



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **719 745 A1**

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(51) Int. Cl.: **H01P 1/20** (2006.01)
H01P 3/12 (2006.01)
H01P 11/00 (2006.01)
B33Y 80/00 (2015.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000673/2022

(71) Requérant:
SWISSto12 SA, Avenue de Baumette 19
1020 Renens (CH)

(22) Date de dépôt: 02.06.2022

(72) Inventeur(s):
Esteban Menargues Gomez, 1028 Préverenges (CH)
Santiago Capdevila Cascante, 1020 Renens (CH)
Stefano Sirci, 1018 Lausanne (CH)

(43) Demande publiée: 15.12.2023

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Filtre à guide d'ondes en peigne à résonateurs omnidirectionnels.**

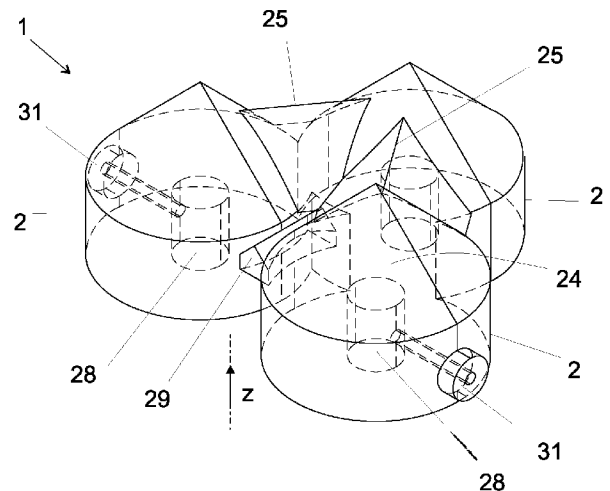
(57) La présente invention concerne un filtre à guide d'ondes(1)en peigne obtenu par fabrication additive de métal, comprenant au moins deux résonateurs (2) reliés entre eux par des iris principaux (24),

chaque résonateur comprenant une cavité munie d'un premier axe,

chaque cavité étant délimitée notamment par une base plane s'étendant perpendiculairement au premier axe z,

caractérisé en ce que chaque cavité est en outre délimitée par un toit convergeant vers un unique point.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un filtre à guide d'ondes en peigne tel que décrit, le procédé comprenant la fabrication additive des au moins deux résonateurs et des iris principaux reliant les résonateurs.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un filtre à guide d'ondes en peigne à résonateurs omnidirectionnels obtenu par fabrication additive.

Etat de la technique

[0002] Les signaux radiofréquence (RF) peuvent se propager soit dans un espace libre, soit dans des dispositifs guide d'onde.

[0003] Un exemple d'un tel guide d'ondes conventionnel est décrit dans la demande de brevet WO2017208153 dont le contenu est incorporé par référence. Il est constitué par un dispositif creux, dont la forme et les proportions déterminent les caractéristiques de propagation pour une longueur d'onde donnée du signal électromagnétique. La section du canal interne de ce dispositif est rectangulaire. D'autres sections de canaux sont suggérées dans ce document, y compris des formes circulaires.

[0004] Le guide d'ondes de cet art antérieur comporte une âme réalisée par fabrication additive en superposant des couches les unes sur les autres. Cette âme délimite un canal interne destiné au guidage d'ondes, et dont la section est déterminée selon la fréquence du signal électromagnétique à transmettre. La surface interne de l'âme est recouverte d'une couche métallique conductrice. La surface externe peut aussi être recouverte d'une couche métallique conductrice qui contribue notamment à la rigidité du dispositif.

[0005] Les dispositifs à guide d'onde sont utilisés pour canaliser les signaux RF ou pour les manipuler dans le domaine spatial ou fréquentiel, par exemple afin de former un filtre à guide d'onde. La présente invention concerne en particulier les filtres à guide d'onde passifs qui permettent de filtrer des signaux radiofréquence sans utiliser de composants électroniques actifs.

[0006] Les filtres à guides d'onde classiques utilisés pour les signaux radiofréquence ont généralement des ouvertures internes de section rectangulaire ou circulaire. Le but premier de ces filtres est de supprimer les fréquences indésirables et de faire passer les fréquences désirées avec un minimum d'atténuation. Des atténuations supérieures à 100dB ou même 120dB peuvent être requises pour des filtres destinés à des système de réception et/ou d'émission dans le domaine spatial par exemple.

[0007] Des applications spatiales ou pour l'aéronautique notamment requièrent par ailleurs des filtres à guide d'ondes compacts et légers. Par conséquent, des efforts de recherche importants ont été menés afin de proposer des géométrie de filtres à guide d'onde qui permettent de satisfaire ces différents objectifs.

[0008] Des filtres en mode évanescent („evanescent mode filters“), ou filtres à guide d'onde en peigne („combline filters“), sont par exemple connus. Ils sont essentiellement composés de plusieurs cavités de petite dimension (-en-dessous de la dimension correspondant à la fréquence de coupure) qui transmettent l'énergie électromagnétiques entre un port de d'entrée et un port de sortie. Les cavités successives sont reliées entre elles par des iris dont les dimensions contribuent à déterminer la bande passante du filtre. Plusieurs crêtes ou poteaux permettent la propagation du mode fondamental. Ce type de filtres est utilisé par exemple pour les étages d'entrée et de sortie des charges utiles de satellites, en raison de leur sélectivité élevée et de leur masse et encombrement réduits.

[0009] Les filtres à guide d'onde en peigne conventionnels sont réalisés par usinage et assemblage de différents sous-ensembles métalliques. Ces opérations sont complexes et coûteuses. En outre, le poids des filtres ainsi réalisés est important.

[0010] Par ailleurs, les géométries des filtres à guide d'ondes en peigne conventionnels sont souvent limitées car les cavité résonantes (ou résonateurs) ainsi que les iris reliant les cavités résonantes sont conçus de telle manière qu'ils doivent être disposés consécutivement le long d'un axe de propagation de l'onde électromagnétique. Cette configuration axiale rend les filtres à guide d'ondes en peigne encombrants à cause de leur longueur pouvant être importante. De plus, les plages de fréquences filtrées sont limitées par les configuration axiale puisque seules les cavités successives sont reliées des iris.

Bref résumé de l'invention

[0011] Un but de la présente invention est de proposer un filtre à guide d'onde en peigne exempt des limitations des filtres à guide d'ondes connus.

[0012] Un autre but de l'invention est de proposer un filtre à guide d'ondes en peigne adapté pour la fabrication additive.

[0013] Un autre but de l'invention est de proposer un filtre à guide d'ondes en peigne plus compact et moins encombrant.

[0014] Un autre but de l'invention est de proposer un filtre à guide d'ondes en peigne permettant de filtrer de plus grandes plages de fréquences.

[0015] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un filtre à guide d'ondes en peigne obtenu par fabrication additive de métal, comprenant au moins deux résonateurs reliés entre eux par des iris principaux,

chaque résonateur comprenant une cavité munie d'un premier axe,

chaque cavité étant délimitée notamment par une base plane s'étendant perpendiculairement au premier axe,

caractérisé en ce que chaque cavité est en outre délimitée par un toit convergeant vers un unique point.

[0016] Le fait que les résonateurs possèdent un toit convergeant vers un seul point permet premièrement de rendre faciliter, voire de rendre possible la fabrication additive du filtre à guide d'ondes en évitant des portions en porte-à-faux complexes à réaliser. Deuxièmement, le fait que le toit se concentre vers un seul point permet de s'affranchir du caractère „axial“ des filtres traditionnels dans lesquels la géométrie des résonateurs est contrainte dans la direction de propagation du signal électromagnétique dans le filtre.

[0017] Chaque toit peut comprendre une première portion latérale adjacente et perpendiculaire à la base plane et une seconde portion latérale convergeant vers le point unique.

[0018] Chaque résonateur peut posséder une symétrie de rotation autour du premier axe.

[0019] Chaque base plane peut être circulaire ou polygonale à au moins trois côtés, préférentiellement circulaire, carrée, pentagonale, hexagonale ou octogonale.

[0020] Chaque résonateur peut comprendre en outre un poteau s'élevant depuis la base plane parallèlement au premier axe.

[0021] Au moins un poteau peut être formé d'un seul tenant avec la base plane d'un résonateur.

[0022] Le poteau d'un résonateur peut posséder une section transversale circulaire ou polygonale à au moins trois côtés, préférentiellement une section transversale circulaire, carrée, pentagonale, hexagonale ou octogonale.

[0023] Le toit d'au moins un résonateur peut comprendre une partie saillante s'étendant vers l'intérieur de la cavité du au moins un résonateur parallèlement au premier axe.

[0024] Au moins un iris principal peut comprendre une portion de connexion non parallèle à la base plane, la portion de connexion s'étendant entre deux résonateurs reliés par le au moins un iris principal.

[0025] La portion de connexion peut relier des dits points uniques des résonateurs reliés par ledit au moins un iris principal.

[0026] Au moins un résonateur peut comporter plusieurs iris principaux qui ne sont pas disposés coaxialement.

[0027] Le filtre à guide d'ondes peut comprendre au moins trois résonateurs reliés consécutivement par des dits iris principaux, un premier et un second résonateurs étant reliés entre eux par un iris secondaire.

[0028] Ce „cross-coupling“ (en français couplage croisé) de résonateurs permet d'améliorer la sélectivité du filtre par rapport à certaines plages de fréquences.

