

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public national à caractère scientifique culturel
et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : VULLIEZ Karl, ELIE Manon et MON-
NET Thibault.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public national à caractère scientifique culturel
et professionnel.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

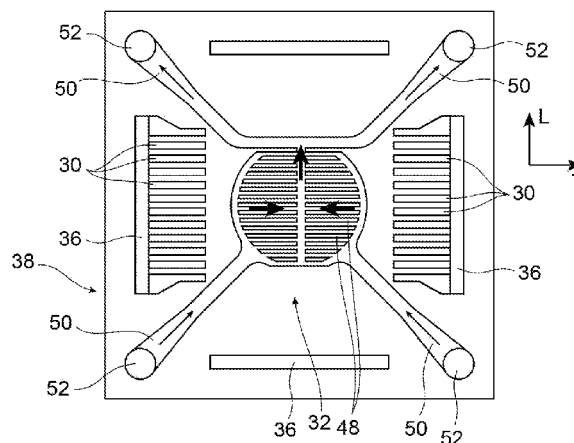
54 Structure d'empilement à oxydes solides à refroidissement amélioré.

57 L'invention concerne une structure d'empilement (10)
à oxydes solides comportant une alternance, selon une di-
rection d'empilement Z de cellules électrochimiques (12)
et de plaques d'interconnexion (14), chaque cellule électrochi-
mique (12) étant formée d'une couche d'électrolyte (18),
d'une couche anodique (20) et d'une couche cathodique
(22) disposées de part et d'autre de la couche d'électrolyte
(18), selon la direction d'empilement Z,

dans laquelle chaque plaque d'interconnexion (14) qui
est située entre deux cellules électrochimiques (12) est en
contact avec la couche anodique (20) d'une cellule électro-
chimique (12) et avec la couche cathodique (22) de l'autre
cellule électrochimique (12),

caractérisée en ce que au moins une plaque d'intercon-
nexion (14) comporte au moins un circuit interne (32) de cir-
culation d'un fluide de régulation de la température des deux
cellules électrochimiques (12) qui sont en contact avec la
plaque d'interconnexion (14).

Figure pour l'abrégé : Figure 10



Description

Titre de l'invention : Structure d'empilement à oxydes solides à refroidissement amélioré

Domaine technique

[0001] L'invention concerne une structure d'empilement à oxydes solides fonctionnant en tant qu'électrolyseur ou en tant que pile à combustible, qui est conçue pour permettre un refroidissement amélioré des modules élémentaires.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Un électrolyseur ou une pile à combustible à oxydes solides, communément désigné par les sigles SOEC pour (Solid Oxide Electrolyzer Cell) ou SOFC (pour Solid Oxide Fuel Cell), est formé d'un assemblage d'un électrolyte avec deux électrodes, qui est enserré entre deux plaques d'interconnexion. L'assemblage est communément appelé "cellule électrochimique" et les plaques d'interconnexion sont communément appelées "interconnecteurs".

[0003] L'électrolyseur, ou la pile à combustible, est ainsi formé d'un empilement de cellules électrochimiques et d'interconnecteurs.

[0004] Les réactions électrochimiques qui se déroulent au cœur des plaques d'interconnecteur sont soit endothermiques soit exothermiques. Ainsi, il est important de maîtriser la température des cellules pour assurer un bon fonctionnement de l'empilement. C'est notamment le cas dans le cadre d'un électrolyseur haute température pour lequel la formation de gradients internes de température doit être évitée.

[0005] Aussi, le développement des systèmes industriels intégrant des électrolyseurs haute température implique une augmentation du volume de gaz traité et par conséquent, une augmentation de la surface et du nombre des cellules et du nombre de plaques d'interconnecteurs.

[0006] Il en résulte que la charge thermique appliquée aux systèmes est augmentée.

[0007] Le document EP-3.171.438 décrit un empilement d'une pluralité de cellules et d'interconnecteurs comportant des moyens de refroidissement dans des plaques d'interconnecteur d'extrémité de l'empilement.

[0008] Ces plaques d'extrémité sont alors plus épaisses pour contenir les moyens permettant de mettre en œuvre le refroidissement.

[0009] Dans le cas d'un assemblage multi-stack, comportant une pluralité de sous-empilements, ou stacks, les moyens de refroidissement sont disposés dans des plaques d'interconnecteur situées aux extrémités de chaque sous-empilement.

[0010] Ainsi, même si le nombre de plaques d'interconnecteur comportant des moyens de refroidissement est augmenté dans le cas d'un assemblage multi-stack, le refroidissement

des cellules situées les plus éloignées des plaques d'extrémité peut être insuffisant malgré tout.

- [0011] L'invention a pour but de proposer un empilement de cellules et de plaques d'interconnecteurs comportant des moyens permettant de refroidir directement les cellules, en tout endroit de l'empilement.

Exposé de l'invention

- [0012] L'invention propose une structure d'empilement à oxydes solides comportant une alternance, selon une direction d'empilement Z de cellules électrochimiques et de plaques d'interconnexion, chaque cellule électrochimique étant formée d'une couche d'électrolyte, d'une couche anodique et d'une couche cathodique disposées de part et d'autre de la couche d'électrolyte, selon la direction d'empilement Z, dans laquelle chaque plaque d'interconnexion qui est située entre deux cellules électrochimiques est en contact avec la couche anodique d'une cellule électrochimique et avec la couche cathodique de l'autre cellule électrochimique, caractérisée en ce que au moins une plaque d'interconnexion comporte au moins un circuit interne de circulation d'un fluide de régulation de la température des deux cellules électrochimiques qui sont en contact avec la plaque d'interconnexion.
- [0013] De préférence, chaque plaque d'interconnexion comporte une plaque anodique qui est en contact avec la couche anodique d'une cellule électrochimique, une plaque cathodique qui est en contact avec la couche cathodique d'une autre cellule électrochimique et une plaque centrale située entre la plaque anodique et la plaque cathodique, et ledit au moins un circuit interne d'une plaque d'interconnexion est formé dans la plaque centrale.
- [0014] De préférence, la plaque centrale comporte en outre des conduits anodiques et des conduits cathodiques d'alimentation de la cellule électrochimique en fluides.
- [0015] De préférence, les conduits anodiques sont formés en creux dans une première face de la plaque centrale, les conduits cathodiques sont formés en creux dans une deuxième face de la plaque centrale et ledit au moins un circuit interne est formé en creux dans l'une ou l'autre de la première face faces ou de la deuxième face de la plaque centrale.
- [0016] De préférence, la plaque centrale comporte une plaque refroidie dans laquelle ledit au moins un circuit interne est formé et deux plaques intermédiaires réparties de part et d'autre de la plaque refroidie dans lesquelles les conduits anodiques et les conduits cathodiques sont formés.
- [0017] De préférence, les conduits anodiques, les conduits cathodiques et ledit au moins un circuit interne consistent chacun en une découpe de la plaque intermédiaire ou de la plaque refroidie.

- [0018] De préférence, la plaque refroidie comporte une ouverture centrale dans laquelle un insert est disposé.
- [0019] De préférence, chaque circuit interne comporte des conduits thermiques, au niveau desquels des transferts de chaleur avec les cellules électrochimiques qui sont en contact avec la plaque d'interconnexion ont lieu, des orifices d'alimentation en fluide et des conduits d'alimentation reliant les orifices aux conduits thermiques.
- [0020] De préférence, les conduits thermiques sont formés dans l'insert et les conduits d'alimentation et les orifices d'alimentation sont formés dans la plaque refroidie.
- [0021] De préférence, les conduits thermiques sont parallèles à une direction longitudinale L, et l'insert est reçu avec jeu dans l'ouverture centrale avec jeu selon la direction longitudinale et sans jeu selon une direction transversale T.
- [0022] De préférence, chaque plaque d'interconnexion comporte deux circuits internes qui sont montés en série et la structure d'empilement comporte une barre d'interconnexion raccordant un orifice d'alimentation d'un circuit interne à un orifice d'alimentation de l'autre circuit interne.
- [0023] De préférence, chaque plaque d'interconnexion comporte deux circuits internes qui sont montés en parallèle.
- [0024] De préférence, tous les orifices d'alimentation qui ont une même fonction sont alignés selon la direction d'empilement Z et sont en outre directement raccordés les uns aux autres.

