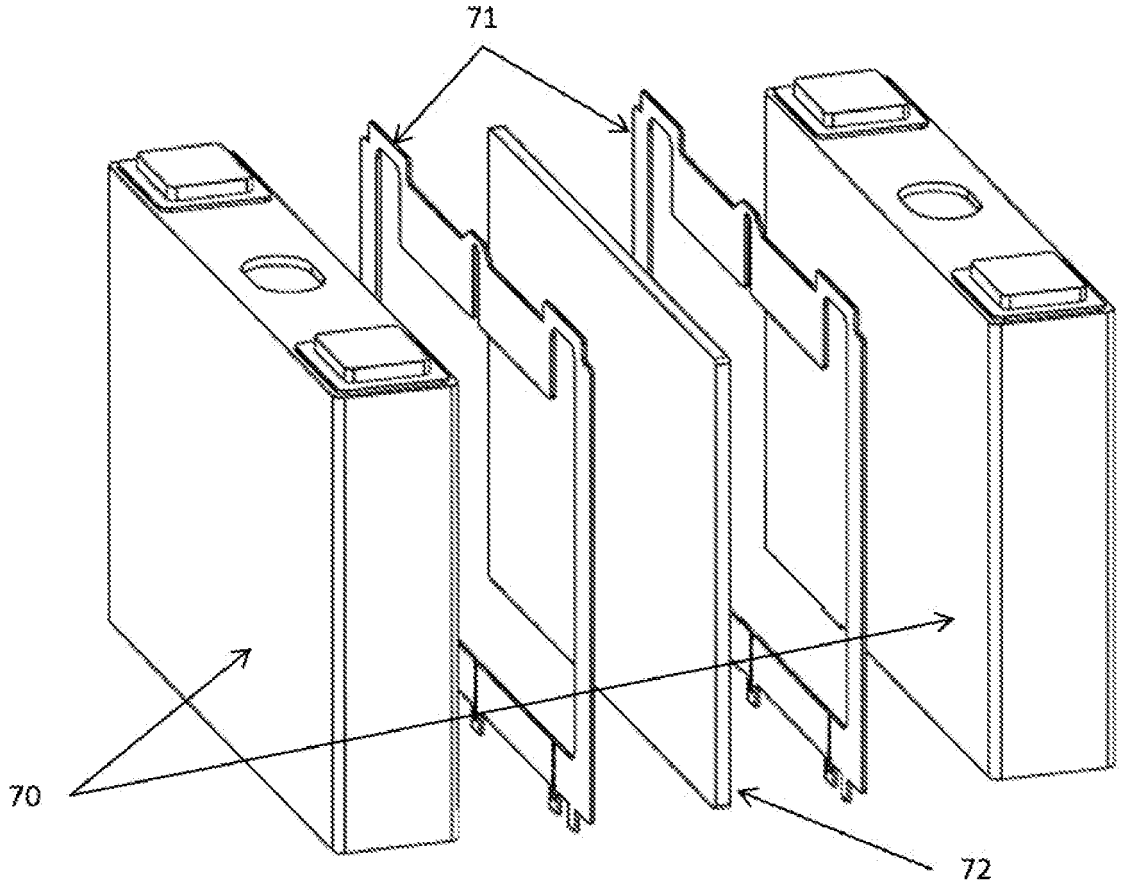
[Fig. 7]



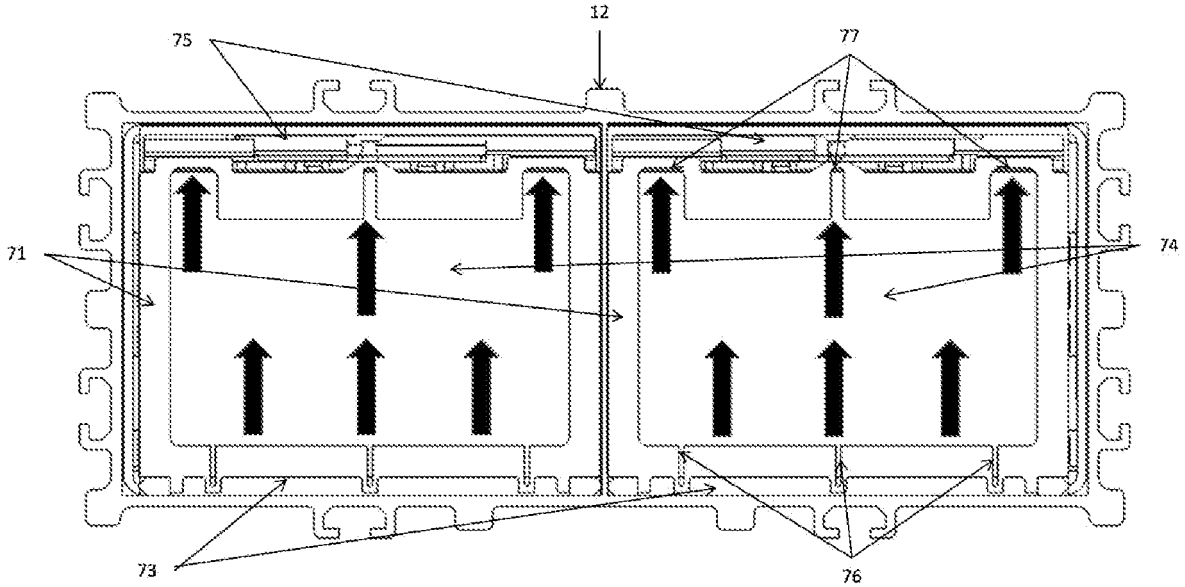
[Fig. 8]