[0029] Les iris secondaires peuvent avoir une section différente des iris principaux de manière à filtrer différentes plages de fréquences par exemple.

[0030] Au moins un dit iris secondaire peut comprendre une portion de connexion secondaire s'étendant entre les résonateurs reliés par le au moins un dit iris secondaire.

[0031] Les iris principaux des résonateurs sont disposés coaxialement le long d'un axe de propagation d'un signal électromagnétique.

[0032] Le filtre à guide d'ondes peut comprendre au moins quatre résonateurs, un des au moins quatre résonateurs étant relié à au moins trois résonateurs distincts.

[0033] Cette caractéristique permet notamment d'obtenir un filtre combinant les fonctionnalités de filtrage et de diviseur de puissance et/ou de polariseur par exemple.

[0034] Au moins un résonateur peut comprendre un polariseur et/ou un septum.

[0035] Selon l'invention, ces buts sont aussi atteints au moyen d'un procédé de fabrication d'un filtre à guide d'ondes en peigne possédant au moins l'une des caractéristiques décrites ci-dessus, le procédé comprenant la fabrication additive des au moins deux résonateurs et des iris principaux reliant les résonateurs.

Brève description des figures

[0036] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

- Les figures 1a-1f illustrent plusieurs géométries possibles pour les résonateurs du filtre en peigne.
- La figure 2a illustre un filtre en peigne dont les résonateurs reliés entre eux par des iris ont une base carrée et sont disposés en ligne.

- La figure 2b illustre un filtre en peigne dont les résonateurs reliés entre eux par des iris ont une base carré et sont disposés en matrice.
- Les figures 3a et 3b illustrent une vue en perspective et une vue de dessus d'un filtre en peigne dont les résonateurs ont une base circulaire et sont disposés en quinconce.
- Les figures 4a-4e illustrent plusieurs géométries possibles pour un poteau dans la cavité d'un résonateur à base circulaire.
- Les figures 5a et 5b illustrent une vue de profil et une vue de dessus d'un filtre en peigne dont les résonateurs à base carrée sont arrangés en matrice et dont le premier et le dernier résonateur sont reliés par un iris secondaire.
- La figure 6a illustre une vue de dessus d'un filtre en peigne comprenant un résonateur connecté à trois autres résonateurs.
- La figure 6b illustre une vue de dessus d'un filtre en peigne comprenant deux résonateurs connectés à trois autres résonateurs.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0037] La présente invention concerne un filtre à guide d'ondes en peigne 1 obtenu par fabrication additive et comprenant au moins deux résonateurs 2 reliés entre eux par des iris principaux 24. Chaque résonateur 2 comprend une cavité 20 délimitée notamment par une base plane 21 perpendiculaire à un premier axe z et par un toit 22. Le toit 22 est caractérisé par le fait qu'il converge vers un point unique 23 appelé aussi point zénithal. En d'autres termes, chaque résonateur 2 est pourvu d'un toit 22 pointu.

[0038] Les figures 1a-1f représentent des exemples de résonateurs 2 pouvant être mis en oeuvre dans un filtre à guide d'ondes en peigne 1 selon la présente invention. Les iris principaux 24 reliant les résonateurs ne sont pas représentés sur ces figures.

[0039] Le premier axe z correspond généralement à la direction de fabrication additive.

[0040] La convergence du toit 22 de chaque résonateur 2 vers un point unique 23 permet d'éviter des faces en porte-à-faux par rapport au premier axe z qui sont difficiles voire impossibles à réaliser en fabrication additive. Par ailleurs, la réalisation d'un toit 22 convergeant en un point zénithal et non en un faite, permet notamment d'obtenir un résonateur 2 sans direction de propagation préférentielle d'une onde électromagnétique. En effet, un toit à deux pans se rencontrant en un faite détermine en quelque sorte la direction de propagation, alors qu'un toit selon l'invention convergeant vers un seul point permet d'avoir une plus grande marge de manoeuvre en ce qui concerne le choix de la direction de propagation de l'onde dans le filtre à guide d'ondes. En d'autres termes, les résonateurs sont omnidirectionnels au sens où ils peuvent être connecté à d'autres résonateurs dans presque n'importe quelle direction. La flexibilité conférée par la géométrie du toit 22 selon l'invention permet par exemple de réaliser un filtre à guide d'ondes en peigne dont les résonateurs ne sont pas alignés le long d'un axe, mais peuvent former des coudes. Il est ainsi possible de grandement réduire l'encombrement de tels filtres en choisissant des géométries adaptées aux contraintes particulières.

[0041] Le toit 22 d'un résonateur 2 peut être incliné depuis la base plane 21 comme illustré sur les figures 1a, 1c et 1e. Alternativement, le toit 22 peut comprendre une première portion latérale 26 adjacente et perpendiculaire à la base plane 21, et une seconde portion latérale 27 inclinée et convergeant vers le point unique 23 comme illustré sur les figures 1b, 1d et 1f. Ainsi, le toit 22 peut être conçu comme une pyramide ayant pour base la base plane 21 ou comme la combinaison d'un prisme droit sur la base plane 21 et d'une pyramide disposée sur le prisme.

[0042] D'autres modes de réalisation incluent des résonateurs ayant un toit 22 convergeant en un point unique 23, dont le profil n'est pas linéaire comme dans le cas d'une pyramide, mais est par exemple polygonal, parabolique, hyperbolique ou tout autre profil rendant une fabrication additive possible.

[0043] De manière générale, l'angle formé par une portion inclinée du toit 22 avec le premier axe est compris entre 10° et 60°, préférentiellement entre 25° et 50°, un angle trop important rendant difficile la fabrication additive des portions inclinées.

[0044] Comme illustré sur les figures 1a-1f, les résonateurs peuvent posséder au moins une symétrie de rotation par rapport au premier axe z. Préférentiellement, les résonateurs possèdent plusieurs symétries de rotation par rapport au premier axe z.

[0045] Les figures 1a et 1b montrent des modes de réalisation dans lesquels le toit 22 est conique ou est constitué d'un cône surmontant un cylindre. Dans ces cas, la symétrie de rotation maximale puisque le profil du toit est obtenu comme une surface de révolution autour du premier axe z.

[0046] Les figures 1c et 1d illustrent des modes de réalisation dans lesquels le toit 22 est un pyramide à base carrée ou est constitué par une pyramide à base carrée surmontant un prisme lui-même à base carrée (i.e. un parallélépipède). Ainsi le toit 22 est invariant par des rotations autour du premier axe z d'angles $k \times 90^\circ$, où k est un nombre entier.

[0047] Les figures 1e et 1f illustrent des modes de réalisation dans lesquels le toit 22 est une pyramide dont la base est un hexagone régulier ou est constitué par une pyramide à base hexagonale régulière surmontant un prisme à base hexagonale régulière. Ainsi le toit 22 est invariant par des rotations autour du premier axe z d'angles $k \times 60^\circ$, où k est un nombre entier.

[0048] Plus généralement, le toit 22 peut comprendre n'importe quelle surface de révolution autour du premier axe z, pour autant que cela résulte en un toit convergeant vers un point unique 23. Le toit 22 peut complémentaiement ou alternativement comprendre une pyramide dont la base est constituée par un polygone quelconque.

[0049] La première portion latérale 26 du toit 22 peut être cylindrique. Alternativement ou complémentaiement elle peut comprendre un prisme droit dont la base est un polygone quelconque.

[0050] Dans un mode de réalisation préférentiel, la base plane 21 délimitant la cavité 20 d'un résonateur 2 selon l'invention possède les mêmes caractéristiques d'invariance par rotation autour du premier axe z que le toit 22. En particulier, la base plane peut être circulaire polygonale à au moins trois côtés, préférentiellement circulaire, carrée, pentagonale, hexagonale ou octogonale. D'autres géométries de la base plane 21 telle qu'une ellipse ou des surfaces non convexes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de la présente invention.

[0051] Les résonateurs 2 d'un filtre à guide d'ondes en peigne selon la présente invention sont reliés entre eux par des iris principaux 24. Comme expliqué ci-après, certains résonateurs peuvent être pourvus d'iris secondaires, ce qui explique la terminologie d'iris „principal“. Ces iris principaux 24 permettent la propagation d'une onde électromagnétique dans le filtre d'un résonateur à l'autre.

[0052] Dans un mode de réalisation dans lequel deux résonateurs 2 consécutifs du filtre 1 possèdent une géométrie leur permettant d'être disposés l'un contre l'autre dans une proportion suffisante, c'est-à-dire qu'une portion significative du toit 22 du premier résonateur est disposée contre une portion significative du toit 22 du deuxième résonateur, un iris principal 24 peut consister en une ouverture dans les portions contiguës des toits.

[0053] La section de cette ouverture détermine les fréquences de coupure de l'onde propagée entre ces deux résonateurs via l'iris principal 24. Ainsi, cette section est adaptée aux besoins particuliers auquel le filtre 1 est destiné.

[0054] Dans un autre mode de réalisation, la géométrie des résonateurs 2 nécessite qu'une ouverture plus importante que les portions contiguës des résonateurs. Comme illustré sur les figures 2a et 2b, l'iris principal 24 comporte ainsi une ouverture s'étendant sur la première portion latérale 26 du toit 22 ainsi que sur la seconde portion latérale 27. Une portion de connexion 25 s'étend entre au moins une partie des deux secondes portions latérales 27 des deux toits 22 des résonateurs reliés par l'iris principal 24.