Brève description des dessins

- [0025] La [Fig.1] est une représentation schématique en perspective d'une structure d'empilement comportant une alternance de cellules électrochimiques et de plaques d'interconnexion.
- [0026] La [Fig.2] est une représentation schématique en détails et en éclaté montrant une cellule électrochimique disposée entre deux plaques d'interconnexion.
- [0027] La [Fig.3] est un éclaté en perspective selon les deux sens par rapport à la direction d'empilement d'une plaque d'interconnexion selon un premier mode de réalisation de l'invention.
- [0028] La [Fig.4] est une vue de dessus et une vue de dessous de la plaque centrale de la plaque d'interconnexion représentée à la [Fig.3].
- [0029] La [Fig.5] est un détail à plus grande échelle montrant de manière schématique les cordons de soudure des plaques constituant la plaque d'interconnexion.
- [0030] La [Fig.6] est un éclaté en perspective d'une plaque d'interconnexion selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
- [0031] La [Fig.7] est une vue en plan montrant la plaque refroidie et l'insert représentés à la [Fig.6].

[0032] La [Fig.8] est une représentation schématique montrant une disposition en série des circuits internes de régulation thermique.

[0033] La [Fig.9] est une représentation schématique montrant une disposition en parallèle des circuits internes de régulation thermique.

[0034] La [Fig.10] est une vue en plan d'un exemple de réalisation selon un autre mode de réalisation permettant de mélanger deux fluides dans le circuit interne de régulation thermique.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE L'INVENTION

[0035] Pour la description de l'invention, on adoptera à titre non limitatif les orientations selon le repère S, L, T indiqué aux figures correspondant respectivement à une direction d'empilement Z, une direction longitudinale L et une direction transversale T.

Description générale d'une structure d'empilement

[0036] On a représenté à la [Fig.1] une structure d'empilement 10 à oxydes solides qui est composée d'une alternance, selon la direction d'empilement Z de cellules électrochimiques 12 et de plaques d'interconnexion 14. La structure d'empilement 10 comporte aussi deux plaques terminales 16 d'extrémité qui sont disposées à chacune des extrémités de la structure d'empilement 10, selon la direction d'empilement Z.

[0037] Comme on peut le voir plus en détails à la [Fig.2], chaque cellule électrochimique 12 comporte une couche d'électrolyte 18, une couche anodique 20 et une couche cathodique 22, la couche anodique 20 et la couche cathodique 22 étant disposées de part et d'autre de la couche d'électrolyte 18, selon la direction d'empilement Z.

[0038] Chaque cellule électrochimique 12 est disposée entre deux plaques d'interconnexion 14 et chaque plaque d'interconnexion 14 est disposée entre deux cellules électrochimiques 12.

[0039] Par conséquent, chaque plaque d'interconnexion 14 comporte une face anodique 24 qui est en contact avec une couche anodique 20 d'une cellule électrochimique 12 et comporte une face cathodique 26 qui est en contact avec une couche cathodique 22 d'une deuxième cellule électrochimique 12 qui est située de l'autre côté de la plaque d'interconnexion 14.

[0040] Les plaques d'interconnexion 14 sont des conducteurs électriques qui assurent un raccordement électrique entre la couche cathodique 22 d'une cellule électrochimique 12 et la couche anodique 20 de l'autre cellule électrochimique 12. Les plaques d'interconnexion 14 permettent ainsi la circulation du courant électrique d'une cellule électrochimique 12 à l'autre.

Description du fonctionnement d'une cellule

[0041] A titre d'exemple non limitatif, on décrira par la suite le fonctionnement de la structure d'empilement 10 en fonctionnement en électrolyse de vapeur d'eau à haute

température (mode SOEC). Selon ce mode de fonctionnement, sous l'action d'une tension électrique, la vapeur d'eau est cassée en hydrogène et en oxygène.

- [0042] Ainsi, pour chaque cellule électrochimique 12, l'oxygène traverse la couche d'électrolyte 18 pour être évacué par la couche anodique 20, l'hydrogène est évacué quant à lui au niveau de la couche cathodique 22.
- [0043] Les plaques d'interconnexion 14 ont aussi pour fonction de permettre la circulation des gaz destinés à réagir dans les cellules électrolytiques 12. Chaque face anodique 24 comporte à cet effet des conduits anodiques 28 et chaque face cathodique 26 comporte des conduits cathodiques 30.
- [0044] Les conduits cathodiques 30 sont ainsi alimentés en vapeur d'eau (H₂O) et il en ressort un mélange entre l'hydrogène produit et le reste de la vapeur d'eau qui n'a pas réagi.
- [0045] Les conduits anodiques 28 sont quant à eux alimentés par un gaz drainant, et il en ressort un mélange entre le gaz drainant et l'oxygène produit.

Structure de base d'une plaque d'interconnexion

- [0046] Comme on peut le voir plus en détails à la [Fig.3], une plaque d'interconnexion 14 est réalisée en trois parties, formant une structure multicouches, à savoir une plaque centrale 38 comportant les conduits anodiques 28 et cathodiques 30, une plaque anodique 40 recouvrant une première face 42 de la plaque centrale 38, sur laquelle les conduits anodiques 28 sont formés, et une plaque cathodique 44, recouvrant une deuxième face 46 de la plaque centrale 38, sur laquelle les conduits cathodiques 30 sont formés.
- [0047] La plaque anodique 40 comprend la face anodique 24 de la plaque d'interconnexion 14, qui vient en contact avec la couche anodique 20 de la cellule électrochimique 12 et la plaque cathodique 44 comprend la face cathodique 26 de la plaque d'interconnexion 14, qui vient en contact avec la couche cathodique 22 de la cellule électrochimique 12.
- [0048] Les conduits anodiques 28 sont formés en creux sur la première face 42 de la plaque centrale et consistent par exemple en des rainures en creux. De manière similaire, les conduits cathodiques 30 sont formés en creux sur la deuxième face 46 de la plaque centrale 38 et consistent en des rainures en creux.
- [0049] La plaque d'interconnexion 14 comporte aussi des ouvertures 36 destinées au raccordement des conduits 28, 30. Les ouvertures 36 sont formées de préférence dans les trois plaques 38, 40, 44 la constituant.
- [0050] Selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif, la plaque d'interconnexion 14 est de forme principale rectangulaire et de préférence carrée dont les bords sont parallèles à la direction longitudinale L ou à la direction transversale T.
- [0051] Chacune des trois plaques 38, 40, 44 comporte ainsi deux ouvertures 36 de raccordement qui sont associées aux conduits anodiques 28. Ces deux ouvertures 36 sont