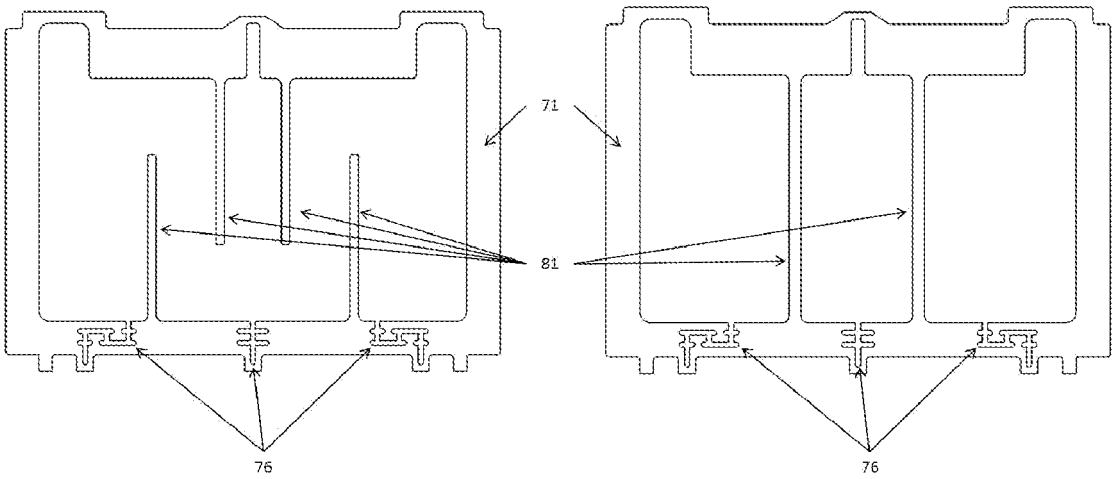
[Fig. 9]



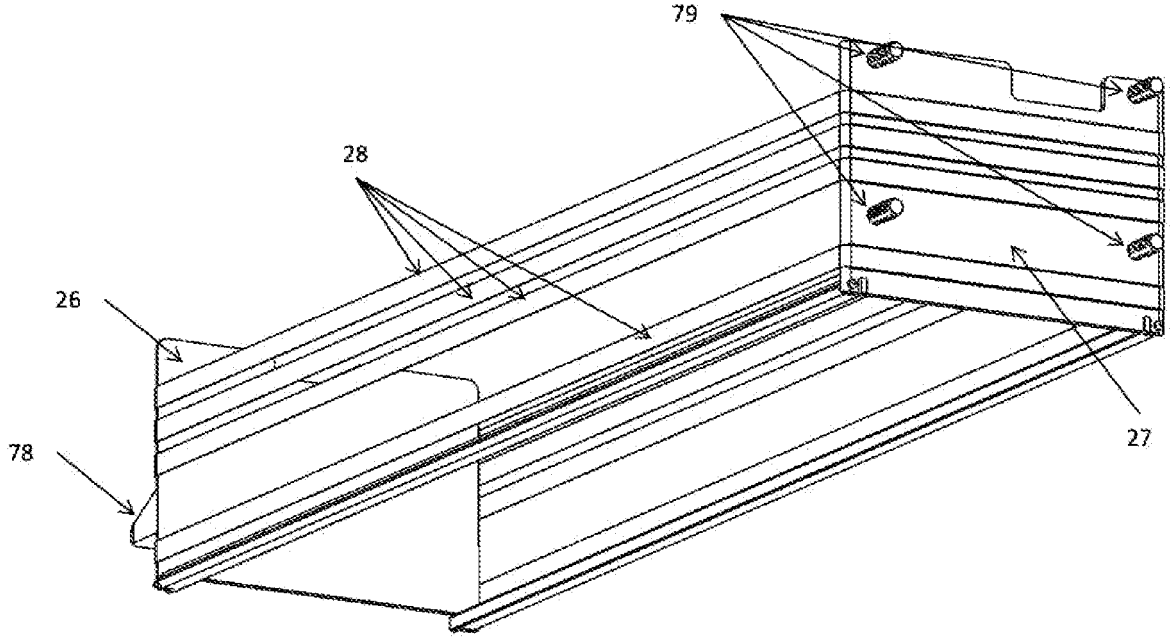
[Fig. 10]



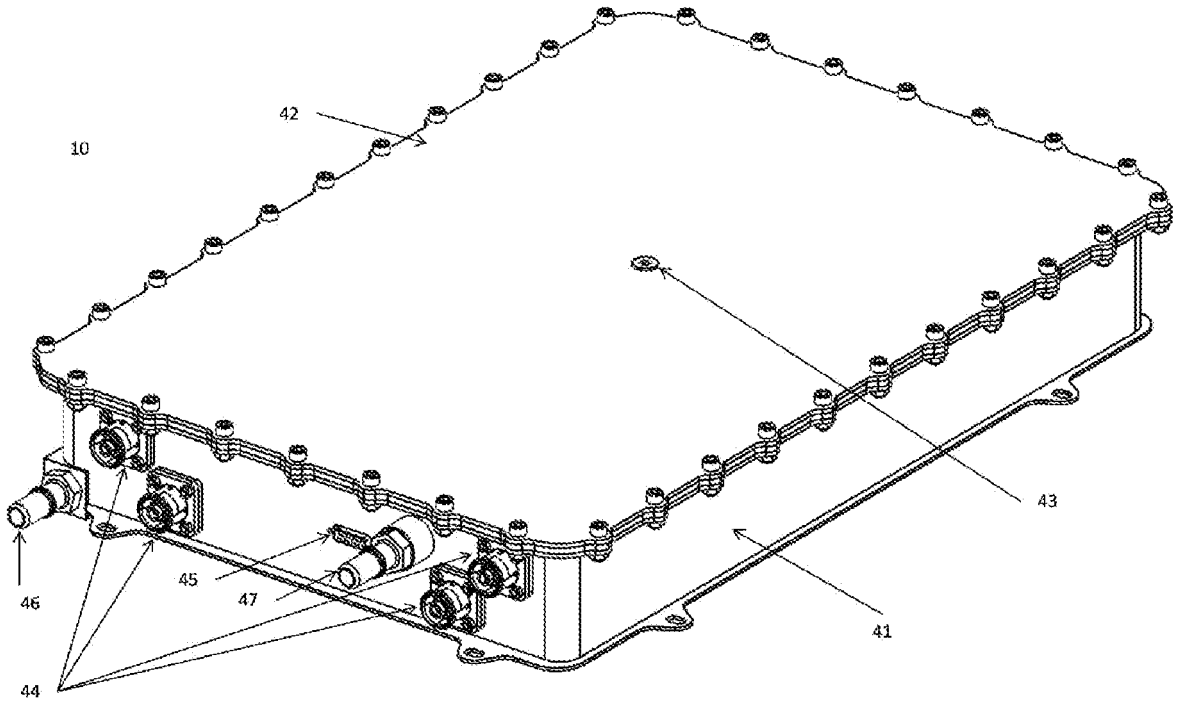
[Fig. 11]