[0055] Comme illustré sur les figures 2a et 3a, les portions de connexion entre les résonateurs peuvent comprendre des parties inclinées de sorte à faciliter, voire rendre possible, la fabrication additive de ces dernières. Les portions de connexion peuvent par exemple consister en un toit à deux pans.

[0056] Dans un mode de réalisation, les portions de connexion 25 peuvent relier deux toits 22 sur la totalité de la hauteur des toits ou sur la totalité de la hauteur de la seconde portion latérale 27 des toits. Alternativement ou complémentaiement, les points uniques 23 des deux toits 22 peuvent être reliés par une portion de connexion 25.

[0057] Dans un mode de réalisation non représenté, la géométrie des résonateurs 2 ne permet pas une disposition contiguë de ceux-ci. Ainsi, un iris principal 24 reliant deux tels résonateurs comprend une portion de connexion 25 reliant les deux résonateurs. Cette portion de connexion peut être par exemple un guide d'ondes rectangulaire de même section que les ouvertures de l'iris principal déterminant les fréquences de coupure.

[0058] De manière générale, la longueur, la largeur et la hauteur des iris principaux, et des portions de connexion, influencent le niveau de couplage entre deux résonateurs. Ainsi ces paramètres sont adaptés en fonction des besoins.

[0059] Comme illustré sur les figures 2a et 2b, les cavités 20 des résonateurs 2 peuvent comprendre un poteau 28 s'élevant depuis la base plane 21 parallèlement au premier axe z. L'utilisation d'un poteau 28 dans la cavité 20 permet de modifier l'impédance de la cavité, et ainsi de contrôler la fréquence de résonance du circuit constitué par la cavité 20 et l'iris principal 24.

[0060] Ces poteaux 28 se distinguent d'éventuelles vis de réglage en ce qu'ils ne permettent pas d'adapter ou de modifier la fréquence de résonance a posteriori.

[0061] Ces poteaux 28 peuvent être formés d'un seul tenant avec la base plane 21. Ce mode de réalisation est avantageux en ce qui concerne la fabrication additive puisqu'elle évite tout usinage ultérieur pour la formation d'un tel poteau.

[0062] La forme de ces poteaux, et plus particulièrement leur section dans un plan parallèle à la base plane 21 peut être adaptée en fonction des besoins et en fonction de la géométrie du toit 22. La géométrie de la section d'un poteau 28 n'est pas nécessairement la même que celle de la base plane 21 ou que celle du toit 22 du résonateur en question.

[0063] Comme illustré sur les figures 4a à 4e, un résonateur 2 peut comprendre un poteau 28 dont la section est un prisme droit dont la base est un cercle ou un polygone à au moins trois côtés. De manière préférentielle, la base du prisme est circulaire, carrée, pentagonale, hexagonal ou octogonale. La géométrie circulaire de la base plane 21 et du toit 22 sur

les figures 4a à 4e n'est aucunement limitative et toutes les géométries alternatives mentionnées plus haut peuvent être réalisées en combinaison de ces poteaux.

[0064] Afin de faciliter la fabrication additive d'un tel poteau 28, la face supérieure du poteau, c'est-à-dire la face opposée à la base plane 21, peut comprendre des parties courbes ou inclinées. Ces parties courbes sont aussi utiles lorsque le filtre est destiné à des usages en haute puissance.

[0065] La partie supérieure de la cavité 20 des résonateurs 2 peut aussi être munie de parties saillantes s'étendant depuis la surface interne du toit 22 vers l'intérieur de la cavité de sorte à modifier l'impédance de la cavité. Ces parties saillantes s'étendent essentiellement parallèlement au premier axe. Ces parties saillantes sont solidaires des résonateurs et sont ainsi également à distinguer de vis de réglage traditionnelles qui sont des éléments mobiles par rapport aux résonateurs.

[0066] Dans un mode de réalisation préférentiel, les parties saillantes sont d'un seul tenant avec le toit 22 du résonateur. De manière similaire aux poteaux 28, la face de la partie saillante opposée au toit 22 peut être plane ou courbée selon les besoins particuliers, notamment au regard de la fabrication additive et d'une utilisation du filtre en haute puissance.

[0067] Les résonateurs 2 du filtre à guide d'ondes 1 peuvent comprendre des vis de réglage permettant des réglages fins lors de l'utilisation du filtre. Au contraire des poteaux 28, ces vis sont des éléments mobiles par rapport à la structure des résonateurs et servent à apporter de légères modifications de l'impédance des cavités 20 des résonateurs.

[0068] Comment mentionné plus haut, l'un des avantages principaux du filtre à guide d'ondes selon la présente invention réside dans le caractère omnidirectionnel des résonateurs dans le sens où ceux-ci peuvent être reliés entre eux de manière non coaxiale, c'est-à-dire pas nécessairement le long d'un axe.

[0069] Les figures 3a et 3b illustrent un mode de réalisation dans lequel plusieurs résonateurs 2 sont disposés de manière non coaxiale. Plus précisément, un premier résonateur 2, par exemple le résonateur à gauche de la figure 3a, possède un port 31 lui permettant de recevoir un signal électromagnétique en entrée du filtre. Ce premier résonateur est relié à un deuxième résonateur 2 par un iris principal 24 qui comprend une portion de connexion 25. L'iris principal 24 n'est pas diamétralement opposé au port 31. Les droites passant d'une part par le port 31 le centre de la base plane 21 et d'autre part par le centre de la base plane et l'iris principal 24 sont sécantes et forment un angle compris entre 90° et 150°.

[0070] Le deuxième résonateur est lui-même aussi relié à un troisième résonateur 2, le plus à droite sur la figure 3a, via un iris principal 24 comportant également une portion de connexion 25. Le troisième résonateur comprend un port 31 permettant au signal électromagnétique de sortir du filtre 1. De manière similaire, l'angle formé par les droites passant d'une part par l'iris principal 24 reliant le deuxième au troisième résonateur le centre de la base plane 21 et d'autre part par le centre de la base plane et le port 31 sont sécantes et forment un angle compris entre 90° et 150°.

[0071] Le filtre obtenu par cet agencement des résonateurs forme donc un coude au niveau du deuxième résonateur, ce qui permet notamment de réduire sensiblement la longueur totale du filtre pour un nombre donné de résonateurs par rapport à un agencement coaxial traditionnel.

[0072] La géométrie circulaire du toit 22 des résonateurs dans ce mode de réalisation permet une grande liberté quant au placement relatif des résonateurs les uns par rapport aux autres. En effet, il est virtuellement possible de placer un résonateur circulaire à n'importe quelle position autour d'un autre résonateur circulaire grâce à leur invariance par rotation autour du premier axe z. Ainsi, une très grande variété de géométrie de filtres peut être obtenue en reliant les résonateurs de cette manière.

[0073] Un autre avantage résultant du caractère omnidirectionnel des résonateurs réside dans le fait que grâce à l'introduction de „coudes“ dans le filtre, certains résonateurs non consécutifs, au sens où ils ne sont pas reliés par un iris principal, peuvent être disposés très proche les uns des autres. Sur la figure 3b les deux résonateurs comprenant chacun un port 31 ne sont pas reliés par un iris principal mais sont néanmoins très proche l'un de l'autre. Il est ainsi possible d'introduire des couplages secondaires entre résonateurs non consécutifs grâce à leur proximité.

[0074] Ces couplages secondaires permettent notamment d'introduire des voies de propagation alternative pour une onde à l'intérieur du filtre. En fonction de la phase du signal, l'effet résultant de la multiplication des voies pour l'onde dans filtre peut être l'apparition de zéros de transmission dans la fonction transfert du filtre. Cela signifie que le couplage secondaire entre résonateurs non consécutifs peut être appliqué par exemple pour obtenir une réponse de phase linéaire ou pour générer des zéros de transmission finis permettant d'améliorer la sélectivité du filtre en augmentant le filtrage de certaines fréquences particulières à des endroits particuliers. Ainsi, l'introduction de zéros de transmission dans la réponse de fréquence permet de réduire le nombre de résonateurs nécessaires pour satisfaire une certaine spécification en termes de sélectivité du filtre. Il en résulte une réduction des pertes d'insertion, de la taille de l'empreinte et des coûts de fabrication.

[0075] Ces couplages secondaires sont réalisés sous la forme d'un iris secondaire 29. Cet iris secondaire 29 peut comprendre une portion de connexion secondaire entre les deux toits 22 des résonateurs reliés par l'iris secondaire. Comme dans le cas des portions de connexion, les portions de connexion secondaires peuvent comprendre des parties inclinées par rapport au premier axe de sorte à faciliter leur fabrication additive.

[0076] Une portion de connexion secondaire 29 est illustrée sur la figure 3b sur laquelle elle relie un premier résonateur muni d'un port 31 d'entrée et un troisième résonateur muni d'un port 31 de sortie.

[0077] La section d'un iris secondaire 29 peut être différente de la section d'un iris principal 24. La section d'un iris secondaire par exemple rectangulaire (le plus long côté du rectangle étant placé parallèlement ou perpendiculairement au premier axe z).