- parallèles à la direction longitudinale L et chaque ouverture 36 longitudinale est située le long de l'un des deux bords longitudinaux opposés de la plaque d'interconnexion 14.
- [0052] Chacune des trois plaques 38, 40, 44 comporte aussi et deux ouvertures 36 de raccordement qui associées aux conduits cathodiques 30. Ces deux ouvertures 36 sont parallèles à la direction transversale T et chaque ouverture 36 transversale est située le long de l'un des deux bords transversaux opposés de la plaque d'interconnexion 14.
- [0053] Aussi, les dimensions de la plaque d'interconnexion 14, dans le plan de celle-ci, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction d'empilement Z sont supérieures aux dimensions de la cellule électrochimique 12. La cellule électrochimique 12 est disposée au centre de la plaque d'interconnexion, comme on l'a représenté par le quadrilatère Q en pointillés à la [Fig.4].
- [0054] Ici, et selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif, les conduits anodiques 28 s'étendent en ligne droite et selon la direction transversale T depuis une ouverture 36 longitudinale jusqu'à la cellule électrochimique 12 et les conduits cathodiques 30 s'étendent en ligne droite et selon la direction longitudinale L depuis une ouverture 36 transversale jusqu'à la cellule électrochimique 12.
- [0055] La plaque anodique 40 et la plaque cathodique 44 sont solidarisées à la première face 42 et à la deuxième face 46 de la plaque centrale 38, respectivement, par exemple par soudage de manière à fermer les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30 à leur ouverture selon la direction d'empilement et ainsi isoler de manière étanche chaque conduit 28, 30.
- [0056] Principe général de l'invention : plaque d'interconnexion refroidie
- [0057] Que la structure d'empilement 10 fonctionne en tant qu'électrolyseur ou en tant que pile à combustible, une gestion de la température des cellules électrochimiques 12 est importantes.
- [0058] A cet effet, au moins une plaque d'interconnexion 14, et de préférence chaque plaque d'interconnexion 14 comporte, en plus des conduits anodiques 28 et des conduits cathodiques 30 au moins un circuit interne 32 de circulation d'un fluide de régulation de la température des deux cellules électrochimiques 12 qui sont en contact avec la plaque d'interconnexion 14.
- [0059] De préférence, la plaque d'interconnexion 14 comporte deux circuits internes 32 de régulation de température, à savoir un circuit interne de refroidissement et un circuit interne 32 de chauffage. Selon une variante de réalisation, la plaque d'interconnexion 14 comporte un seul circuit interne 32 de régulation de température, qui est apte à être utilisé pour le chauffage ou le refroidissement des cellules électrochimiques 12.
- [0060] Chacun de ces circuits internes 32 est isolé des conduits anodiques 28 et des conduits cathodiques 30 afin d'éviter tout mélange des différents fluides.
- [0061] Dans la description qui va suivre, on fera référence à une plaque d'interconnexion

comportant deux circuits internes 32 de régulation de température. Il sera compris que la variante de réalisation selon laquelle la plaque d'interconnexion 14 comporte un seul circuit interne 32 de régulation de température pourra être déduit par similarité.

- [0062] Comme on peut le voir plus en détail à la [Fig.4], chaque circuit interne 32 de régulation de température comporte des conduits thermiques 48 au niveau desquels les transferts de chaleur entre la plaque d'interconnexion 14 et les cellules électrochimiques 12 ont lieu. Ces conduits thermiques 48 s'étendent dans une zone correspondant géométriquement à la cellule électrochimique 12 pour être situés, selon la direction d'empilement Z, au niveau de la cellule électrochimique 12. Comme on peut le voir à la [Fig.4], les conduits thermiques 48 sont inclus dans le quadrilatère Q en pointillés correspondant à la cellule électrochimique 12.
- [0063] Chaque circuit interne 32 de régulation de température comporte aussi des conduits d'alimentation 50 par lesquels le fluide de régulation thermique est amené vers les conduits thermiques 48 ou en ressort.
- [0064] Enfin, la plaque d'interconnexion comporte des orifices d'alimentation 52 en fluide de régulation thermique auxquels les conduits d'alimentation 50 des circuits internes 32 sont connectés.
- [0065] Ici, les orifices d'alimentation 52 sont disposés à chaque coin de la plaque d'interconnexion 14 et est de forme circulaire. Cette disposition permet d'adapter le raccordement de la plaque d'interconnexion 14 en fluide de régulation thermique sans avoir à modifier la disposition ou la forme des ouvertures de raccordement 36 associées aux conduits anodiques 28 et aux conduits cathodiques 30. Il sera compris que ce mode de réalisation n'est pas limitatif et qu'une autre forme ou une autre disposition des orifices d'alimentation 52 est possible.
- [0066] Les circuits internes 32 de régulation thermique sont ainsi conçus pour ne pas réduire l'efficacité de l'alimentation de la cellule électrochimique en éléments nécessaires à son fonctionnement par les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30.

Plaque centrale en une seule pièce

- [0067] Comme on peut le voir aux figures 3 et 4, selon le premier mode de réalisation, la plaque centrale 38 de la plaque d'interconnexion 14 consiste en une plaque unique sur laquelle les conduits anodiques 28, les conduits cathodiques 30 et les circuits internes 32 de régulation de température sont formés.
- [0068] Comme on l'a décrit précédemment, les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30 sont formés en creux dans la première face 42 ou la deuxième face 46 de la plaque centrale 38.
- [0069] Les circuits internes 32 de régulation de température sont eux aussi formés en creux sur l'une ou l'autre de la première face faces 42 ou la deuxième face 46 de la plaque centrale 38, ici sur la deuxième face 46 de la plaque centrale 38.

- [0070] Un avantage de ce mode de réalisation réside dans le fait que la fabrication la plaque centrale 38 ne nécessite qu'une étape d'usinage supplémentaire par rapport à une plaque centrale 38 ne comportant pas de circuit interne 32 de régulation de température.
- [0071] A titre d'exemple non limitatif, l'épaisseur de la plaque centrale 38 est comprise entre 0.4 et 1 mm.
- [0072] Les différents conduits 28, 30, 50, 52 sont formés par des procédés mécaniques de type fraisage, électroérosion, dépôt en fabrication additive, ou collage d'une plaque pré-usinée.
- [0073] La profondeur des conduits 28, 30, 50, 52 est de préférence inférieure à la moitié de l'épaisseur de la plaque centrale 38.
- [0074] Comme indiqué précédemment, la solidarisation de la plaque anodique 40 et de la plaque cathodique 44 avec la plaque centrale 38 est réalisée pour isoler de manière étanche les conduits anodiques 28, les conduits cathodiques 30 et le circuit interne 32 de régulation de température, formant ainsi des chambres indépendantes. Cette solidarisation est préférentiellement réalisée par soudage de la plaque 40, 44 avec la plaque centrale 38.
- [0075] Comme on peut le voir à la [Fig.5], un cordon de soudure continu 54 et étanche est formé autour de chaque chambre constituant les conduits anodiques 28, les conduits cathodiques 30 et le circuit interne 32 de régulation de température.
- [0076] Des cordons de soudure discontinus 56 peuvent être formés entre les conduits d'une de ces chambres. Ces cordons de soudure discontinus 56 ont principalement pour fonction d'assurer une tenue mécanique de l'assemblage des plaques 38, 40, 44 ensemble.

Plaque centrale en plusieurs pièces

- [0077] On a représenté aux [Fig.6] est 7 un deuxième mode de réalisation d'une plaque d'interconnexion 14 comportant un circuit interne 32 de régulation thermique.
- [0078] Selon ce deuxième mode de réalisation, la plaque d'interconnexion 14 comporte une plaque anodique 40 et une plaque cathodique 44 similaires à celles du mode de réalisation décrit précédemment. La plaque d'interconnexion 14 comporte aussi une plaque centrale 38 qui est ici réalisée en plusieurs composants superposés selon la direction d'empilement Z.
- [0079] La plaque centrale 38 est ainsi elle-même composée de deux plaques intermédiaires 58 disposées de part et d'autre d'une plaque refroidie 60.
- [0080] Les plaques intermédiaires 58 sont sensiblement identiques l'une à l'autre et elles comportent toutes les deux des conduits anodiques 28 et des conduits cathodiques 30. Les conduits anodiques 28 ou les conduits cathodiques 30 d'une plaque intermédiaire 58 sont aptes à être raccordés ou non à un circuit de fluide.

