

(19)



(11)

EP 2 437 346 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

04.04.2012 Bulletin 2012/14

(51) Int Cl.:

H01P 1/208 (2006.01)

H01P 7/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11182439.7**

(22) Date de dépôt: **23.09.2011**

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA ME

(30) Priorité: **01.10.2010 FR 1003899**

(71) Demandeur: **Thales**

92200 Neuilly sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:

- **Lagorsse, Joël**
31320 Castanet Tolosan (FR)
- **Pacaud, Damien**
31870 Beaumont sur Leze (FR)

(74) Mandataire: **Nguyen, Dominique et al**

Marks & Clerk France
Immeuble Visium
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(54) Filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique

(57) Le filtre d'axe longitudinal Z comporte :

- au moins une cavité résonante (11) délimitée par des parois (10, 14, 15) constituées d'un matériau ayant un coefficient de dilatation non nul,
- un résonateur diélectrique (16) monté dans la cavité (11) transversalement à l'axe Z,
- un dispositif de compensation mécanique d'au moins une fréquence de résonance de la cavité en fonction de la température, le dispositif de compensation comportant :

- au moins un doigt mobile en rotation (20a) par mode et par cavité, le doigt mobile pénétrant à une profondeur fixe dans la cavité (11) par l'intermédiaire d'une liaison pivot (5),
- et un actionneur mécanique externe (48a) monté parallèlement à l'axe Z et couplé mécaniquement au doigt mobile (20a), l'actionneur mécanique externe (48a) étant réalisé dans un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique au moins cinq fois plus faible que celui des parois du filtre

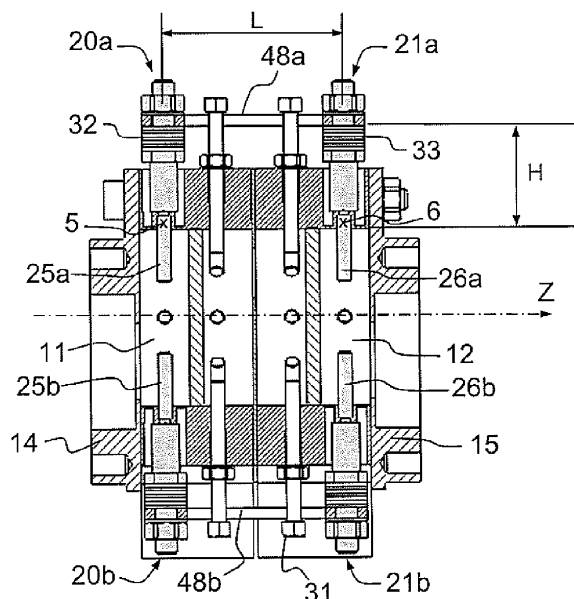


FIG.4

EP 2 437 346 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique. Elle s'applique au domaine du filtrage hyperfréquence dans lequel le filtre comporte au moins un résonateur diélectrique non compensé en température ou partiellement compensé en température et plus particulièrement aux dispositifs de filtrage de signaux.

[0002] Un filtre à résonateur diélectrique comporte au moins une cavité résonante dans laquelle est installé un résonateur diélectrique et des moyens de couplage de l'énergie hyperfréquence RF permettant d'introduire de l'énergie RF à l'entrée du filtre et d'extraire de l'énergie RF à la sortie du filtre. Ce type de filtre ne peut être excité que dans une bande de fréquences relativement étroite autour de la fréquence de résonance du résonateur qui est généralement ajustée par des moyens d'accord fréquentiel.

[0003] Cependant, les cavités résonantes font l'objet de variations de température, liées à l'environnement thermique et à la puissance RF dissipée, qui provoquent des variations dimensionnelles d'origine thermo-élastique et induisent un décalage de leur fréquence de résonance. Pour remédier à cet inconvénient majeur, une première solution consiste à utiliser un résonateur diélectrique constitué d'un matériau diélectrique, de type céramique, constitué d'un mélange d'un matériau de base et d'un ou plusieurs matériaux additionnels de compensation en température. Or, ces matériaux additionnels introduisent d'importantes pertes d'insertion qui limitent leur utilisation pour le filtrage de signaux dans les applications à forte puissance, comme par exemple dans les multiplexeurs de sortie, de type Omux.

[0004] Une autre solution consiste à utiliser un résonateur diélectrique constitué d'un matériau diélectrique non compensé en température, ce matériau pouvant par exemple être constitué d'un matériau de base de type céramique tel que par exemple de l'alumine, le matériau de base étant dépourvu de matériau additionnel de compensation. Dans ce cas, pour permettre au filtre de palier aux variations de température liées à la fois à l'environnement thermique et à la puissance RF dissipée, le filtre peut être équipé d'un dispositif de compensation mécanique qui permet de contrôler en dynamique la fréquence de résonance de la cavité.