[0078] Un autre mode de réalisation d'un filtre dont les résonateurs sont agencés de manière non coaxiale est illustré sur les figures 5a et 5b. Plusieurs résonateurs 2 conçus selon le modèle à base carrée sont placés en matrice, de sorte que chaque résonateur possède au moins deux faces latérales contiguës à d'autres résonateurs. Des iris principaux 24 comprenant des portions de connexions 25 relient les résonateurs 2 de manière à former un chemin de propagation d'une onde électromagnétique dans le filtre 1. Sur la figure 5b, une onde électromagnétique peut par exemple entrer dans le filtre 1 via le port 31 du résonateur 2 se trouvant le plus à droite, puis se propager à 90° dans le sens anti-horaire vers un deuxième résonateur 2 (en bas sur la figure 5b) via un iris principal, puis se propager à 90° dans le sens horaire vers un troisième résonateur 2 (à la gauche sur la figure 5b) via un iris principal, puis se propager à 90° dans le sens horaire vers un quatrième résonateur 2 (en haut sur la figure 5b) via un iris principal, et enfin se propager à 90° dans le sens anti-horaire hors du filtre par le port 31 du quatrième résonateur.

[0079] Comme illustré sur les figures 5a et 5b, le premier et le quatrième résonateur sont additionnellement reliés par un iris secondaire 29 comprenant une portion de connexion secondaire 30. La section de l'iris secondaire 29 diffère de la section des iris principaux de manière à améliorer le filtrage. Dans ce mode de réalisation, l'iris secondaire 29 possède une section carrée dont l'une des diagonales est parallèle au premier axe z.

[0080] Bien que la géométrie des résonateurs permette d'agencer le filtre de manière non coaxiale, il est néanmoins possible d'obtenir un filtre dont tous les résonateurs 2 sont alignés sur un même axe de propagation d'un signal électromagnétique, comme illustré par exemple sur la figure 2a.

[0081] Dans un mode de réalisation particulier, le filtre à guide d'ondes de la présente invention comprend au moins quatre résonateurs, dont l'un des résonateurs est relié à au moins trois résonateurs distincts via des iris principaux 24. Une telle configuration permet notamment d'obtenir un filtre ayant plusieurs embranchements de résonateurs, ou en d'autres termes, un filtre possédant par exemple un port d'entrée et plusieurs ports de sortie ou alors plusieurs ports d'entrée et un port de sortie. Il est ainsi possible de créer des filtres à guide d'ondes en peigne ayant par exemple une fonction de diviseur de puissance ou de polariseur.

[0082] La figure 6a illustre un filtre à guide d'ondes en peigne 1 dont au moins l'un des résonateurs 2 (le troisième en comptant depuis la gauche de la figure) est relié à trois autres résonateurs. Ainsi, le résonateur 2 situé à gauche du filtre sur la figure 6a possède un port 31 d'entrée d'un signal électromagnétique dans le filtre et les deux résonateurs situés à droite du filtre sur la figure 6a possède chacun un port 31 de sortie du signal électromagnétique hors du filtre.

[0083] La figure 6b illustre un autre mode de réalisation de l'invention dans lequel un premier résonateur sur la gauche de la figure possède un port 31 d'entrée d'un signal électromagnétique dans le filtre 1 et propage le signal dans deux résonateurs distincts via des iris principaux 24. Un dernier résonateur situé à droite sur la figure reçoit deux signaux électromagnétiques via des iris principaux et les propage à l'extérieur du filtre via un port 31 de sortie.

[0084] Au moins un résonateur du filtre peut comprendre un polariseur et/ou un septum de manière à diviser et/ou combiner un ou plusieurs signaux électromagnétiques. D'autres composants RF passifs standards peuvent également être combiné au filtre sans sortir du cadre de la présente invention.

[0085] La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un filtre à guide d'ondes tel que décrit ci-dessus.

Numéros de référence employés sur les figures

[0086]

- 1 Filtre à guide d'ondes en peigne
- 2 Résonateur
- 20 Cavité
- 21 Base plane
- 22 Toit
- 23 Unique point
- 24 Iris principal
- 25 Portion de connexion
- 26 Première portion latérale
- 27 Second portion latérale
- 28 Poteau
- 29 Iris secondaire
- 30 Portion de connexion secondaire
- 31 Port coaxial
- z Premier axe
- x Axe de propagation

Revendications

1. Filtre à guide d'ondes (1) en peigne obtenu par fabrication additive de métal, comprenant au moins deux résonateurs (2) reliés entre eux par des iris principaux (24), chaque résonateur comprenant (20) une cavité munie d'un premier axe (z), chaque cavité (20) étant délimitée notamment par une base plane (21) s'étendant perpendiculairement au premier axe (z),
caractérisé en ce que chaque cavité (20) est en outre délimitée par un toit (22) convergeant vers un unique point (23).
2. Filtre à guide d'ondes (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque toit (22) comprend une première portion latérale (26) adjacente et perpendiculaire à la base plane (21) et une seconde portion latérale (27) convergeant vers le point unique (23).
3. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque résonateur (2) possède une symétrie de rotation autour du premier axe (z).
4. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque base plane (21) est circulaire ou polygonale à au moins trois côtés, préférentiellement circulaire, carrée, pentagonale, hexagonale ou octogonale.
5. Filtre à guide d'ondes (21) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque résonateur (2) comprend en outre un poteau (28) s'élevant depuis la base plane (21) parallèlement au premier axe (z).
6. Filtre à guide d'ondes (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'**au moins un poteau (28) est formé d'un seul tenant avec une base plane (21) d'un résonateur (2).
7. Filtre à guide d'ondes (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le poteau (28) de chaque résonateur possède une section transversale circulaire ou polygonale à au moins trois côtés, préférentiellement une section transversale circulaire, carrée, pentagonale, hexagonale ou octogonale.
8. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un toit (22) d'au moins un résonateur (2) comprend une partie saillante s'étendant vers l'intérieur de la cavité (20) du au moins un résonateur parallèlement au premier axe (z).
9. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un iris principal (24) comprend une portion de connexion (25) non parallèle à la base plane (21), la portion de connexion s'étendant entre deux résonateurs reliés par le au moins un iris principal (24).
10. Filtre à guide d'ondes (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la portion de connexion (25) relie des dits points uniques (23) des résonateurs (2) reliés par ledit au moins un iris principal (24).
11. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins un résonateur (2) comporte plusieurs iris principaux (24) qui ne sont pas disposés coaxialement.
12. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins trois résonateurs (2) reliés consécutivement par des dits iris principaux (24), un premier et un second résonateurs (2) étant reliés entre eux par un iris secondaire (29).
13. Filtre à guide (1) d'ondes selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les iris secondaires (29) ont une section différente des iris principaux (24).
14. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications 11 à 12, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit iris secondaire (29) comprend une portion de connexion secondaire (30) s'étendant entre les résonateurs (2) reliés par le au moins un dit iris secondaire (29).
15. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les iris principaux (24) des résonateurs (2) sont disposés coaxialement le long d'un axe de propagation (x) d'un signal électromagnétique.
16. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins quatre résonateurs (2), un des au moins quatre résonateurs étant relié à au moins trois résonateurs distincts.
17. Filtre à guide d'ondes (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un résonateur (2) comprend un polariseur et/ou un septum.
18. Procédé de fabrication d'un filtre à guide d'ondes (1) en peigne selon l'une des revendications 1 à 17 comprenant la fabrication additive des au moins deux résonateurs (2) et des iris principaux (24) reliant les résonateurs.