- [0081] L'utilisation de plaques intermédiaires 58 identiques permet de réduire le nombre de références de pièces à utiliser et aussi simplifier l'assemblage de la plaque d'interconnexion 14 et donc de la structure d'empilement 10.
- [0082] De préférence, les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30 consistent en des encoches formées dans chaque plaque intermédiaire 58, c'est-à-dire qu'ils sont ouverts au niveau de chaque face de la plaque intermédiaire 58. Les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30 sont de préférence délimités, selon la direction d'empilement Z par la plaque anodique 40 ou la plaque cathodique 44 d'une part et par la plaque refroidie 60 d'autre part.
- [0083] Des cordons de soudure continus 54 et, le cas échéant des cordons de soudure discontinus 56 tels que décrits précédemment permettent de fermer de manière étanche les conduits anodiques 28 et les conduits cathodiques 30.
- [0084] La plaque refroidie 60 comporte une ouverture centrale 62, des conduits d'alimentation 50 qui permettent l'acheminement du fluide de de régulation thermique jusqu'à l'ouverture centrale 62, et des orifices d'alimentation 52. De manière similaire au premier mode de réalisation, chaque orifice d'alimentation 52 est situé au niveau d'un coin de la plaque refroidie 60 et chaque conduit d'alimentation 50 s'étend depuis un orifice d'alimentation 52 qui lui est associé jusqu'à l'ouverture centrale 62.
- [0085] De manière similaire aux plaques intermédiaires 58, l'ouverture centrale 62, les conduits d'alimentation 50 et les orifices d'alimentation 52 sont formés par découpe dans la plaque refroidie 50, c'est-à-dire qu'ils sont ouverts au niveau de chaque face de la plaque refroidie 50. Lorsque la plaque centrale 38 est assemblée, l'ouverture centrale 62, les conduits d'alimentation 50 et les orifices d'alimentation 52 sont délimités, selon la direction d'empilement Z par les deux plaques intermédiaires 58 qui sont fixées de part et d'autre de la plaque refroidie 60.
- [0086] Selon le mode de réalisation représenté, l'ouverture centrale 62 reçoit un insert 64, représenté à la [Fig.7], dans lequel les conduits thermiques 48 sont formés. Les dimensions de l'insert 64 et de l'ouverture centrale 62 sont définis pour permettre une alimentation de l'insert 64 en fluide de régulation thermique, c'est-à-dire que l'insert 64 est reçu dans l'ouverture centrale 62 avec un jeu de part et d'autre selon la direction longitudinale L des conduits thermiques 48 et l'insert 64 est reçu sans jeu dans l'ouverture selon la direction transversale T.

Exemples d'application

- [0087] Quel que soit le mode de réalisation de la plaque centrale 38, en une seule pièce ou en plusieurs plaques, il sera compris que la structure des conduits thermiques 48 et en particulier l'agencement des circuits internes 32 d'une même plaque d'interconnexion 14 les uns par rapport aux autres et/ou par rapport aux circuits internes 32 des autres plaques d'interconnexion 14 peut avoir différents modes de réalisation sans sortir de

l'invention.

Montage en série

[0088] Selon un premier exemple représenté à la [Fig.8], les circuits internes 32 de chaque plaque d'interconnexion 14 sont montés en série. Ainsi, comme on peut le voir par les flèches sur cette figure, le fluide de régulation thermique entre dans une plaque d'interconnexion 14 par un premier orifice d'alimentation 52, traverse un premier circuit interne 32, ressort par un deuxième orifice d'alimentation pour entrer de nouveau dans la même plaque d'interconnexion 14 par un troisième orifice d'alimentation 52, alimente le deuxième circuit interne 32 et sort de la plaque d'interconnexion 14 par un quatrième orifice d'alimentation 52.

[0089] Pour permettre un raccordement en série des circuits internes 32, le deuxième orifice d'alimentation 52 d'un circuit interne (32) est raccordé au troisième orifice d'alimentation 52 de l'autre circuit interne (32) une barre d'interconnexion 68.

Montage en parallèle

[0090] Selon un deuxième aspect représenté à la [Fig.9], les circuits internes 32 de chaque plaque d'interconnexion 14 sont montés en parallèles. Ainsi, comme on peut le voir par les flèches sur cette figure, le fluide de régulation thermique entre dans une plaque d'interconnexion 14 par un premier orifice d'alimentation 52, traverse un premier circuit interne 32 et ressort par un deuxième orifice d'alimentation 52. De même, le même fluide ou un autre fluide entre dans la même plaque d'interconnexion 14 par un quatrième orifice d'alimentation 52, alimente le deuxième circuit interne 32 et sort de la plaque d'interconnexion 14 par le troisième orifice d'alimentation 52.

[0091] Ici aussi, tous les premiers orifices d'alimentation 52 de toutes les plaques d'interconnexion 14 sont alignés selon la direction d'empilement Z et sont raccordés les uns aux autres. Il en est de même pour les deuxièmes, troisièmes et quatrièmes orifices d'alimentation 52.

[0092] Selon ce deuxième aspect, les circuits internes 32 associés aux premiers orifices d'alimentation 52 et aux deuxièmes orifices d'alimentation 52 sont indépendants des circuits internes 32 associés aux troisièmes orifices d'alimentation 52 et aux quatrièmes orifices d'alimentation 52.

[0093] Ce deuxième aspect permet de former deux circuits de fluides de régulation thermique indépendants l'un de l'autre.

[0094] Il est ainsi possible de faire circuler un premier fluide destiné par exemple au refroidissement des cellules électrochimiques dans un premier de ces deux circuits et un deuxième fluide destiné par exemple au chauffage des cellules électrochimiques dans l'autre de ces deux circuits.

Montage pour un mélange de fluides

- [0095] On a représenté à la [Fig.10] un autre exemple de mise en œuvre de l'invention dans lequel les conduits thermiques 48 sont regroupés en un seul circuit interne 32. Ce circuit interne 32 est alimenté par deux fluides différents, ici, un fluide alimenté par le premier orifice d'alimentation 52 et un fluide alimenté par le quatrième orifice d'alimentation 52.
- [0096] Ces deux fluides se mélangent dans le circuit interne 32 et réagissent chimiquement en se mélangeant pour produire une réaction exothermique ou endothermique. Le produit de cette réaction chimique est évacué par les deux autres orifices d'alimentation 52.
- [0097] Selon encore un autre aspect de la structure d'empilement 10, les plaques d'interconnexion 14 sont disposées parallèlement les unes aux autres et sont alignées selon la direction d'empilement Z. De préférence, elles ont toutes la même orientation dans cet empilement, pour que tous les orifices d'alimentation 52 qui ont une même fonction soient alignés selon la direction d'empilement Z et pour qu'ils soient en outre directement raccordés les uns aux autres.
- [0098] Ainsi, comme on peut le voir aux figures 8 et 9, tous les premiers orifices d'alimentation 52 de toutes les plaques d'interconnexion 14 sont alignés selon la direction d'empilement Z et sont raccordés les uns aux autres. Il en est de même pour les deuxièmes, troisièmes et quatrièmes orifices d'alimentation 52.
- [0099] En outre, comme on l'a représenté à la [Fig.8], dans le cas d'un montage en série des conduits internes 32, l'ensemble formé par tous les deuxièmes orifices d'alimentation 52 est raccordé à l'ensemble formé par les troisièmes orifices d'alimentation 52 par une barre d'interconnexion 68 unique.