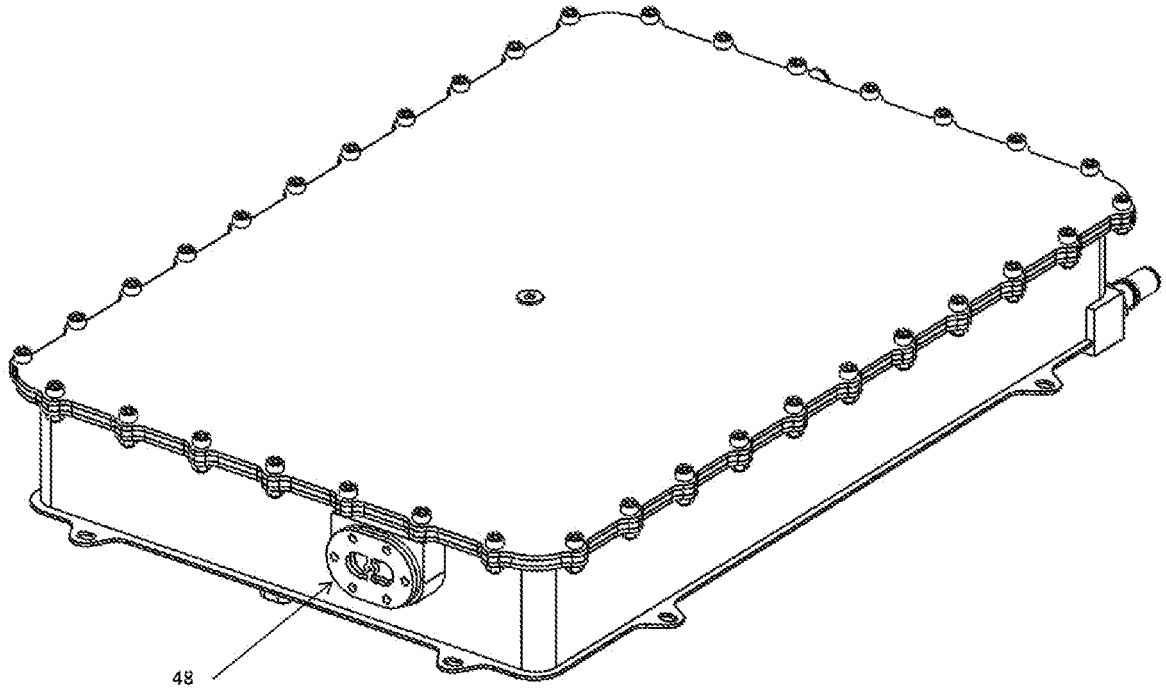
[Fig. 12]



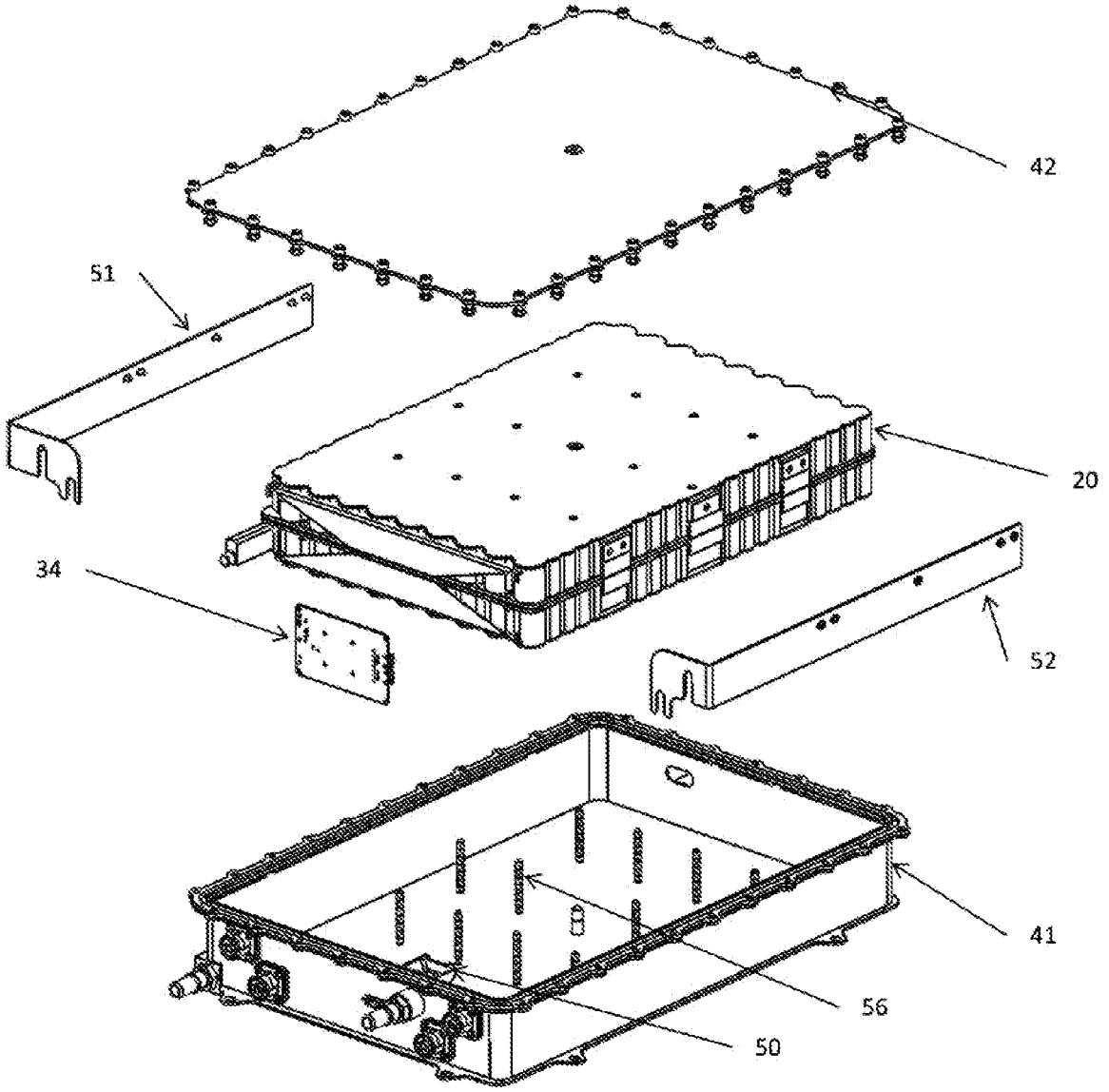
[Fig. 13]