[0005] Il existe de nombreux dispositifs de compensation mécanique d'un filtre, tel que par exemple dans une première variante de famille technologique, des dispositifs utilisant des moyens de déformation d'une paroi d'extrémité appelée capot, ou dans une deuxième variante de famille technologique, des dispositifs utilisant une pièce mobile en translation qui traverse la paroi du filtre et pénètre plus ou moins profondément en fonction de la température à l'intérieur de la cavité de façon à contrôler et stabiliser la fréquence de résonance. Cependant les systèmes de compensation issus de la première variante technologique devant être couplés mécaniquement aux

capots du filtre, sont adaptés à une topologie de filtre à entrée/sortie latérale et ne peuvent pas être appliqués à un filtre à résonateur diélectrique dans lequel l'entrée et la sortie du filtre sont axiales. Par ailleurs, dans la deuxième variante technologique, la pièce mobile devant glisser dans un trou situé sur le corps du filtre pour s'enfoncer ou se retirer, la présence d'un jeu nécessaire au glissement nécessite la mise en oeuvre de dispositifs internes tels que des barrières RF ou des enveloppes flexibles conductrices, dans le but d'assurer les performances RF requises en termes de pertes ou de tenue en puissance, ou encore de palier à tout effet de discontinuité électrique.

[0006] L'invention a donc pour but de répondre techniquement à ces diverses contraintes et de réaliser un filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique comportant un système de compensation mécanique qui permet de contrôler la fréquence de résonance de la cavité en fonction de la température, qui est adapté à une topologie axiale du filtre et qui ne comporte pas de discontinuité électrique au niveau de la paroi du filtre.

[0007] Pour cela, l'invention concerne un filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique ayant un axe longitudinal Z, comportant :

- au moins une cavité résonante selon au moins un mode et au moins une fréquence de résonance, la cavité étant délimitée par au moins une paroi longitudinale et des parois transversales, lesdites parois longitudinale et transversales étant constituées d'un matériau ayant un coefficient de dilatation non nul,
- un résonateur diélectrique monté dans la cavité transversalement à l'axe Z, le résonateur diélectrique étant non compensé en température ou partiellement compensé en température,
- un dispositif de compensation mécanique de la fréquence de résonance de la cavité en fonction de la température,

[0008] le dispositif de compensation mécanique comportant :

- au moins un doigt mobile en rotation par mode et par cavité, le doigt mobile étant muni d'un plongeur pénétrant dans la cavité à une profondeur fixe et à une distance D du résonateur, la distance D étant définie à température ambiante et étant variable en température,
- au moins une liaison pivot aménagée dans la paroi longitudinale, le plongeur pénétrant dans la cavité par l'intermédiaire de la liaison pivot,
- et un actionneur mécanique externe pour commander la rotation du doigt mobile par pivotement autour de la liaison pivot, l'actionneur étant réalisé dans un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique au moins cinq fois plus faible que celui des parois du filtre et étant monté parallèlement à l'axe Z à une hauteur H non nulle de la paroi longitudinale du filtre

et couplé mécaniquement à une partie supérieure externe du doigt mobile.

[0009] Le filtre hyperfréquence selon l'invention peut comporter d'autres caractéristiques complémentaires qui peuvent être prises séparément et/ou en combinaison, et notamment :

- le doigt mobile comporte avantageusement un angle de rotation qui est fonction de la température et de la différence de coefficient de dilatation thermique entre le matériau de l'actionneur et le matériau de la paroi longitudinale du filtre.
- le doigt mobile peut comporter une partie supérieure montée en butée sur une zone localement amincie de la paroi longitudinale du filtre, la zone localement amincie formant la liaison pivot pour le doigt mobile.
- le doigt mobile peut comporter une partie supérieure montée en butée sur un insert flexible conducteur aménagé dans la paroi longitudinale du filtre et connecté au doigt mobile et à la paroi longitudinale, l'insert formant la liaison pivot pour le doigt mobile.
- Selon un mode de réalisation, le filtre comporte une seule cavité résonante et l'actionneur mécanique externe est avantageusement couplé mécaniquement, en deux points d'attache, à la partie supérieure externe du doigt mobile et à l'une des parois du filtre.
- Selon un autre mode de réalisation, le filtre comporte au moins deux cavités résonantes superposées selon l'axe longitudinal Z et couplées entre elles et deux résonateurs diélectriques montés respectivement dans les cavités, le dispositif de compensation comporte au moins deux doigts mobiles alignés parallèlement à l'axe Z, chaque doigt mobile étant muni d'un plongeur pénétrant respectivement dans les cavités à une profondeur fixe et à une même distance D des résonateurs diélectriques respectifs et l'actionneur mécanique externe est avantageusement couplé mécaniquement à la partie supérieure externe des deux doigts mobiles en deux points d'attache.
- Selon un autre mode de réalisation, le filtre comporte au moins deux cavités résonantes superposées selon l'axe longitudinal Z et couplées entre elles et deux résonateurs diélectriques montés respectivement dans les cavités, le dispositif de compensation comporte au moins deux doigts mobiles alignés parallèlement à l'axe Z, chaque doigt mobile étant muni d'un plongeur pénétrant respectivement dans les cavités à une profondeur fixe et à une même distance D des résonateurs diélectriques respectifs et le dispositif de compensation des variations de la fréquence en fonction de la température comporte avantageusement, en outre, une pièce longitudinale addi-

tionnelle réalisée dans un matériau ayant le même coefficient de dilatation thermique que celui des parois du filtre, la pièce longitudinale additionnelle étant montée parallèlement à l'actionneur mécanique externe et fixée à la partie supérieure externe des deux doigts mobiles, l'actionneur mécanique externe étant fixé à l'une des parois du filtre, et l'actionneur et la pièce longitudinale additionnelle sont couplés mécaniquement entre eux en un unique point de fixation local.