Revendications

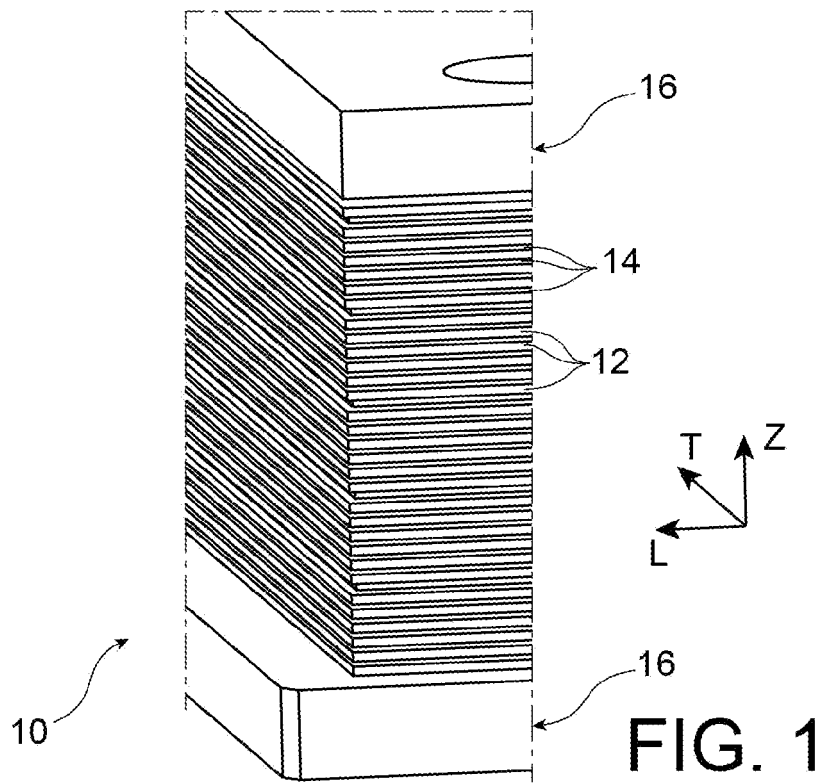
- [Revendication 1] Structure d'empilement (10) à oxydes solides comportant une alternance, selon une direction d'empilement Z, de cellules électrochimiques (12) et de plaques d'interconnexion (14), chaque cellule électrochimique (12) étant formée d'une couche d'électrolyte (18), d'une couche anodique (20) et d'une couche cathodique (22) disposées de part et d'autre de la couche d'électrolyte (18), selon la direction d'empilement Z,
- dans laquelle chaque plaque d'interconnexion (14) qui est située entre deux cellules électrochimiques (12) est en contact avec la couche anodique (20) d'une cellule électrochimique (12) et avec la couche cathodique (22) de l'autre cellule électrochimique (12),
- caractérisée en ce que au moins une plaque d'interconnexion (14) comporte au moins un circuit interne (32) de circulation d'un fluide de régulation de la température des deux cellules électrochimiques (12) qui sont en contact avec la plaque d'interconnexion (14).
- [Revendication 2] Structure d'empilement (10) selon la revendication 1, dans laquelle chaque plaque d'interconnexion (14) comporte une plaque anodique (40) qui est en contact avec la couche anodique (20) d'une cellule électrochimique (12), une plaque cathodique (44) qui est en contact avec la couche cathodique (22) d'une autre cellule électrochimique et une plaque centrale (38) située entre la plaque anodique (40) et la plaque cathodique (44),
- caractérisée en ce que ledit au moins un circuit interne (32) d'une plaque d'interconnexion (14) est formé dans la plaque centrale (38).
- [Revendication 3] Structure d'empilement (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la plaque centrale (38) comporte en outre des conduits anodiques (28) et des conduits cathodiques (30) d'alimentation de la cellule électrochimique (12) en fluides.
- [Revendication 4] Structure d'empilement (10) selon la revendication 3, caractérisée en ce que les conduits anodiques (28) sont formés en creux dans une première face (42) de la plaque centrale (38), les conduits cathodiques (30) sont formés en creux dans une deuxième face (46) de la plaque centrale (38) et ledit au moins un circuit interne (32) est formé en creux dans l'une ou l'autre de la première face faces (42) ou de la deuxième face (46) de la plaque centrale (38).
- [Revendication 5] Structure d'empilement (10) selon la revendication 3, caractérisée en ce

que la plaque centrale comporte une plaque refroidie (60) dans laquelle ledit au moins un circuit interne (32) est formé et deux plaques intermédiaires (58) réparties de part et d'autre de la plaque refroidie (60) dans lesquelles les conduits anodiques (28) et les conduits cathodiques (30) sont formés.

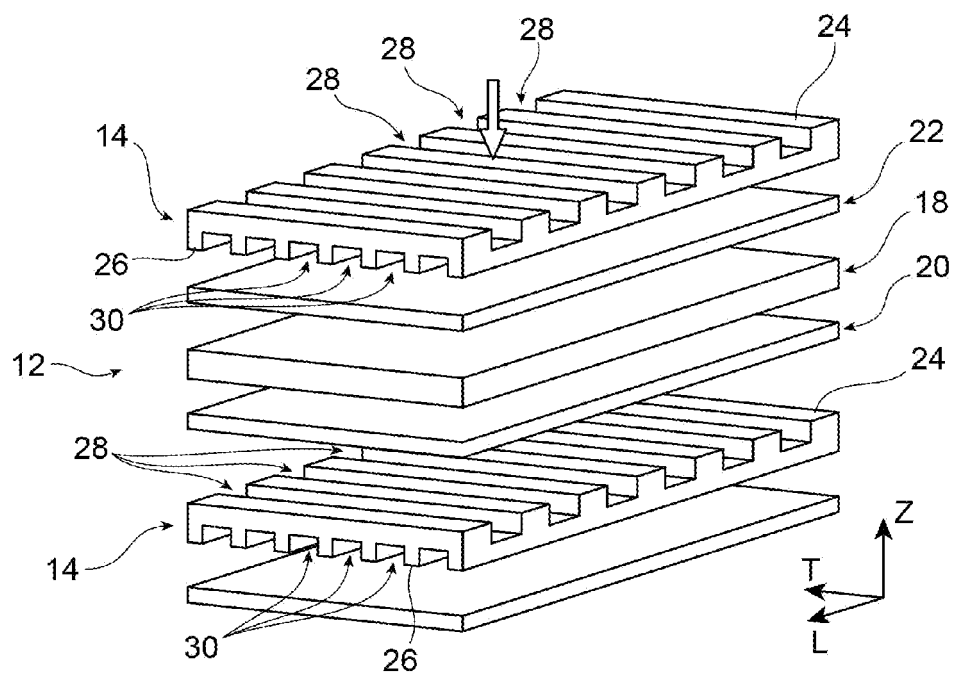
- [Revendication 6] Structure d'empilement (10) selon la revendication 5, caractérisée en ce que les conduits anodiques (28), les conduits cathodiques (30) et ledit au moins un circuit interne (32) consistent chacun en une découpe de la plaque intermédiaire (58) ou de la plaque refroidie (60).
- [Revendication 7] Structure d'empilement (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la plaque refroidie (60) comporte une ouverture centrale (62) dans laquelle un insert (64) est disposé.
- [Revendication 8] Structure d'empilement (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque circuit interne (32) comporte des conduits thermiques (48), au niveau desquels des transferts de chaleur avec les cellules électrochimiques (12) qui sont en contact avec la plaque d'interconnexion (14) ont lieu, des orifices (52) d'alimentation en fluide et des conduits d'alimentation (50) reliant les orifices (52) aux conduits thermiques (48).
- [Revendication 9] Structure d'empilement (10) selon la revendication 8, en combinaison avec la revendication 7, caractérisée en ce que les conduits thermiques (48) sont formés dans l'insert (64) et les conduits d'alimentation (50) et les orifices d'alimentation (52) sont formés dans la plaque refroidie (60).
- [Revendication 10] Structure d'empilement (10) selon la revendication 9, caractérisée en ce que les conduits thermiques (48) sont parallèles à une direction longitudinale L, et en ce que l'insert est reçu avec jeu dans l'ouverture centrale (62) avec jeu selon la direction longitudinale et sans jeu selon une direction transversale T.
- [Revendication 11] 11. Structure d'empilement (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque plaque d'interconnexion (14) comporte deux circuits internes (32) qui sont montés en série et en ce que la structure d'empilement comporte une barre d'interconnexion (68) raccordant un orifice d'alimentation (52) d'un circuit interne (32) à un orifice d'alimentation (52) de l'autre circuit interne (32).
- [Revendication 12] 12. Structure d'empilement (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que chaque plaque d'interconnexion (14) comporte deux circuits internes (32) qui sont montés en parallèle.