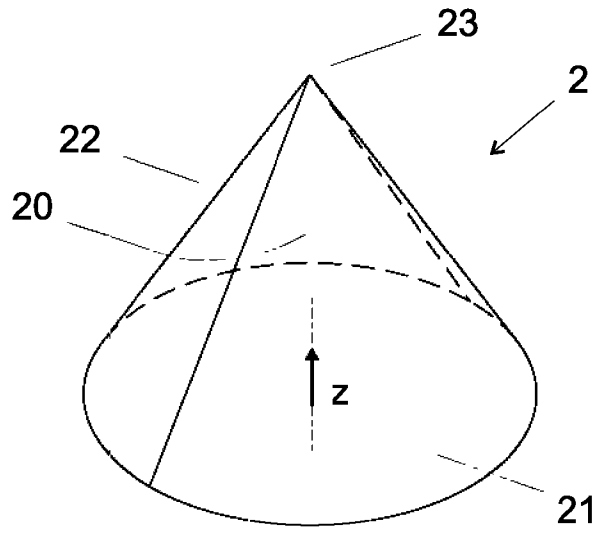


Fig. 1a

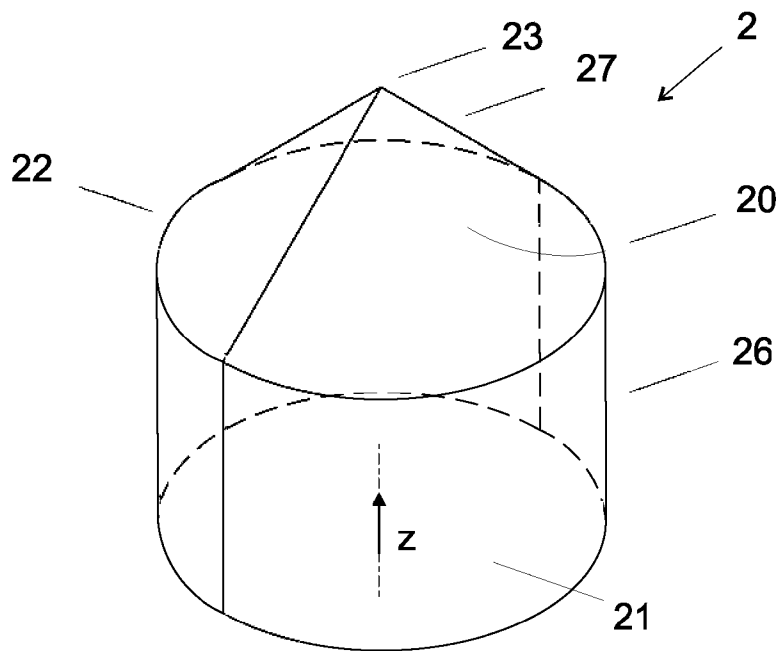


Fig. 1b

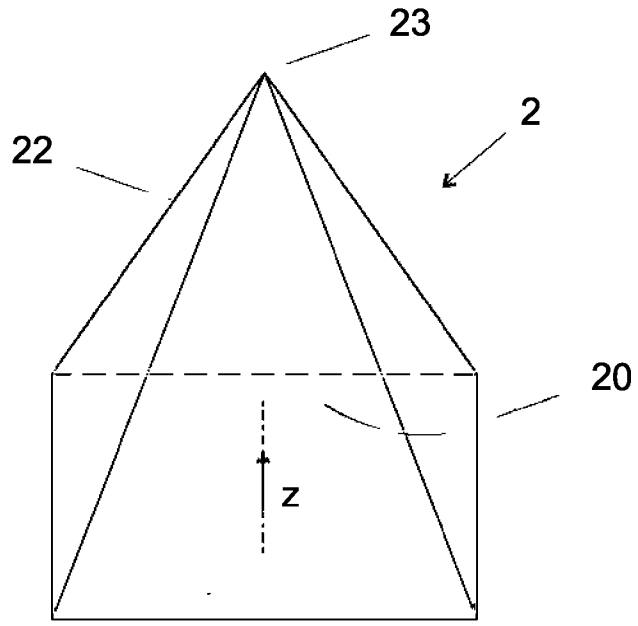


Fig. 1c

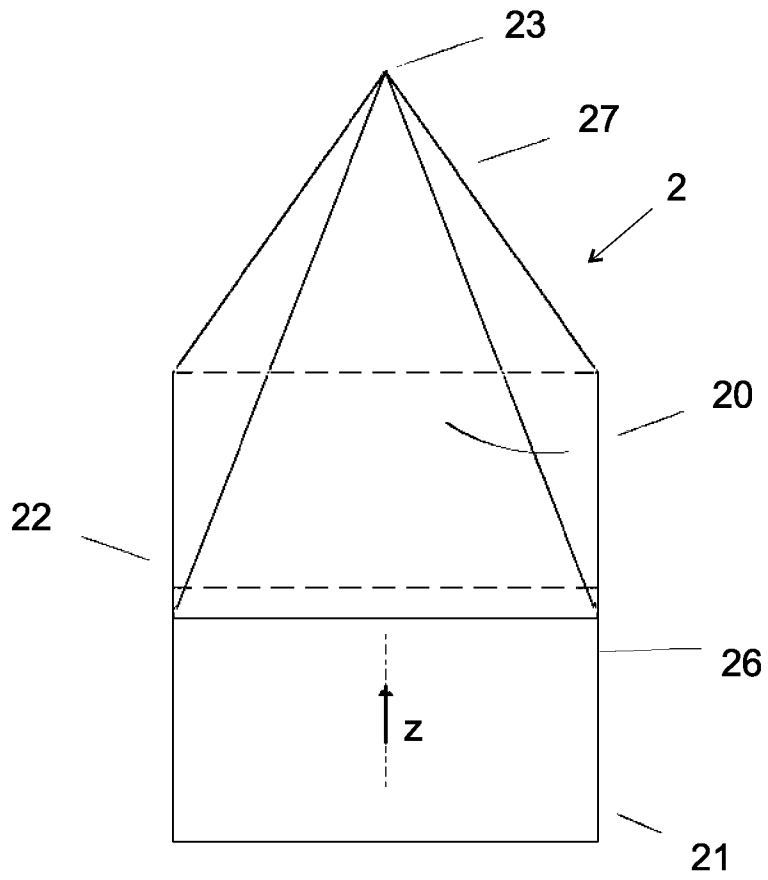