- Avantageusement, le point de fixation local a une position longitudinale ajustable.
- Avantageusement, l'actionneur mécanique externe est fixé sur l'une des parois transversales du filtre.
- Avantageusement, le filtre comporte un système de réglage de la hauteur H permettant d'ajuster l'angle de rotation en température des plongeurs et donc la compensation.
- Avantageusement, chaque plongeur peut comporter un embout de géométrie quelconque.
- Selon un autre mode de réalisation, le filtre peut comporter au moins deux doigts mobiles par cavité résonante, les deux doigts mobiles étant répartis angulairement au travers de la paroi longitudinale du filtre, et peut comporter en outre au moins un insert disposé dans la cavité résonante couplant les plongeurs des doigts mobiles insérés dans la même cavité résonante.
- Le doigt mobile peut être une pièce monobloc ou comporter deux parties distinctes métalliques ou comporter deux parties distinctes respectivement métallique et diélectrique.

[0010] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la suite de la description donnée à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés qui représentent:

- figure 1 : un schéma en coupe longitudinale d'un exemple de filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique comportant un exemple de dispositif de compensation mécanique de la température au repos, selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- figure 2 : un schéma du filtre de la figure 1 lorsque la température augmente, selon l'invention;
- figure 3 : un schéma du filtre de la figure 1 lorsque la température diminue, selon l'invention;
- figures 4 et 5 : un schéma en coupe longitudinale d'un exemple de filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique comportant un deuxième exemple de

- dispositif de compensation mécanique de la température respectivement au repos et en fonctionnement, selon le premier mode de réalisation de l'invention;
- figure 6 : un schéma en coupe transversale d'un exemple de filtre hyperfréquence bi-mode équipé d'un dispositif de compensation mécanique de la température, selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
 - figure 7 : un schéma en coupe transversale d'un exemple de filtre hyperfréquence bi-mode comportant des plongeurs à embout circulaire, selon le premier mode de réalisation de l'invention;
 - figures 8 et 9: deux schémas en perspective du filtre hyperfréquence des figures 6 et 7, selon l'invention;
 - figures 10 et 11 : deux schémas en coupe transversale et de profil, d'un exemple de filtre mono-cavité muni d'un système de compensation mécanique de la température selon une variante de réalisation de l'invention ;
 - figure 12 : un schéma en coupe longitudinale d'un exemple de filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique comportant un exemple de dispositif de compensation mécanique de la température au repos, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention;
 - figure 13 : un schéma en perspective du filtre hyperfréquence de la figure 10 montrant le dispositif de compensation monté sur le filtre, selon l'invention ;
 - figure 14 : un schéma en perspective du filtre hyperfréquence de la figure 10 montrant, en éclaté, les différentes pièces du dispositif de compensation, selon l'invention ;
 - figures 15a et 15b : deux schémas, respectivement au repos et lorsque la température augmente, explicitant le fonctionnement du dispositif de compensation du filtre de la figure 12 pour une première valeur de distance séparant les points de fixation Z1 et Z2 des deux pièces de l'actionneur, selon l'invention;
 - figures 16a et 16b : deux schémas, respectivement au repos et lorsque la température augmente, explicitant le fonctionnement du dispositif de compensation du filtre de la figure 12 pour une deuxième valeur de distance séparant les points de fixation Z1 et Z2 des deux pièces de l'actionneur, selon l'invention;
 - figure 17 : un schéma en coupe longitudinale, d'une variante de réalisation du filtre de la figure 10, dans laquelle le dispositif de compensation comporte au moins deux plongeurs par cavité et un insert couplant les doigts mobiles de tous les plongeurs insérés dans une même cavité, selon l'invention;
 - figure 18: un schéma en coupe longitudinale, du filtre de la figure 17 lorsque la température augmente, selon l'invention;
 - figure 19 : un schéma en coupe transversale du filtre de la figure 17, selon l'invention.