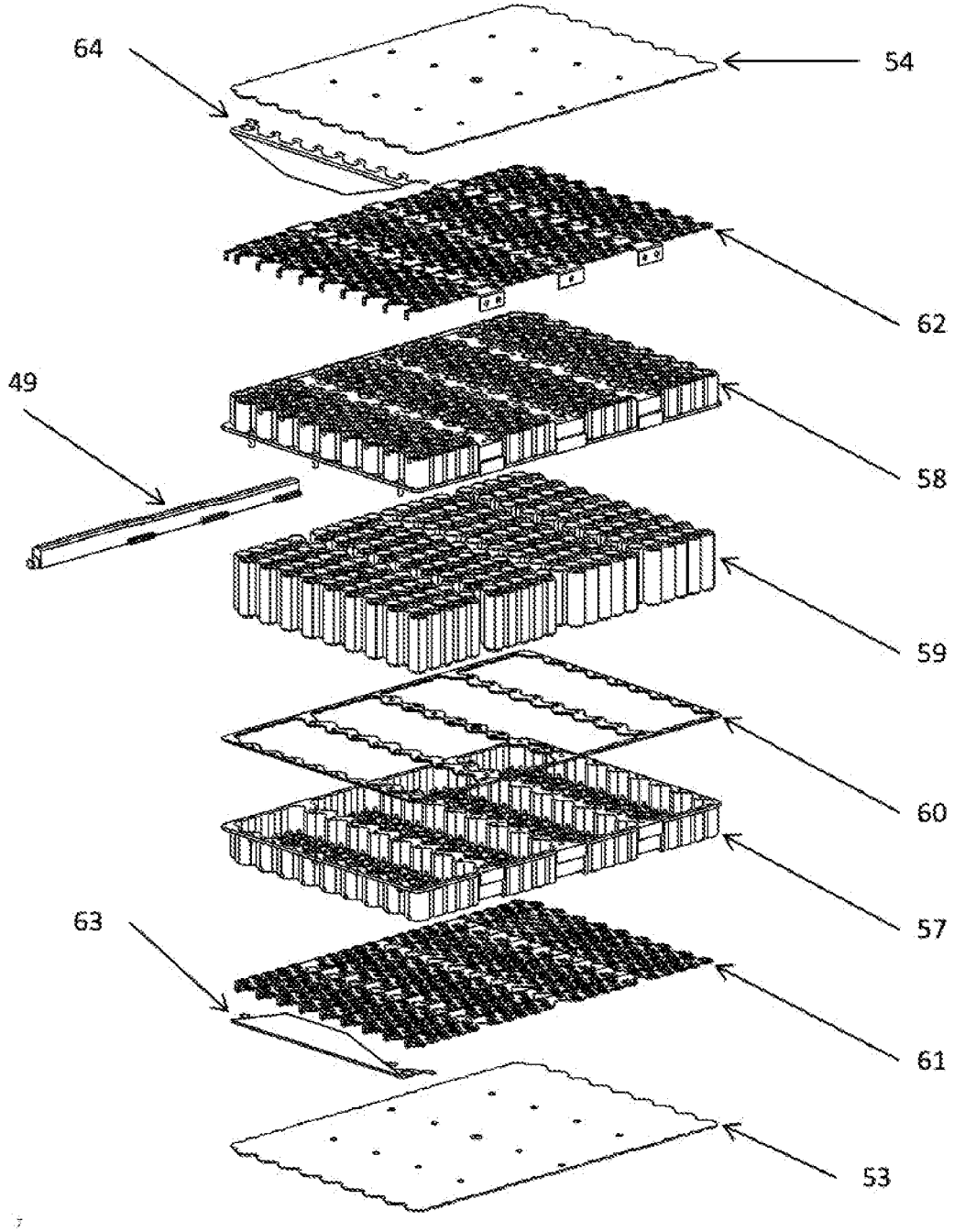
[Fig. 14]