[Revendication 13] Structure d'empilement (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que tous les orifices d'alimentation (52) qui ont une même fonction sont alignés selon la direction d'empilement Z et sont en outre directement raccordés les uns aux autres.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

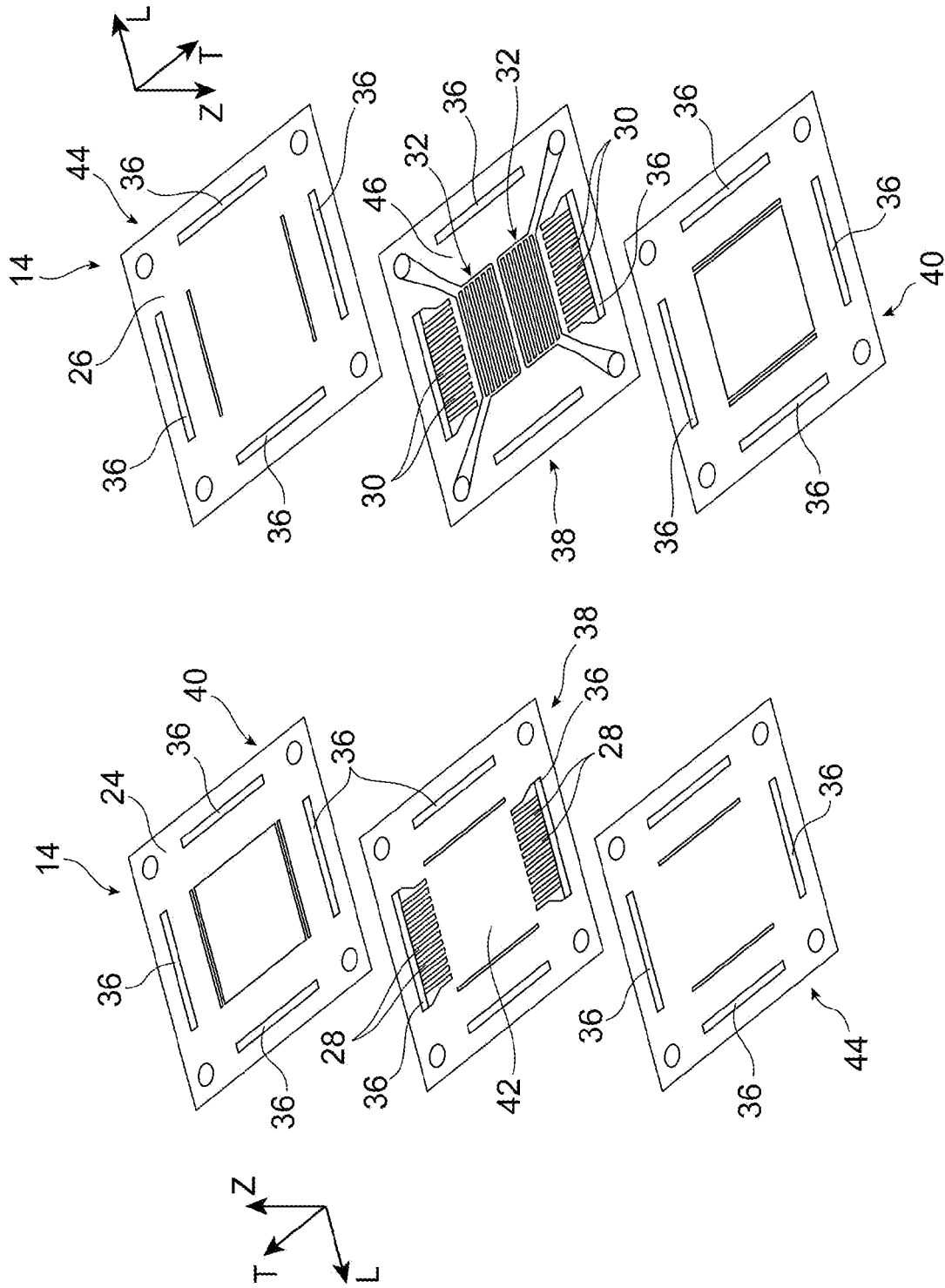


FIG. 3

[Fig. 4]

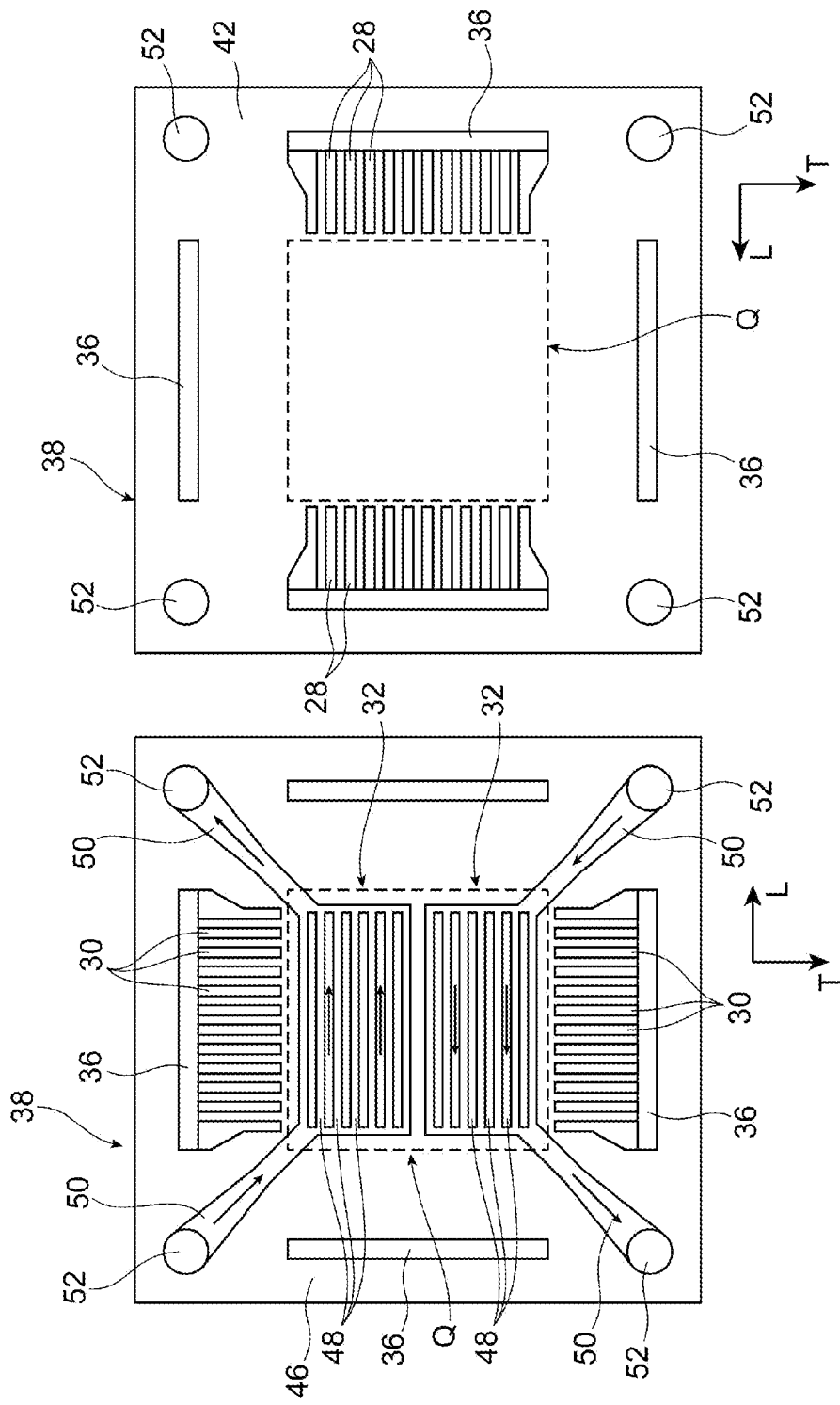


FIG. 4

[Fig. 5]