[0011] Le filtre représenté schématiquement sur les

différentes figures, comporte une ou plusieurs parois longitudinales périphériques 10 ayant une géométrie définie autour d'un axe longitudinal Z, formant un guide d'onde, par exemple à section cylindrique, rectangulaire, carrée ou elliptique, et délimitant au moins une cavité résonante, et deux parois d'extrémité transversales opposées 14, 15 comportant, respectivement, une entrée axiale et une sortie axiale de signaux hyperfréquence. Les parois longitudinales et transversales du filtre sont réalisées dans un matériau métallique tel que par exemple en aluminium. A titre d'exemple non limitatif, deux cavités résonantes 11, 12 sont représentées sur les figures 1 à 7, les deux cavités résonantes 11, 12 étant superposées selon l'axe longitudinal Z et couplées entre elles par un iris de couplage 43. Chaque cavité résonante 11, 12 comporte un résonateur diélectrique 16, 17 qui peut avoir n'importe quelle forme. A titre d'exemple non limitatif, comme représenté sur les différentes figures, le résonateur diélectrique 16, 17 peut être réalisé en technologie «plaque» et comporter deux faces planes parallèles entre elles séparées par une épaisseur de diélectrique délimitée par des parois latérales. Dans ce cas, chaque résonateur diélectrique 16, 17 peut être, par exemple, placé transversalement à l'axe Z, sensiblement au milieu des deux cavités 11, 12 respectives et solidarisé à la paroi longitudinale 10 du filtre de façon que chaque résonateur soit couplé électriquement aux parois du filtre. Le couplage électrique de chaque résonateur aux parois du filtre peut par exemple être réalisé par un contact mécanique et électrique avec la paroi longitudinale 10 du filtre. Le filtre comporte en outre au moins un dispositif de compensation mécanique de la fréquence de résonance du filtre comportant au moins un doigt mobile en rotation par mode de fonctionnement et par cavité et un actionneur mécanique externe couplé au doigt mobile. Le doigt mobile est monté dans la paroi longitudinale 10 du filtre et pénètre dans la cavité. Dans le premier exemple de réalisation de la figure 1, le dispositif de compensation mécanique de la fréquence de résonance comporte deux doigts mobiles 20a, 21 a dédiés respectivement aux cavités 11, 12, alignés parallèlement à l'axe Z et couplés entre eux, chaque doigt mobile comportant une partie supérieure 23, 24 externe et une partie inférieure 25, 26 appelée plongeur, qui traverse, sensiblement perpendiculairement, la paroi longitudinale 10 du filtre et pénètre respectivement dans l'une des cavités du filtre à une profondeur fixe prédéterminée. Au repos, les plongeurs 25, 26 sont respectivement disposés à une même position relative, correspondant à une même distance D, des résonateurs 16, 17 respectifs, la distance D correspondant à une distance à température ambiante. La partie supérieure 23, 24 de chaque doigt mobile peut par exemple être montée en butée sur la paroi longitudinale 10 du filtre. Les doigts mobiles peuvent être réalisés dans une pièce monobloc métallique de même matériau ou de matériau différent que les parois du filtre ou réalisés en deux pièces distinctes. Dans le cas où les doigts mobiles comportent deux pièces distinctes, leur partie inférieure 25,

26 peut être réalisée dans un matériau diélectrique ou dans un matériau métallique identique ou différent de celui de la partie supérieure. Les parties supérieures 23, 24 métalliques des deux doigts mobiles sont reliées fixe-ment à un même actionneur externe 48a, l'actionneur 48a étant réalisé dans un matériau comportant un coef-ficient de dilatation thermique CTE (en anglais : coeffi-cient of thermal expansion) significativement plus faible, par exemple au moins cinq fois plus et de préférence au moins dix fois plus faible, que celui du matériau de la paroi longitudinale 10 du filtre. A titre d'exemple non li-mitatif, l'actionneur 48a peut par exemple être réalisé dans un matériau tel que l'Invar (marque déposée) et le matériau de la paroi longitudinale 10 du filtre peut être réalisé en aluminium. Chaque doigt mobile peut par exemple comporter deux parties coaxiales à symétrie de révolution, par exemple cylindrique, formant respective-ment les parties interne et externe, la partie interne pénétrant seule dans la cavité ayant un diamètre inférieur à la partie externe reliée à l'actionneur externe 48a et à la paroi longitudinale 10 du filtre. Au niveau de la traver-sée de la paroi longitudinale 10 du filtre par un doigt mo-bile 20a, 21a, la paroi 10 peut comporter une zone loca-lement amincie 29, 30 constituant une membrane métal-lique flexible pouvant se déformer au niveau de la liaison entre le doigt mobile 20a, 21 a et la cavité 11, 12 respec-tive. Les zones localement amincies constituent les bu-tées sur lesquelles reposent les parties externes des doigts mobiles et forment des liaisons pivots pour les doigts mobiles. La zone amincie peut être remplacée par un insert flexible conducteur, non représenté, aménagé dans la paroi longitudinale du filtre, connecté au doigt mobile et à la paroi de la cavité, l'insert assurant alors la fonction de la liaison pivot et une continuité électrique dans la cavité.