Fig. 1d

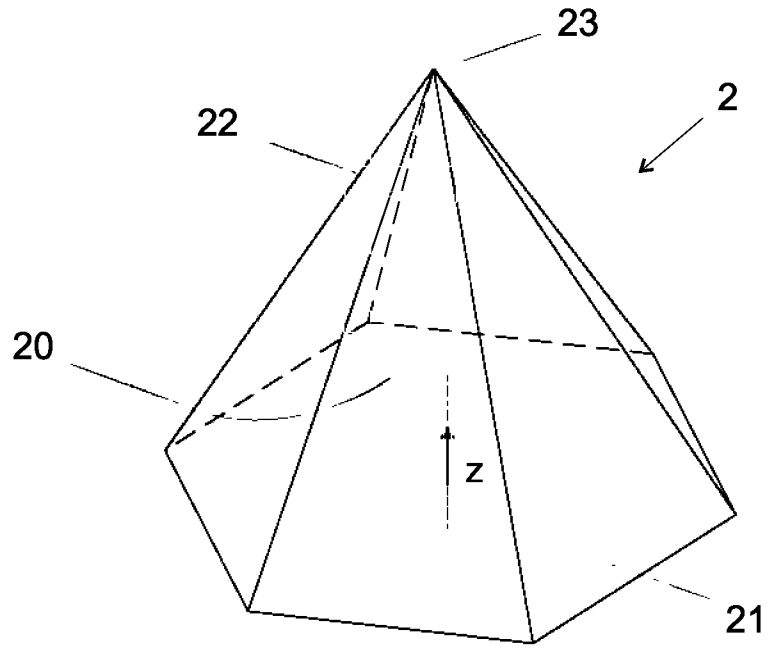


Fig. 1e

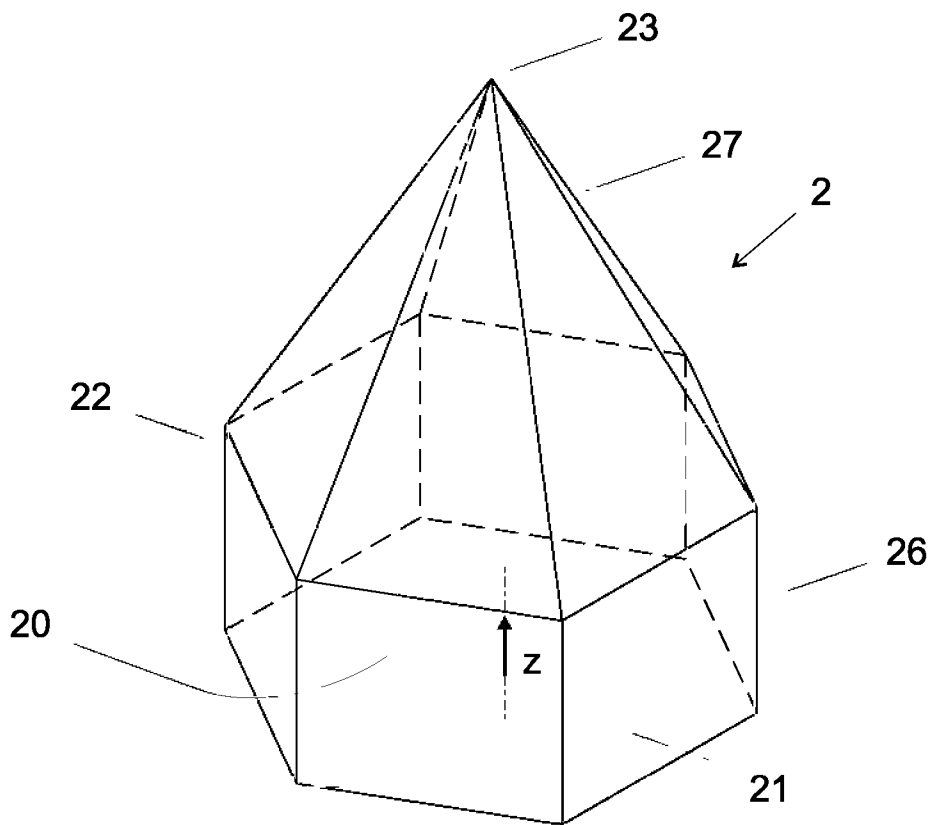
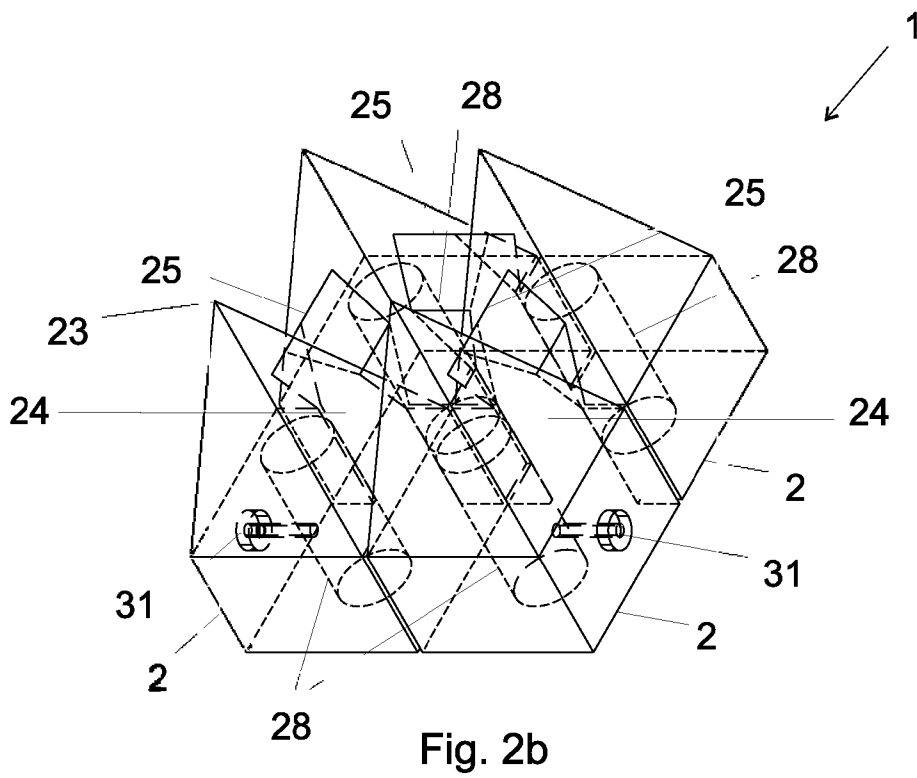
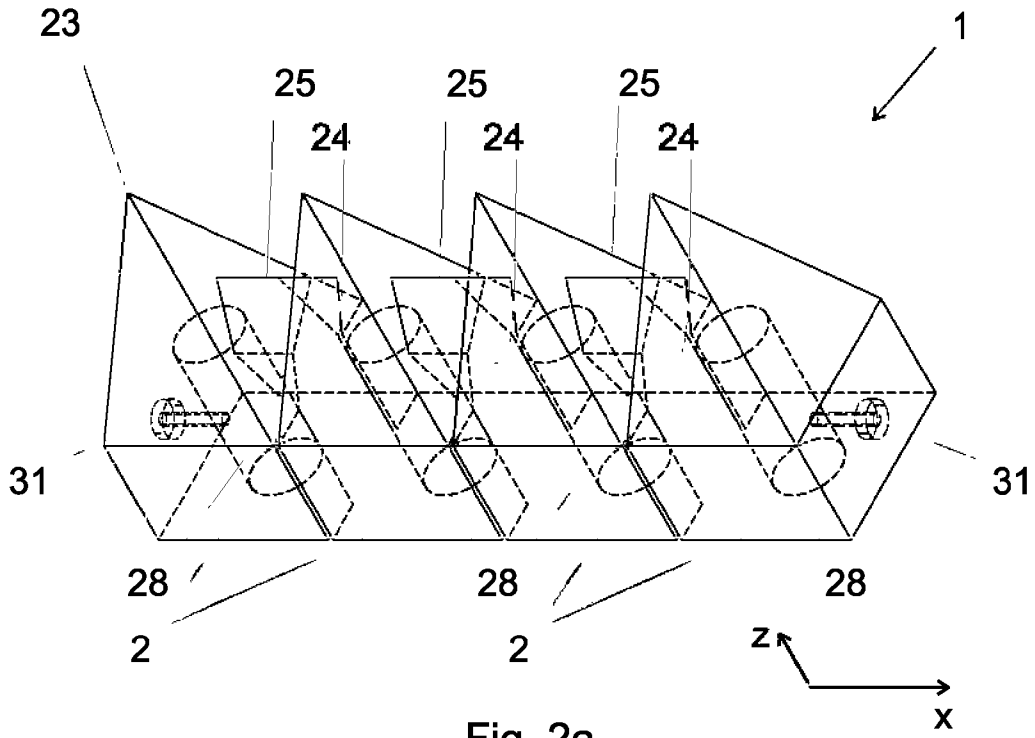