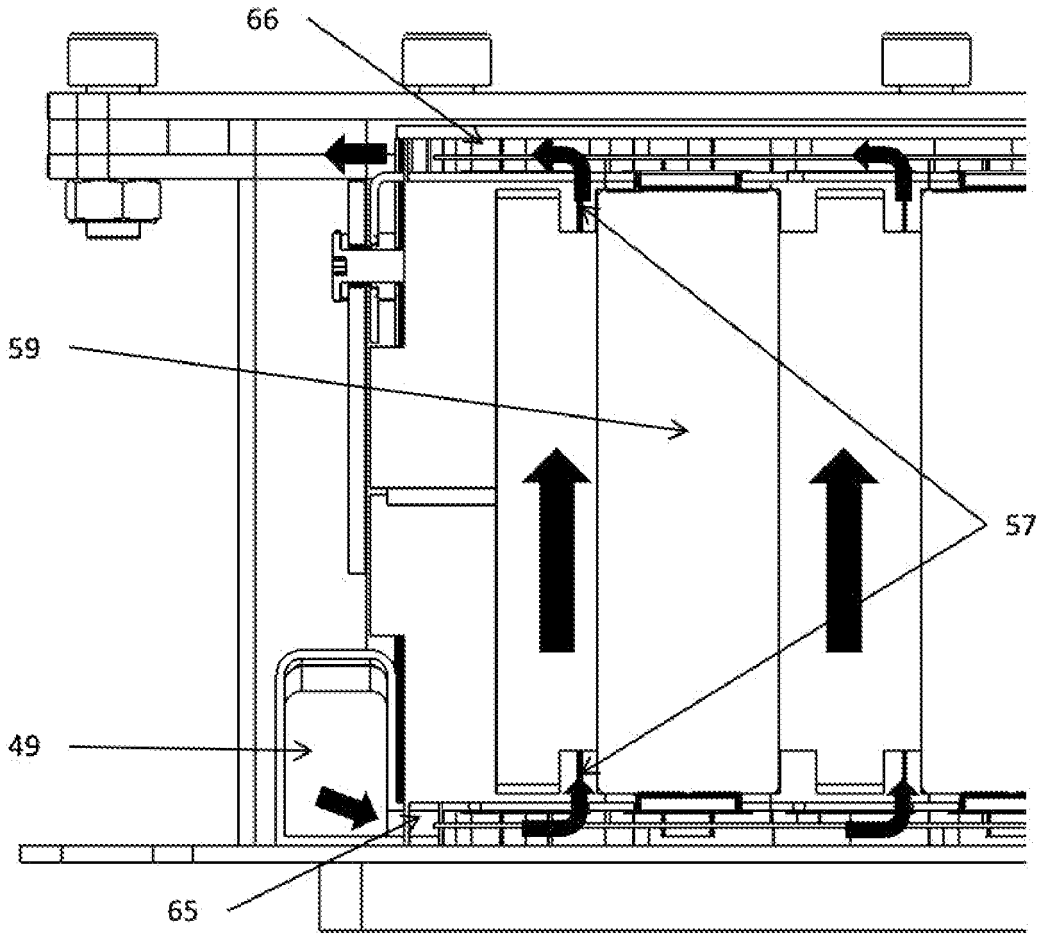
[Fig. 15]



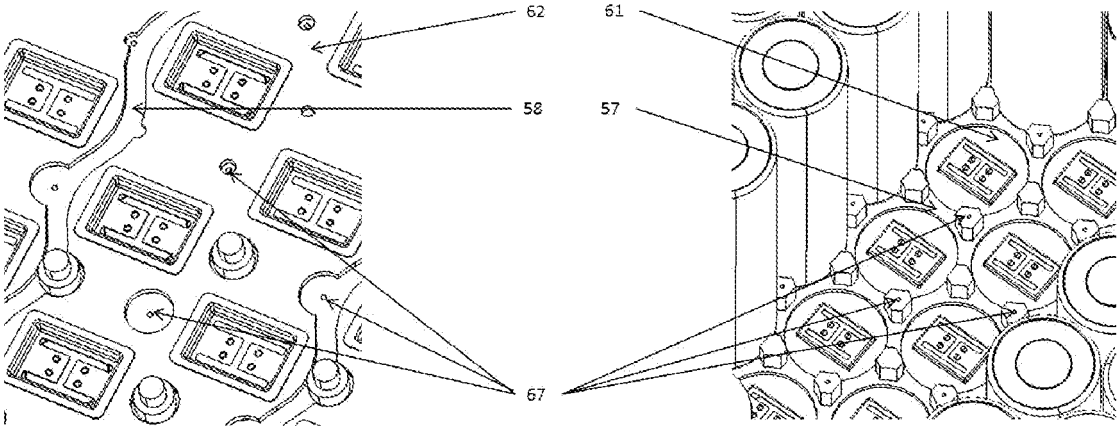
[Fig. 16]