[0012] Les deux cavités 11, 12 étant couplées entre elles, elles doivent avoir un comportement similaire et fonctionner à la même fréquence de résonance. Cette fréquence de résonance est réglée finement à tempé-rature ambiante, par exemple, comme représenté sur les figures 4 à 9, par un ensemble de vis 31 traversant les parois du filtre et pénétrant dans chaque cavité 11, 12. En fonctionnement, les parois du filtre ont des dimen-sions qui varient avec la température ce qui fait varier la fréquence de résonance des cavités du filtre. Pour sta-biliser la valeur de la fréquence de résonance de chaque cavité lorsque la température du filtre évolue, le dispositif de compensation mécanique modifie dynamiquement, d'une même valeur, la distance D qui sépare l'extrémité 27, 28 du plongeur de chaque doigt mobile et le résona-teur 16, 17 disposé dans la cavité correspondante 11, 12. La partie externe 23, 24 de chaque doigt mobile 20a, 21 a restant fixée en butée sur les zones locales amincies 29, 30 de la paroi longitudinale 10 du filtre, cela assure en permanence, une continuité électrique des parois du filtre. La modification de la distance D est obtenue grâce au différentiel des coefficients de dilatation thermique qui existe entre le matériau de l'actionneur et le matériau

des parois du filtre et de la partie externe des doigts mo-biles. Par l'effet de ce différentiel, l'actionneur externe induit en température, des efforts mécaniques sur les plongeurs, perpendiculairement à l'axe des plongeurs, ce qui provoque un pivotement simultané des deux plon-geurs par rotation autour des deux liaisons de pivots 5, 6 respectives situés au niveau des zones locales amin-cies 29, 30 de la paroi 10 qui se déforment sous l'action de ce pivotement. Les figures 2 et 3 illustrent schéma-tiquement le fonctionnement du dispositif de compensa-tion mécanique respectivement lorsque la température dans les cavités augmente et lorsqu'elle décroît.

[0013] Dans les modes de réalisation représentés sur les figures 1 à 7, l'actionneur externe 48a est une pièce longitudinale disposée longitudinalement à proximité de la paroi longitudinale 10 du filtre, à une hauteur H non nulle par rapport aux zones amincies 29, 30 de la paroi 10 du filtre, et parallèlement à l'axe Z du filtre. L'action-neur externe 48a est couplé mécaniquement, en deux points d'attache 34, 35 situés à la hauteur H et espacés d'une distance L, à deux doigts mobiles distincts 20a, 21a. La hauteur H peut être réglée par tout moyen ap-proprié tel que par exemple par un ensemble de cales 32, 33, ces cales pouvant par exemple être réalisées en matériau apte à être pelé, ce qui permet alors de pouvoir régler finement la hauteur H. Le réglage de la hauteur H peut aussi être réalisé par un autre système tel qu'un ensemble de vis associées à des écrous.

[0014] Les parois du filtre étant métalliques, ses di-mensions se dilatent lorsque la température augmente. L'actionneur externe 48a étant dans un matériau com-portant un coefficient de dilatation thermique beaucoup plus faible que celui des parois du filtre, est quasiment stable en température et la distance L séparant les deux points d'attache 34, 35 reste quasiment fixe. Sous l'action de l'expansion des parois du filtre, l'actionneur 48a retient donc la partie externe des doigts mobiles au niveau de leur point d'attache 34, 35 à la hauteur H et empêche cette partie externe, au niveau des points d'attache 34, 35, de suivre le mouvement des parois du filtre. Chaque plongeur 25, 26, monté en butée sur les zones amincies de la paroi du filtre, pivote alors en rotation autour de leur liaison de pivot 5, 6 respective et s'incline en déformant les zones amincies 29, 30 de la paroi du filtre. Dans le mode de réalisation de la figure 2, le pivotement des plon-geurs en rotation autour de leur liaison de pivot 5, 6 res-pective et leur inclinaison s'effectue symétriquement dans un sens contraire l'un par rapport à l'autre et a pour effet d'éloigner les extrémités des doigts des plongeurs par rapport aux résonateurs respectifs, la distance D1 entre chaque résonateur et l'extrémité 27, 28 de chaque plongeur 25, 26 étant supérieure à la distance D au repos. L'amplitude maximale de l'angle de rotation des plon-geurs est, en partie, liée à la hauteur H. Lorsque la hau-teur H augmente, l'amplitude maximale de l'angle de ro-tation des plongeurs diminue, ce qui provoque une dimi-nution de la compensation possible. Dans ce premier mode de réalisation de l'invention, le réglage de la hau-

teur H est donc un moyen de réglage de la compensation de la variation de fréquence en fonction de la température.