Fig. 1f



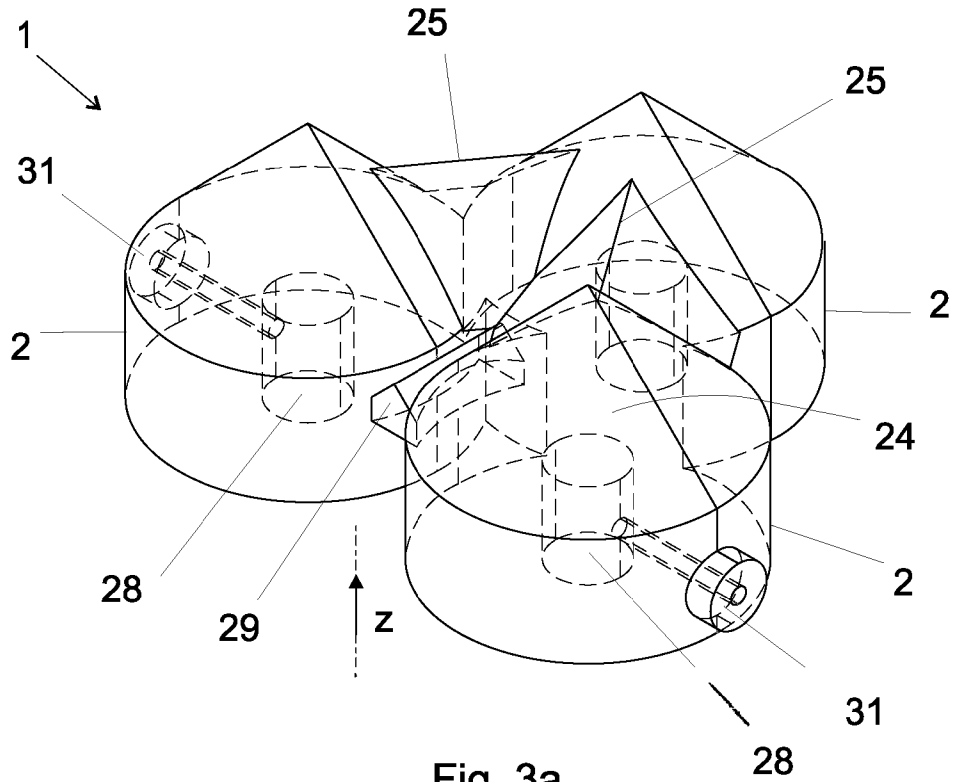


Fig. 3a

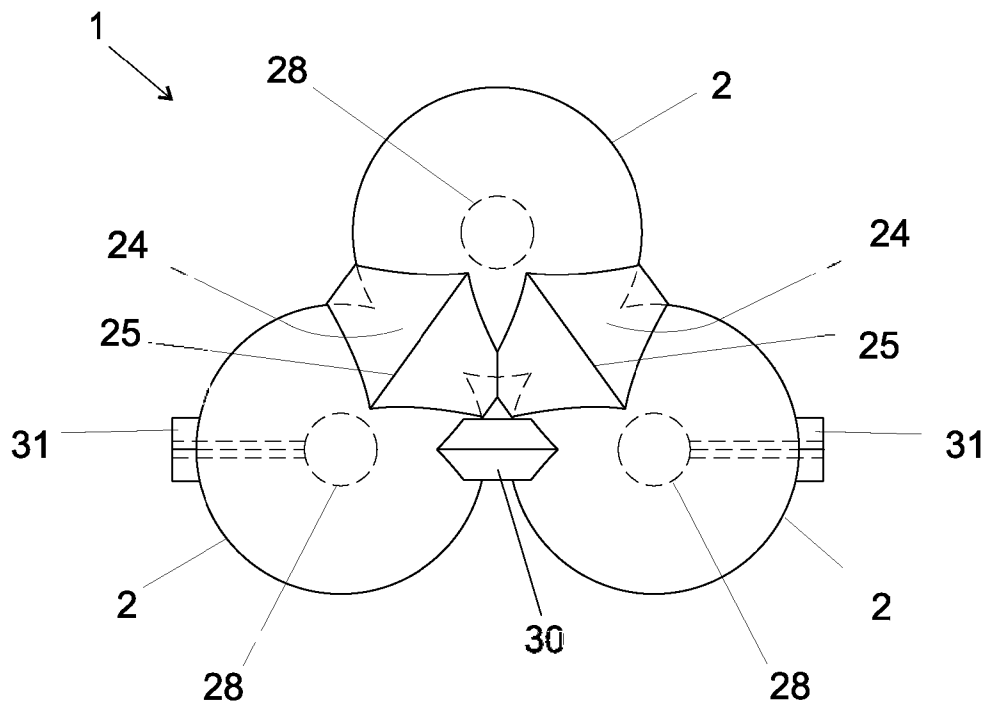


Fig. 3b

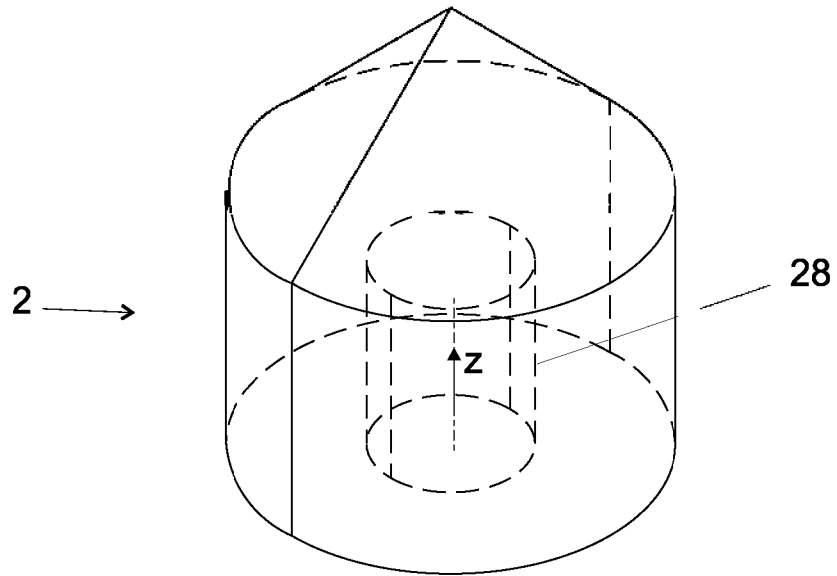


Fig. 4a

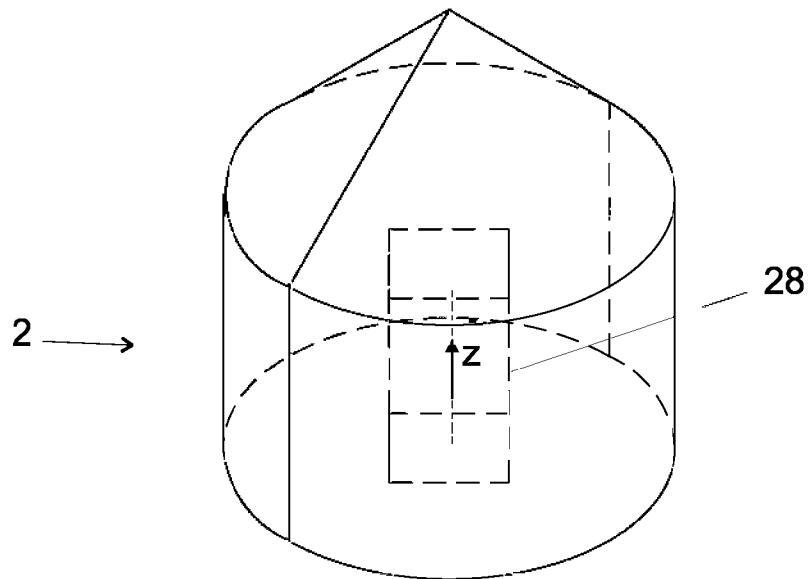


Fig. 4b

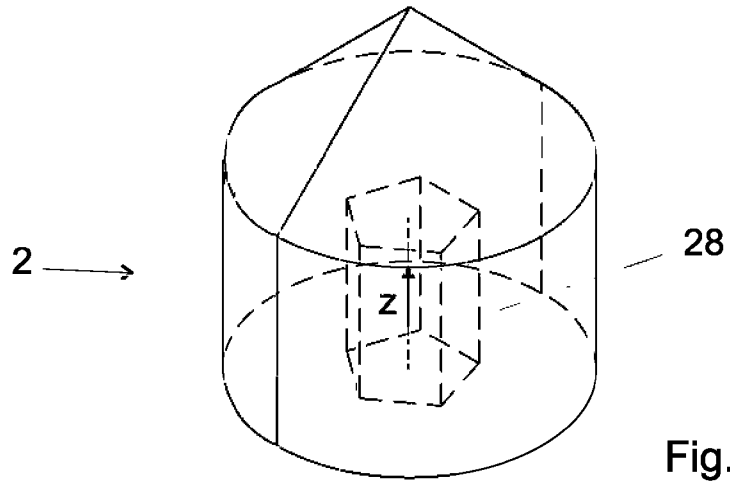


Fig. 4c

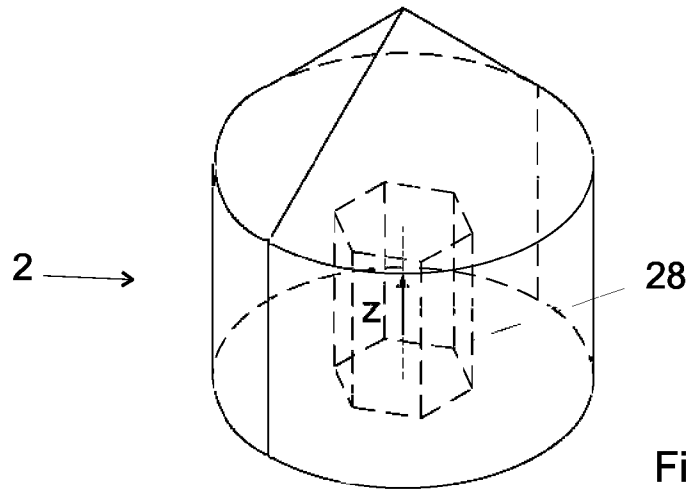


Fig. 4d

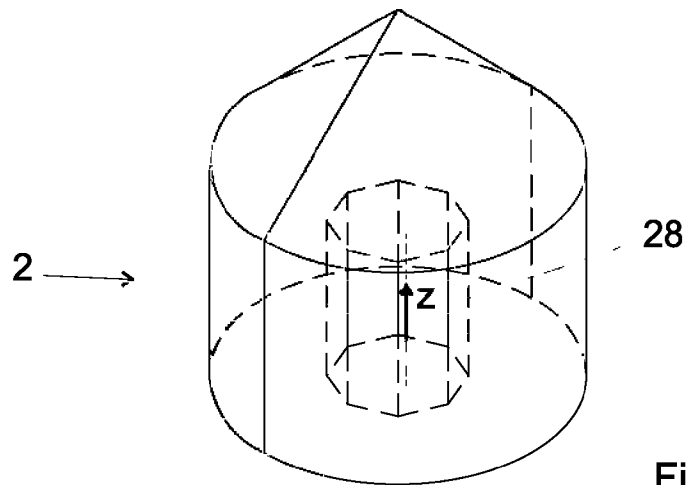


Fig. 4e

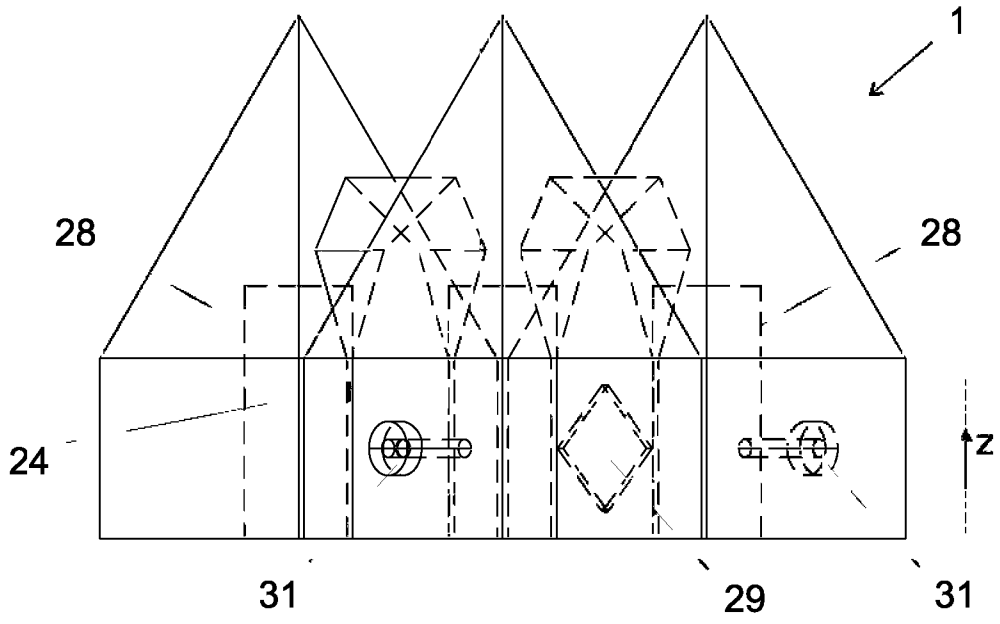


Fig. 5a

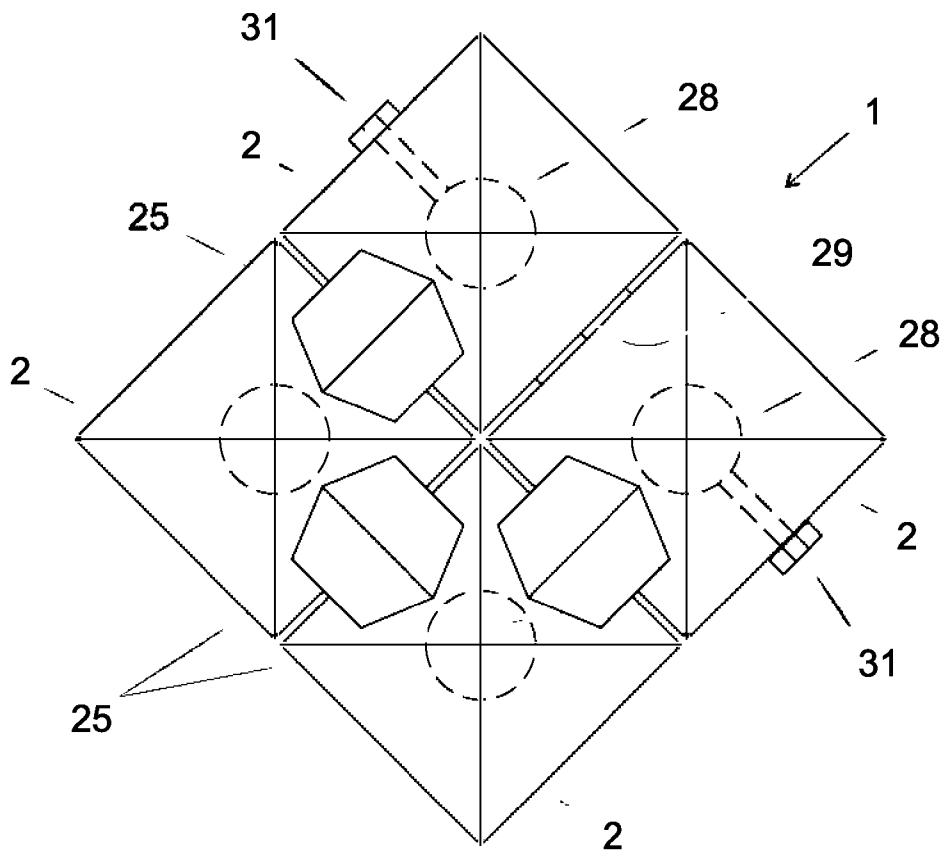


Fig. 5b

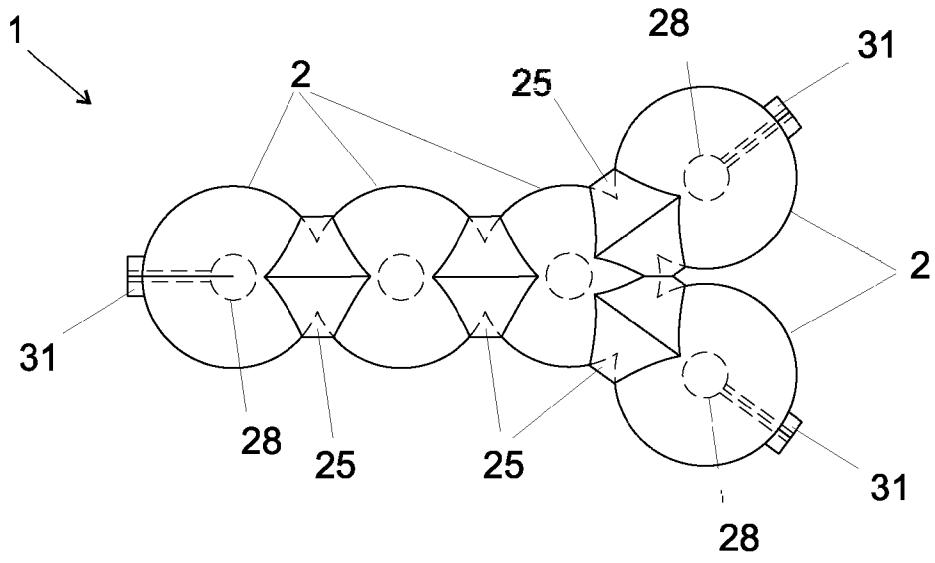


Fig. 6a

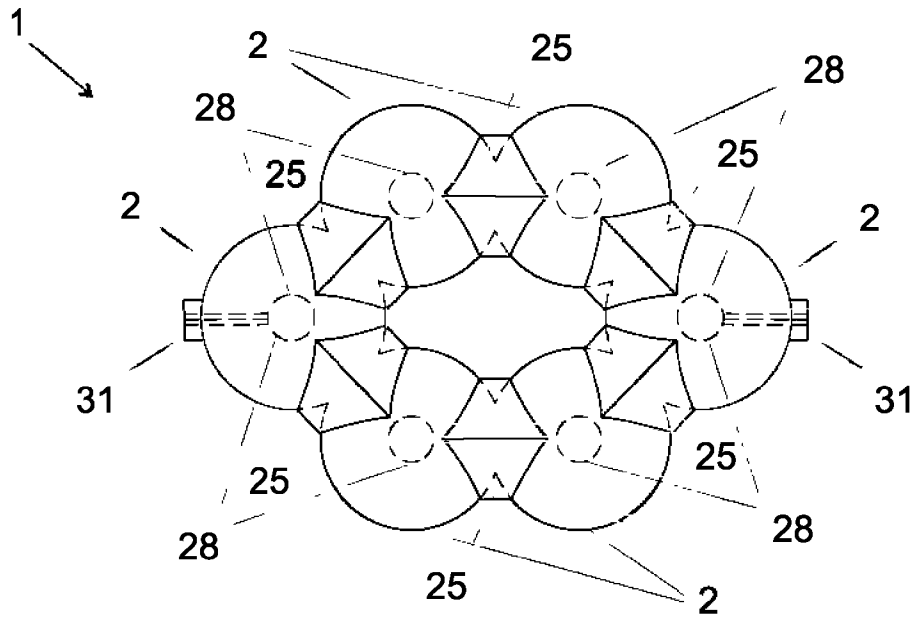


Fig. 6b

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE STO12-133-CH	
Demande nationale n° 6732022		Date du dépôt 02-06-2022	
Pays du dépôt CH		Date de priorité revendiquée	
Déposant (Nom) SWISSto12 SA			
Date de la requête d'une recherche de type international 12-07-2022		Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN81647	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC		Voir rapport de recherche	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. <input type="checkbox"/> IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION (Observations sur la feuille supplémentaire)			

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 6732022

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01P1/208 H01P11/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01P		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2020/373642 A1 (ASTON RICHARD W [US] ET AL) 26 novembre 2020 (2020-11-26) * alinéa [0002] - alinéa [0005] * * alinéa [0033] - alinéa [0034] * * alinéa [0038] - alinéa [0048]; figures 1-3 * * alinéa [0055] - alinéa [0056] * * alinéa [0071] - alinéa [0075]; figures 7, 8 *	1-4, 10, 11, 14-16, 18
X	US 2020/194855 A1 (HOLLENBECK MICHAEL [US] ET AL) 18 juin 2020 (2020-06-18) * alinéa [0038] - alinéa [0046]; figure 1 * * alinéa [0055]; figure 4 * * alinéa [0060] - alinéa [0064]; figures 7, 8 *	1-4, 9-12, 18
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)		"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		"&" document qui fait partie de la même famille de brevets