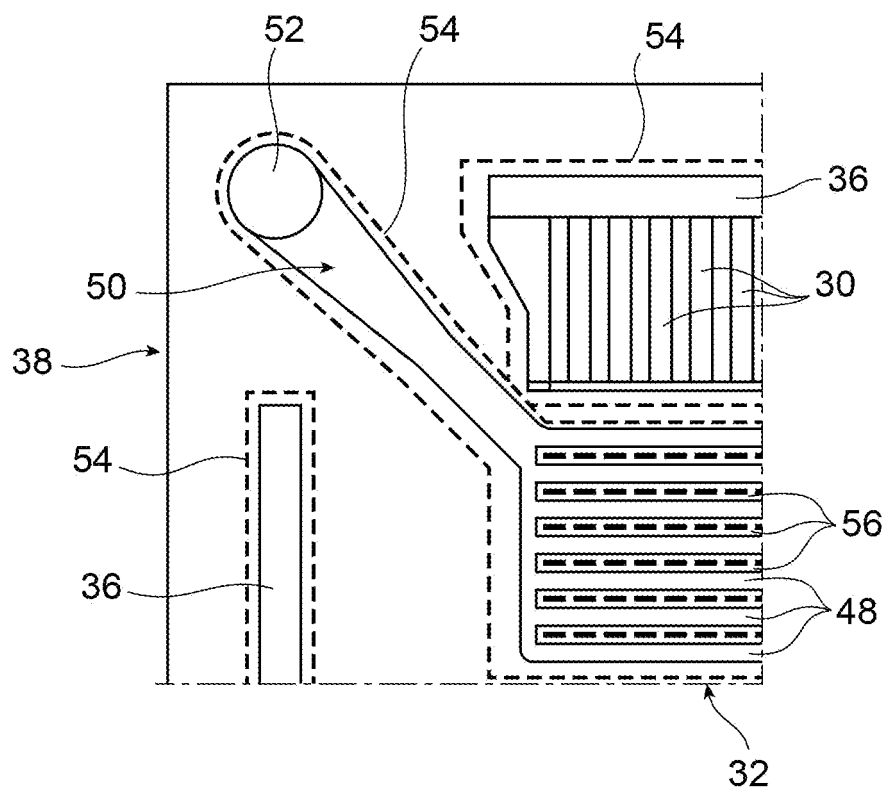


FIG. 5

[Fig. 6]

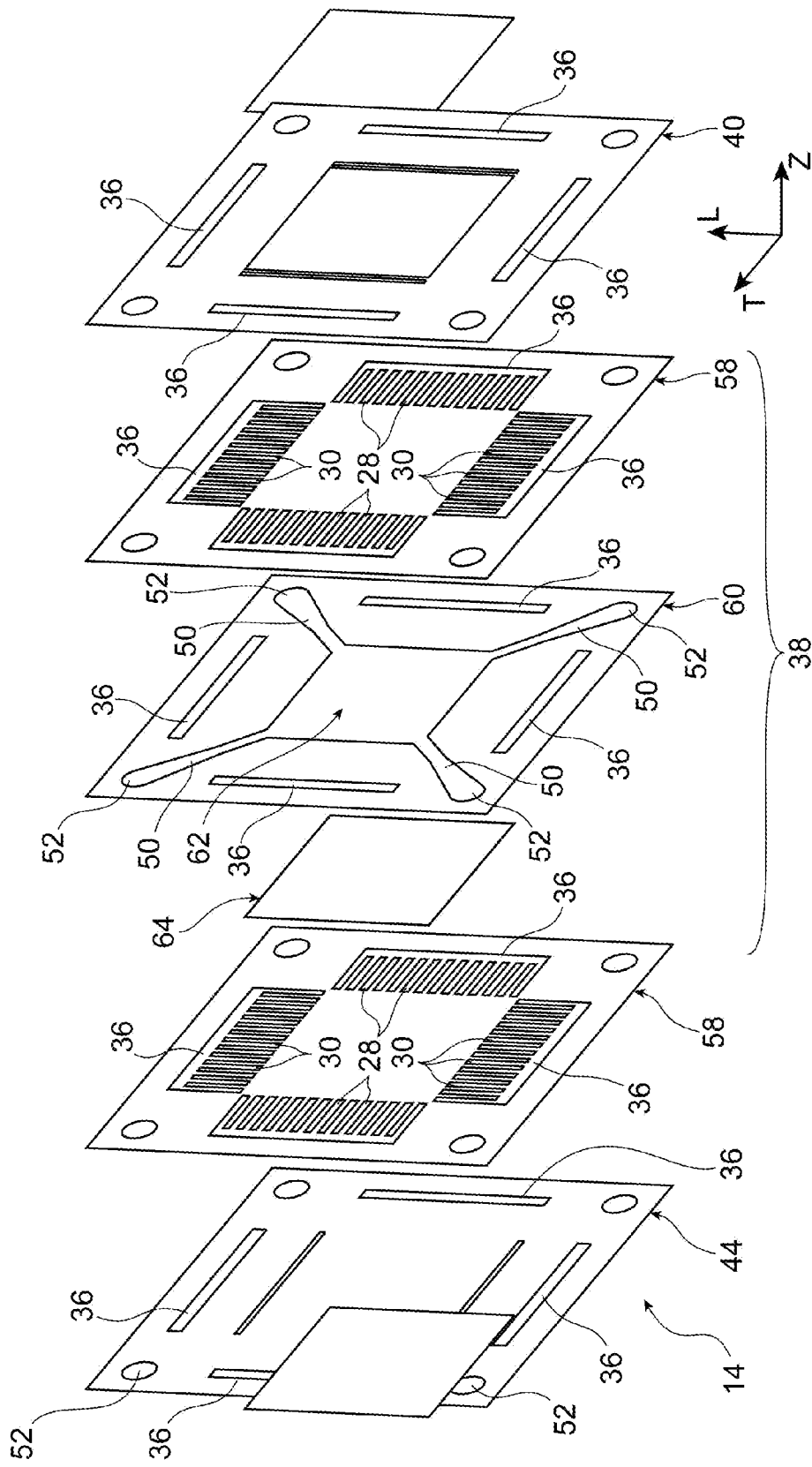


FIG. 6

[Fig. 7]

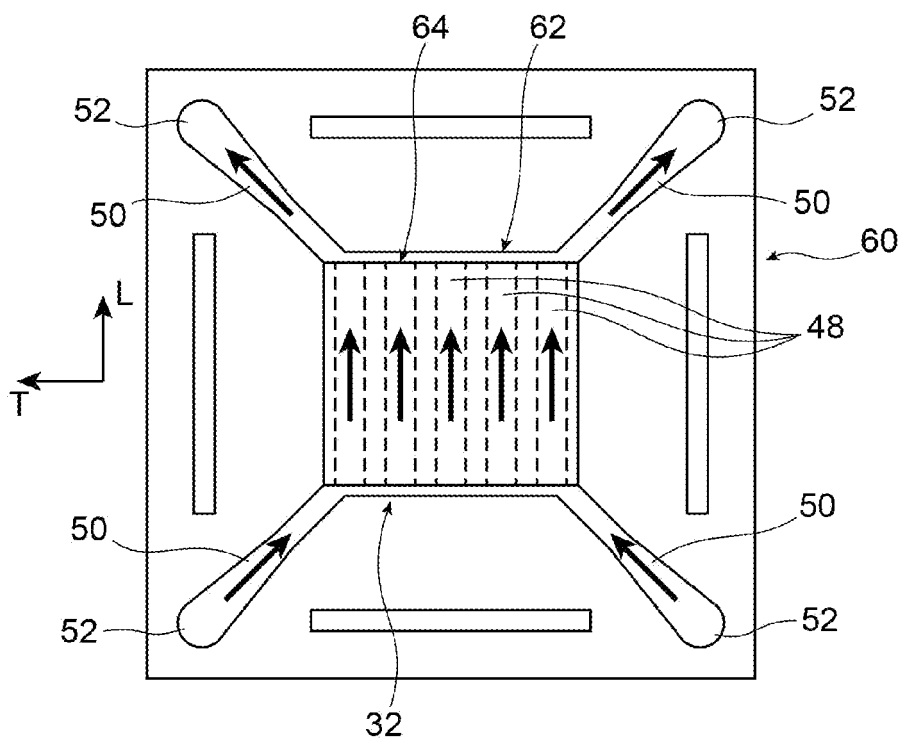


FIG. 7

[Fig. 8]