[0015] Comme représenté schématiquement sur la figure 3, dans le cas contraire où la température décroît, les dimensions des parois de la cavité diminuent et le pivotement des plongeurs en rotation autour de leur liaison de pivot 5, 6 respective s'effectue symétriquement dans un sens contraire l'un par rapport à l'autre mais a pour effet de rapprocher l'extrémité du plongeur de chaque doigt mobile par rapport aux résonateurs respectifs, la distance D2 entre chaque résonateur et l'extrémité 27, 28 de chaque plongeur 25, 26 étant inférieure à la distance D au repos. L'éloignement ou le rapprochement de l'extrémité des plongeurs par rapport aux résonateurs respectifs est de l'ordre de quelques micromètres, ce qui permet de piloter, en dynamique, la fréquence de résonance de chaque cavité. Le dispositif de compensation étant symétrique et les deux plongeurs fonctionnant symétriquement, la compensation de la variation de fréquence en fonction de la température est identique pour chaque cavité ce qui permet aux deux cavités 11, 12 de fonctionner à la même fréquence de résonance.

[0016] Le système de compensation en température comporte au minimum un plongeur par mode de fonctionnement et par cavité. Il peut être nécessaire de disposer de plusieurs plongeurs par cavité lorsque l'amplitude maximale de rotation d'un plongeur unique n'est pas suffisante et ne permet pas d'obtenir une capacité de compensation en fréquence souhaitée. Sur les figures 4 et 5, le système de compensation du filtre en température comporte deux plongeurs par cavité. Les deux plongeurs associés à une même cavité sont espacés angulairement l'un par rapport à l'autre de façon diamétralement opposés et agissent sur un même mode de fonctionnement, ce qui permet de répartir l'effet de compensation. Les deux plongeurs 25a, 25b, respectivement 26a, 26b, associés à deux doigts mobiles différents 20a, 20b, respectivement 21a, 21b, plongent dans une même cavité 11, respectivement 12 du filtre. Chaque plongeur 25a, 25b de la première cavité 11 est couplé en ligne à un plongeur 26a, 26b correspondant de la deuxième cavité 12 par l'intermédiaire d'un actionneur 48a, 48b respectif. Ainsi, avec deux plongeurs par cavité, la compensation possible est deux fois plus importante qu'avec un seul plongeur par cavité.

[0017] Sur les vues des figures 6 à 9, le système de compensation comporte quatre doigts mobiles par cavité. Les quatre doigts mobiles 20a, 20b, 20c, 20d sont répartis angulairement et de manière régulière au travers de la paroi longitudinale 10 du filtre. La partie interne 25 de chaque doigt mobile constituant un plongeur dans la cavité 11, est positionnée devant une face d'un résonateur plaque 16. La cavité 11 représentée est bi-mode, chaque mode de fonctionnement étant calé à la même fréquence. Les plongeurs 25a, 25b, correspondant aux doigts mobiles 20a, 20c, sont disposés de façon diamétralement opposée et agissent sur un même premier mo-

de. Les plongeurs 25c, 25d, correspondant aux doigts mobiles 20c, 20d, sont disposés à 90° par rapport aux plongeurs 20a, 20b et agissent sur un même deuxième mode.

[0018] Lorsque les cavités fonctionnent dans deux modes différents, comme représenté sur lesdites figures 6 à 9, il est nécessaire de compenser les dérives en température pour les deux modes de fonctionnement. Pour cela, chaque doigt mobile 20a, 20b, 20c, 20d est actionné en pivotement par un actionneur externe 48a, 48b, 48c, 48d fixé à une hauteur H sur la partie externe 23 du doigt mobile correspondant.

[0019] L'extrémité 27 de chaque plongeur 25a, 25b, 25c, 25d peut être de forme diverse et de dimension quelconque, cette forme étant ajustée de manière à agir de façon optimale sur le champ électrique régnant dans la cavité du filtre et à optimiser la compensation en fréquence. Le champ électrique étant maximum dans le résonateur diélectrique, la rotation du plongeur en direction du résonateur diélectrique provoque un renforcement du champ électrique qui fait baisser la fréquence de résonance de la cavité. A l'inverse, la rotation du plongeur dans la direction opposée au résonateur augmente la fréquence de résonance. Le décalage en fréquence dépend non seulement de la longueur du plongeur mais aussi de sa forme qui peut être optimisée en fonction de la carte du champ électromagnétique pour avoir l'effet escompté avec moins d'effort, moins de pièces et moins de pertes.

[0020] A titre d'exemples non limitatifs, sur la figure 6, l'extrémité 27 de chaque plongeur a une forme droite alors que sur la figure 7, l'extrémité de chaque plongeur est constituée d'un embout 36 circulaire. L'embout 36 peut également être de forme cylindrique, ou comporter une palette ronde ou carrée ou rectangulaire.

[0021] Sur l'exemple de réalisation représenté sur les figures 10 et 11, le filtre comporte une seule cavité résonante et un système de compensation comportant au moins un doigt mobile 20a plongeant dans la cavité. Dans ce cas, la cavité étant unique, le système de compensation ne comporte pas plusieurs doigts mobiles alignés pouvant être raccordés ensembles par l'actionneur externe 48a du système de compensation. L'actionneur externe est alors couplé mécaniquement, en deux points d'attache 34, 49 situés, à la hauteur H et espacés d'une distance L, à la partie supérieure externe 23 du doigt mobile 20a et à l'une des parois 10, 14, 15 du filtre, de préférence à l'une des parois d'extrémité transversales 14, 15 du filtre.