"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée	Date d'expédition du rapport de recherche de type international	
2 novembre 2022		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Pastor Jiménez, J	

1

Formulaire PCT/ISA/201 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 6732022

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>WO 2017/203568 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 30 novembre 2017 (2017-11-30) * abrégé; figures 1A-1D, 8A, 8B *</p> <p>-----</p>	1-4, 9, 10, 18
X	<p>LOPEZ-OLIVER ENRIQUE ET AL: "3-D-Printed Compact Bandpass Filters Based on Conical Posts", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE, USA, vol. 69, no. 1, 16 novembre 2020 (2020-11-16), pages 616-628, XP011829153, ISSN: 0018-9480, DOI: 10.1109/TMTT.2020.3035168 [extrait le 2021-01-05] * abrégé * * I. Introduction II. Conical resonator; page 616 - page 617; figure 1 *</p> <p>-----</p>	1-4, 9, 10, 15, 18
X	<p>PALITSIN ALEXEY ET AL: "Tunable Waveguide Notch Filter for Plasma Diagnostics", 2020 7TH ALL-RUSSIAN MICROWAVE CONFERENCE (RMC), IEEE, 25 novembre 2020 (2020-11-25), pages 21-24, XP033874356, DOI: 10.1109/RMC50626.2020.9312347 [extrait le 2020-12-31] * V. Numerical simulations of 240 GHz notch filter with pyramid cavity.; page 23 - page 24; figure 9 *</p> <p>-----</p>	1, 18
A	<p>US 2014/320237 A1 (PACAUD DAMIEN [FR] ET AL) 30 octobre 2014 (2014-10-30) * alinéa [0049] - alinéa [0077]; figures 1a-3b *</p> <p>-----</p>	1-18

1

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n
CH 6732022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2020373642	A1	26-11-2020	AU 2020202718 A1 10-12-2020
			CA 3077636 A1 24-11-2020
			CN 111987396 A 24-11-2020
			EP 3742544 A1 25-11-2020
			JP 2021005863 A 14-01-2021
			US 2020373642 A1 26-11-2020
US 2020194855	A1	18-06-2020	EP 3884541 A1 29-09-2021
			KR 20210093316 A 27-07-2021
			US 2020194855 A1 18-06-2020
			WO 2020106774 A1 28-05-2020
WO 2017203568	A1	30-11-2017	JP WO2017203568 A1 07-06-2018
			WO 2017203568 A1 30-11-2017
US 2014320237	A1	30-10-2014	CA 2849854 A1 26-10-2014
			EP 2797161 A1 29-10-2014
			ES 2561384 T3 25-02-2016
			FR 3005209 A1 31-10-2014
			US 2014320237 A1 30-10-2014