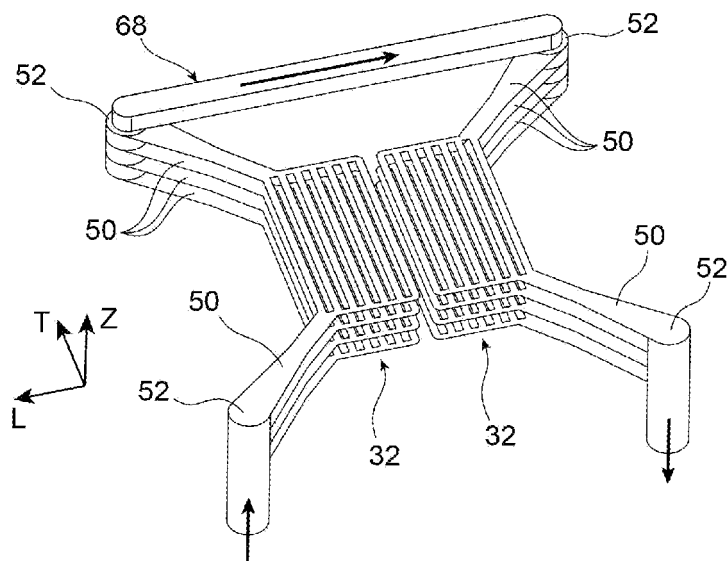


FIG. 8

[Fig. 9]

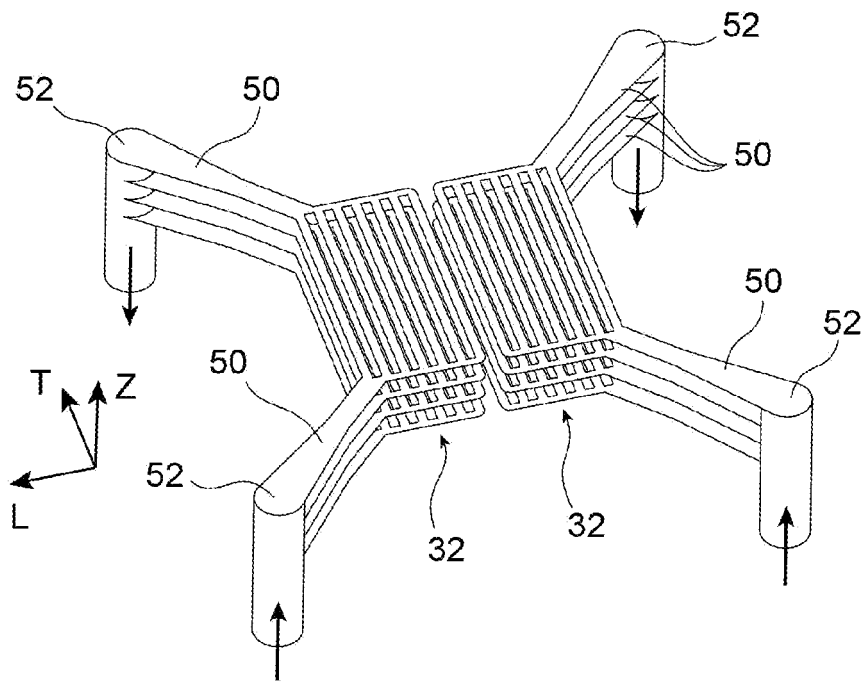


FIG. 9

[Fig. 10]

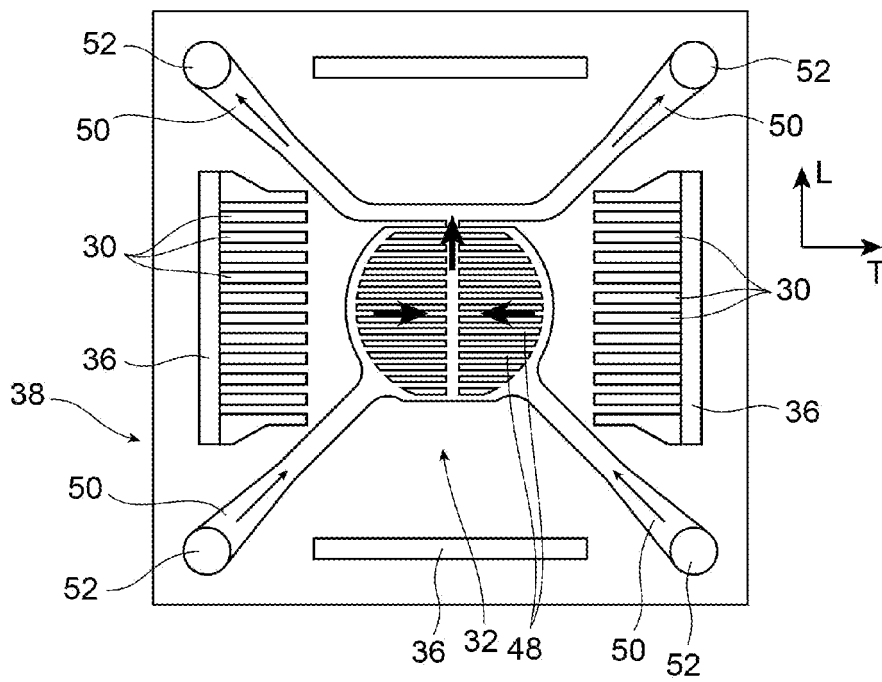


FIG. 10

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 917805
FR 2303755

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2010/323270 A1 (SHIBATA KAZUNORI [JP] ET AL) 23 décembre 2010 (2010-12-23) * figures 6-9 * * alinéas [0093] - [0105] * -----	1-13	H01M 8/0267 H01M 8/12 H01M 8/24
X	CN 104 900 886 B (JIANGSU LYUYAO FUEL CELL SYSTEM MFG CO LTD) 26 septembre 2017 (2017-09-26) * figures 4,5 * * revendication 1 * * alinéa [0002] * -----	1-13	
X	CN 113 937 327 A (WEISHI ENERGY TECH CO LTD) 14 janvier 2022 (2022-01-14) * figure 1 * * alinéa [0023] * -----	1-10,13 11,12	
X	US 4 678 724 A (MCELROY JAMES F [US]) 7 juillet 1987 (1987-07-07) * figure 3 * * revendication 1 * * colonne 4, lignes 10-41 * -----	1,8, 11-13 2-7,9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	EP 1 830 426 A1 (BEHR GMBH & CO KG [DE]) 5 septembre 2007 (2007-09-05) * figures 1,3A-3C * * revendication 1 * -----	1,8, 11-13 2-7,9,10	H01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 octobre 2023		Haering, Christian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2303755 FA 917805**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-10-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010323270 A1	23-12-2010	CA 2678594 A1	04-09-2008
		CN 101632190 A	20-01-2010
		DE 112008000538 T5	07-01-2010
		JP 2008243788 A	09-10-2008
		US 2010323270 A1	23-12-2010
CN 104900886 B	26-09-2017	AUCUN	
CN 113937327 A	14-01-2022	AUCUN	
US 4678724 A	07-07-1987	AUCUN	
EP 1830426 A1	05-09-2007	AT 429716 T	15-05-2009
		DE 102006009844 A1	06-09-2007
		EP 1830426 A1	05-09-2007