[0022] Sur l'exemple de réalisation représenté sur les figures 12 à 14, le filtre comporte trois cavités résonantes 11, 12, 13 superposées selon l'axe longitudinal Z. Les trois cavités résonantes 11, 12, 13 sont couplées entre elles par deux iris de couplage 43, 44. Chaque cavité résonante comporte respectivement un résonateur diélectrique 16, 17, 18 placé transversalement à l'axe Z, sensiblement au milieu des trois cavités 11, 12, 13 respectives et solidarisé à la paroi longitudinale 10 du filtre

de façon que chaque résonateur soit couplé électriquement aux parois du filtre. Le filtre comporte un dispositif de compensation des variations de la fréquence en fonction de la température conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention. Le dispositif de compensation comporte au moins un doigt mobile 20a, 21 a, 22a par cavité, le doigt mobile 20a étant couplé mécaniquement à un actionneur externe 48a disposé parallèlement à l'axe longitudinal Z à proximité de la paroi longitudinale 10 du filtre. Lorsque le filtre comporte plusieurs cavités résonantes et que le dispositif de compensation comporte un seul plongeur par cavité, les plongeurs dédiés aux différentes cavités sont couplés entre eux en ligne par un même actionneur externe. Sur les figures 12 à 14, le filtre comporte trois doigts mobiles 20a, 21 a, 22a dédiés respectivement à chacune des trois cavités, couplés entre eux en ligne par un premier actionneur externe 48a et trois doigts mobiles additionnels 20b, 21 b, 22b couplés entre eux en ligne par un deuxième actionneur externe 48b.

[0023] Comme représenté sur la vue schématique de la figure 14, selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, le dispositif de compensation des variations de la fréquence en fonction de la température comporte en outre, une pièce longitudinale additionnelle 50a montée parallèlement à chaque actionneur 48a. La pièce additionnelle 50a est réalisée dans un matériau métallique ayant le même coefficient de dilatation thermique que celui de la paroi du filtre et est fixée mécaniquement aux parties supérieures des trois doigts mobiles 20a, 21 a, 22a 20a, 21 a, 22a disposés sur une même ligne parallèle à l'axe Z. L'actionneur 48a est réalisé dans un matériau stable en température comportant un coefficient de dilatation thermique CTE significativement plus faible que celui du matériau de la paroi longitudinale 10 du filtre, par exemple en Invar (marque déposée) et est monté autour de la pièce longitudinale additionnelle 50a, de sorte que la pièce longitudinale additionnelle 50a est logée avec un jeu à l'intérieur de l'actionneur 48a. L'actionneur 48a et la pièce longitudinale additionnelle 50a sont donc imbriqués l'un dans l'autre et forment un ensemble disposé longitudinalement à l'extérieur du filtre, le long de la paroi longitudinale 10 du filtre et parallèlement à l'axe Z.

[0024] L'actionneur 48a est couplé mécaniquement, en un point de fixation Z1, à l'une des parois 10, 14, 15 du filtre, de préférence à l'une des parois d'extrémité transversales 14, 15, par un premier dispositif de fixation 55. et est couplé mécaniquement aux doigts mobiles alignés 20a, 21a, 22a, par l'intermédiaire de la pièce longitudinale additionnelle 50a. L'actionneur 48a et la pièce longitudinale additionnelle 50a sont également couplés mécaniquement entre eux en un unique point de fixation local Z2 par un deuxième dispositif de fixation 56. Le point de fixation local Z2 a une position longitudinale réglable et peut, par exemple, être situé entre les deux parois d'extrémité transversales 14, 15 du filtre. La pièce longitudinale 50a est donc fixée uniquement aux doigts

mobiles et à l'actionneur 48a au point Z2. Les premier et deuxième dispositifs de fixation 55, 56 peuvent comporter, par exemple, un assemblage par vis. Les plongeurs des trois doigts mobiles 20a, 21 a, 22a pénètrent respectivement dans chacune des cavités du filtre, à une même profondeur fixe.

[0025] Le fonctionnement du dispositif de compensation est schématisé sur les figures 15a, 15b et 16a, 16b dans lesquelles le point de fixation Z1 est situé sur la paroi d'extrémité transversale 15 du filtre. Sur les figures 15a et 15b, le point de fixation Z2 est situé au niveau du doigt mobile 20a. Sur les figures 16a et 16b, le point de fixation Z2 est situé au niveau du doigt mobile 21 a. Dans la pratique, plusieurs positions intermédiaires du point de fixation Z2 peuvent être prédéfinies tout le long de la pièce additionnelle 50a, par exemple par des trous taraudés répartis le long de la pièce et aptes à recevoir la vis 56. Lorsque la température augmente, les parois du filtre et la pièce longitudinale additionnelle 50a se dilatent et la longueur L_a de la paroi longitudinale 10 augmente alors que l'actionneur 48a qui est dans un matériau stable en température, n'est quasiment pas, ou très peu, affecté par les variations de température et garde une longueur L_i fixe. La portion de la pièce longitudinale additionnelle 50a située entre les deux points de fixation Z1 et Z2 est alors contrainte par l'actionneur 48a qui l'empêche de se mouvoir. Sous l'effet du différentiel de dilatation entre l'actionneur 48a et les parois du filtre, les doigts mobiles s'inclinent alors autour de leur liaison de pivot respective 5, 6, 7, les différentes liaisons de pivot étant situées au niveau des zones amincies de la paroi longitudinale 10 du filtre sur lesquelles les extrémités externes des plongeurs sont respectivement en butée. L'inclinaison des plongeurs de chaque doigt mobile s'effectue d'un même angle et dans un même sens. La distance Z1-Z2 qui sépare les deux points de fixation Z1 et Z2 détermine la distance de déplacement D_a , D_b des extrémités de chaque plongeur.