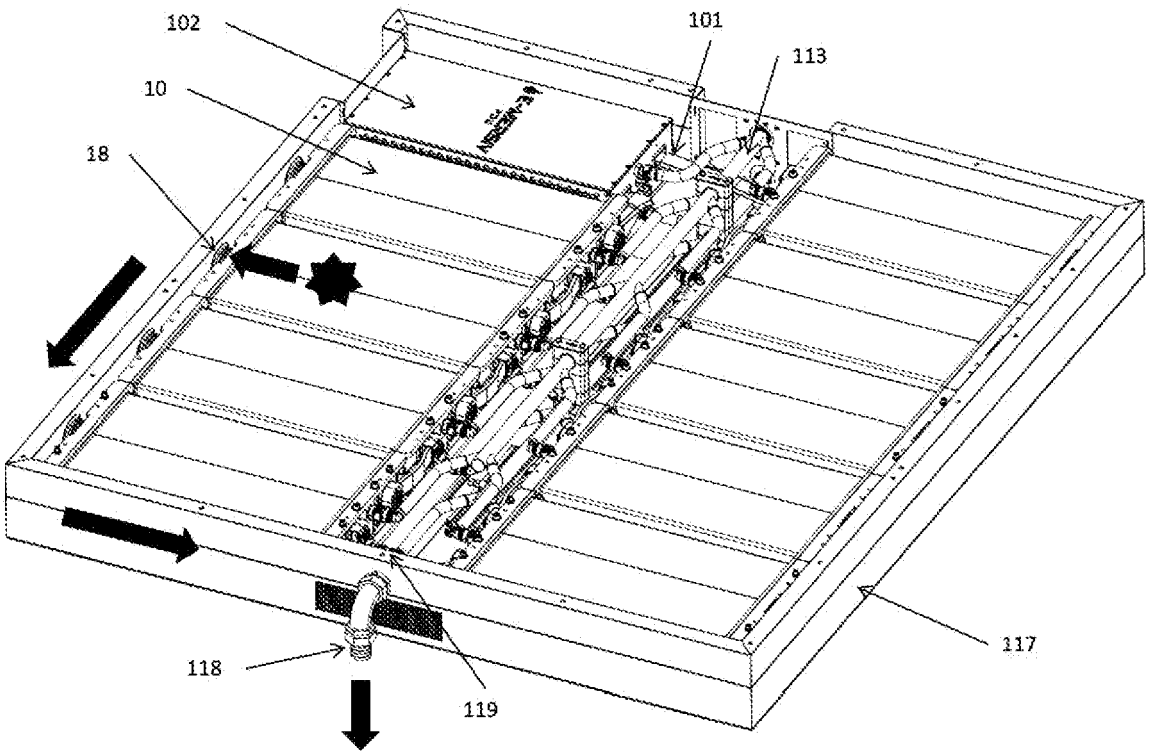
[Fig. 17]



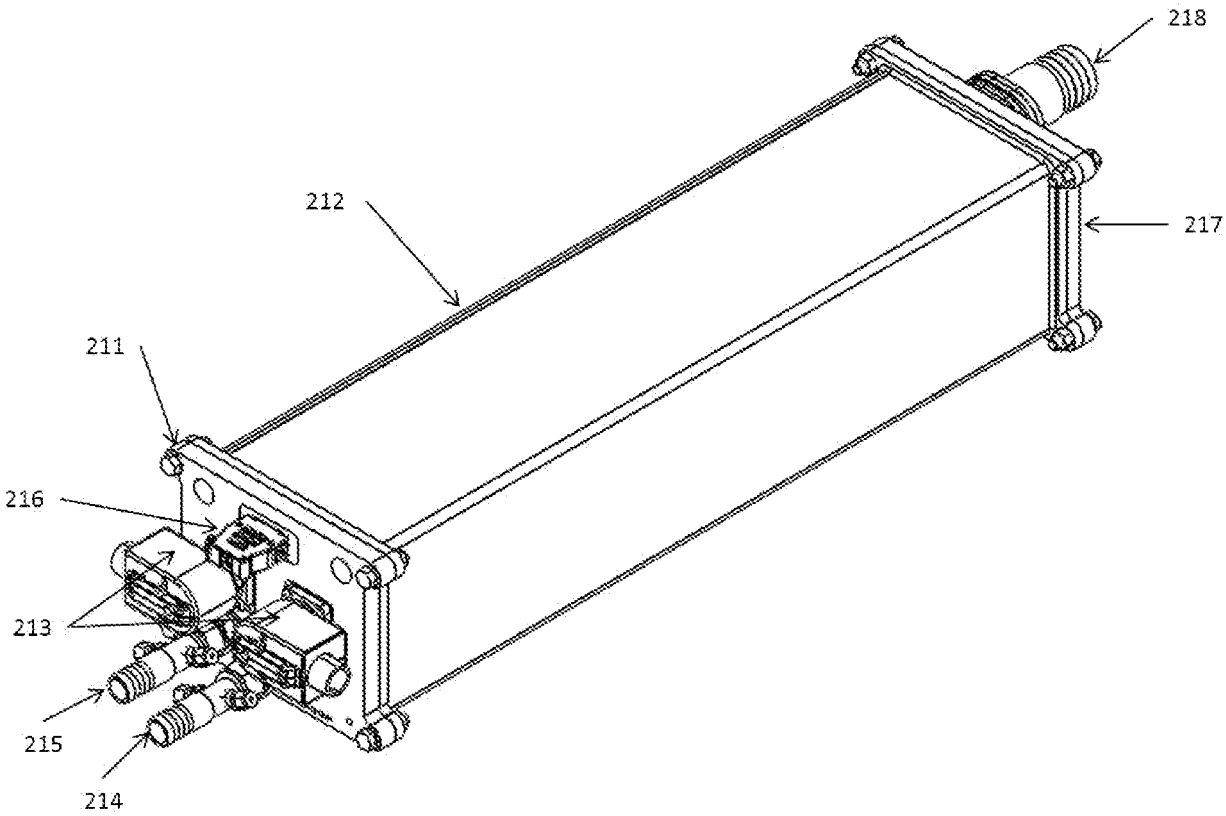
[Fig. 18]



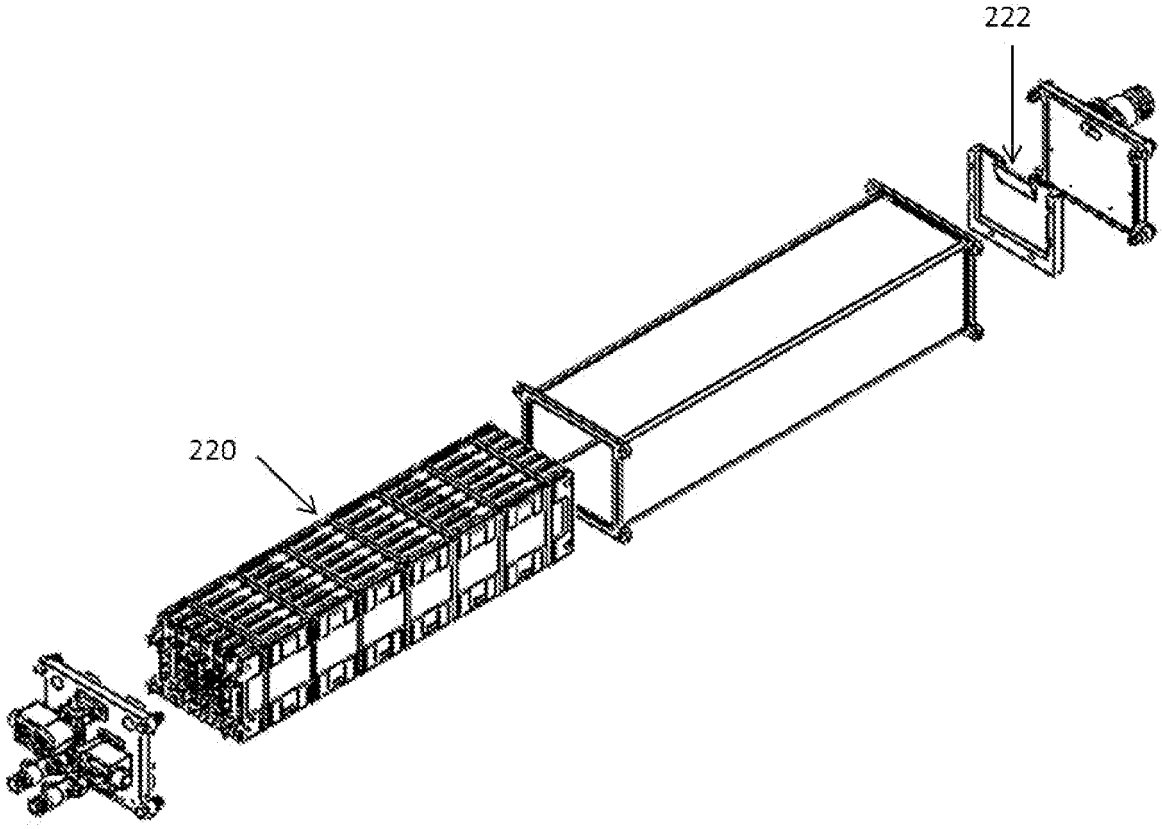
[Fig. 19]



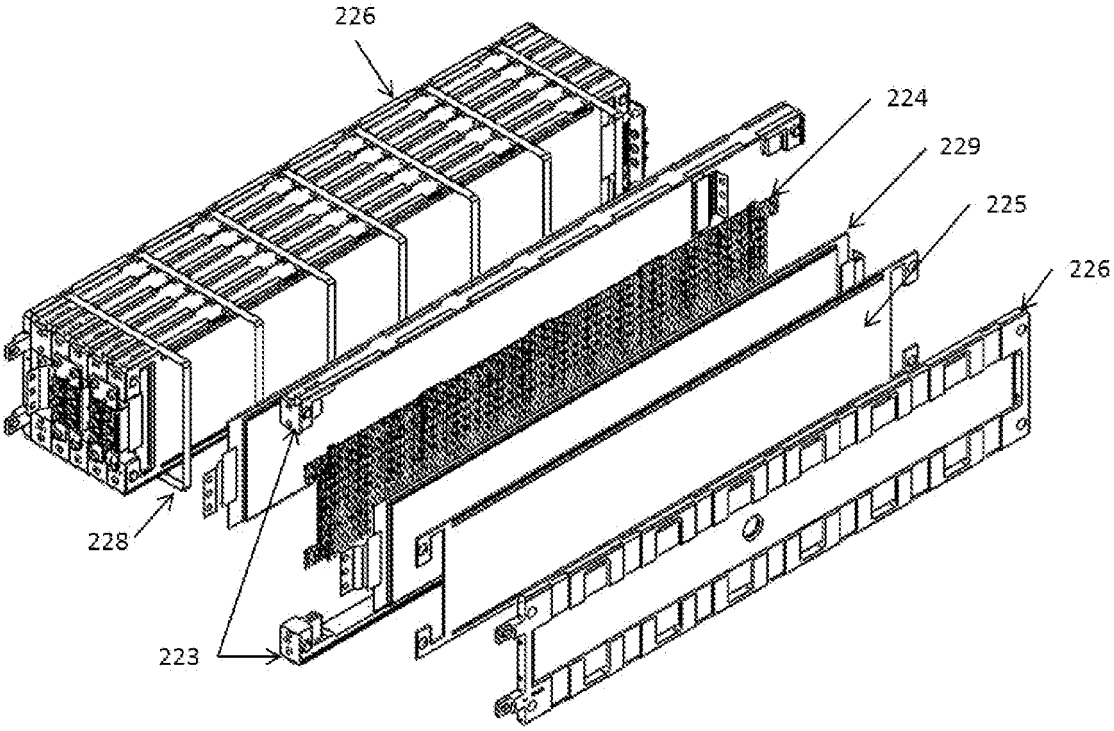
[Fig. 20]



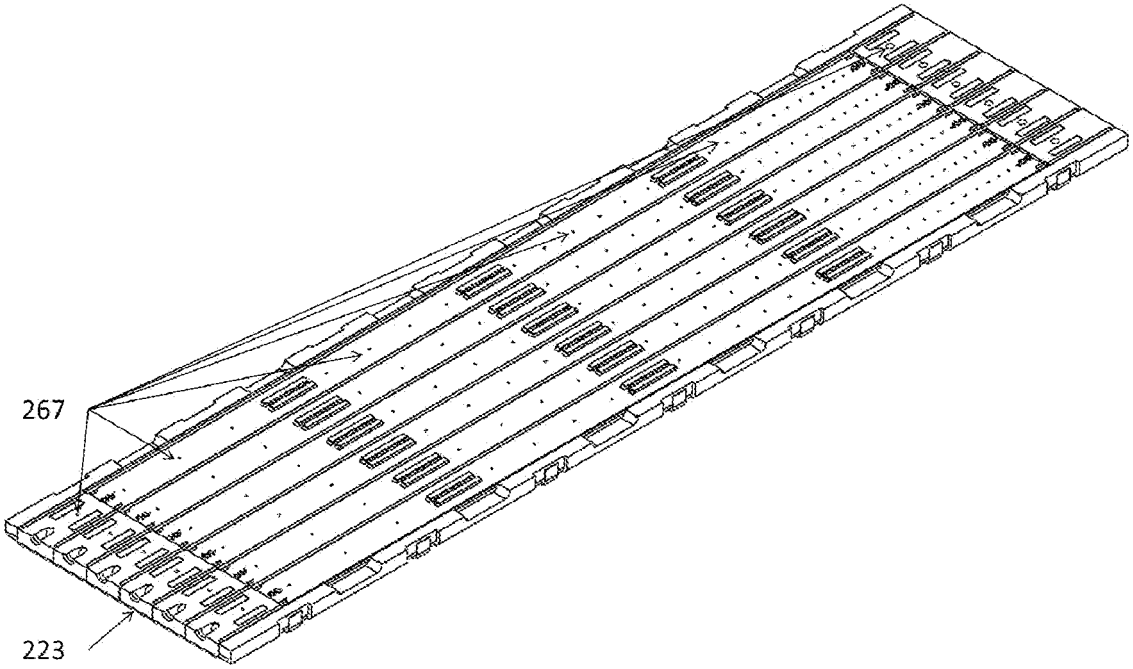
[Fig. 21]



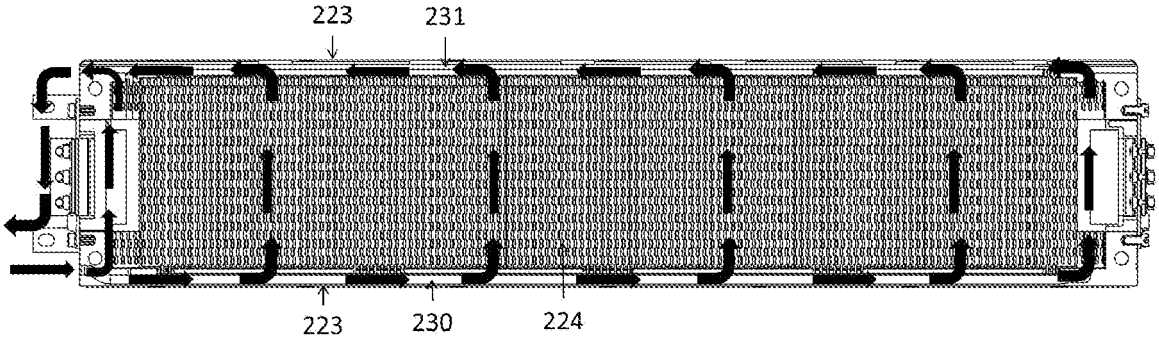
[Fig. 22]



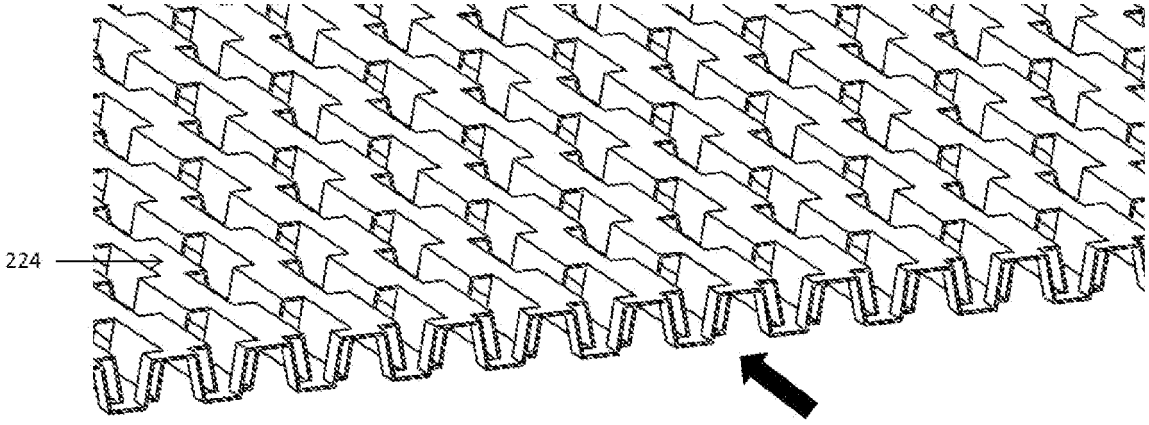
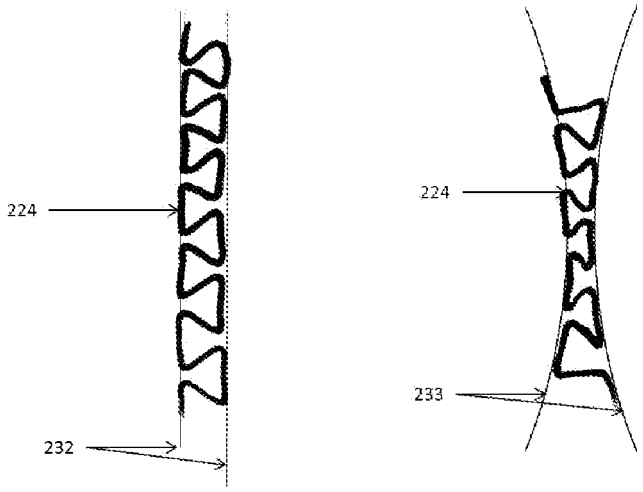
[Fig. 23]



[Fig. 24]



[Fig. 25]



[Fig. 26]