[0026] Ainsi sur la figure 15a, la distance Z1-Z2 est supérieure à celle représentée sur la figure 16a et sur la figure 15b, la distance D_a de déplacement des extrémités des plongeurs de chaque doigt mobile est plus importante que la distance D_b de déplacement des extrémités de chaque plongeur représentée sur la figure 16b. Le mode de réalisation représenté sur les figures 16a et 16b permet un réglage de la compensation par un ajustement de la position de Z2 par rapport à Z1, ce qui correspond donc à un ajustement de la longueur L_i .

[0027] Les figures 17, 18, 19 montrent une variante de réalisation du filtre de l'invention, dans laquelle le dispositif de compensation comporte au moins deux plongeurs par cavité et comporte en outre un insert couplant tous les plongeurs insérés dans une même cavité. Sur la figure 19, quatre doigts mobiles 20a, 20b, 20c, 20d sont insérés dans une même cavité et l'insert 60 qui relie les quatre plongeurs des quatre doigts mobiles est de forme annulaire. Lorsque sous l'effet de la température, les plongeurs des doigts mobiles s'inclinent, l'insert se dé-

place latéralement et parallèlement au résonateur placé dans la cavité. L'insert permet ainsi d'augmenter le volume de matière qui se déplace dans la cavité lorsque la température varie et permet d'obtenir une compensation de fréquence de plus grande amplitude. L'insert 60 permet donc d'augmenter l'amplitude de compensation réalisée par les plongeurs lorsque le déplacement angulaire des plongeurs seuls est insuffisant. L'insert peut être réalisé dans un matériau diélectrique ou métallique. De préférence l'insert est réalisé dans le même matériau que le matériau des plongeurs des doigts mobiles.

[0028] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec des modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Filtre hyperfréquence à résonateur diélectrique ayant un axe longitudinal Z, comportant :

- au moins une cavité résonante (11) selon au moins un mode et au moins une fréquence de résonance, la cavité étant délimitée par au moins une paroi longitudinale (10) et des parois transversales (14, 15), les parois longitudinales et transversales étant constituées d'un matériau ayant un coefficient de dilatation non nul,
- un résonateur diélectrique (16) monté dans la cavité (11) transversalement à l'axe Z, le résonateur diélectrique étant non compensé en température ou partiellement compensé en température,
- un dispositif de compensation mécanique de la fréquence de résonance de la cavité en fonction de la température, **caractérisé en ce que** le dispositif de compensation mécanique comporte :
 - au moins un doigt mobile en rotation (20a) par mode et par cavité, le doigt mobile (20a) étant muni d'un plongeur (25) pénétrant dans la cavité (11) à une profondeur fixe et à une distance D du résonateur (16), la distance D étant définie à température ambiante et étant variable en température,
 - au moins une liaison pivot (5) aménagée dans la paroi longitudinale (10), le plongeur (25) pénétrant dans la cavité (11) par l'intermédiaire de la liaison pivot (5),
 - et un actionneur mécanique externe (48a) pour commander la rotation du doigt mobile (20a) par pivotement autour de la liaison pivot (5), l'actionneur (48a) étant réalisé dans un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique au moins cinq fois plus faible que celui des parois du filtre

et étant monté parallèlement à l'axe Z à une hauteur H non nulle de la paroi longitudinale (10) du filtre et couplé mécaniquement à une partie supérieure externe (23) du doigt mobile (20a).

2. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le doigt mobile (20a) comporte un angle de rotation qui est fonction de la température et de la différence de coefficient de dilatation thermique entre le matériau de l'actionneur (48a) et le matériau de la paroi longitudinale (10) du filtre.
3. Filtre hyperfréquence selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le doigt mobile (20a) comporte une partie supérieure (23) montée en butée sur une zone localement amincie (29) de la paroi longitudinale (10) du filtre, la zone localement amincie formant la liaison pivot (5) pour le doigt mobile (20a).
4. Filtre hyperfréquence selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le doigt mobile (20a) comporte une partie supérieure (23) montée en butée sur un insert flexible conducteur aménagé dans la paroi longitudinale (10) du filtre et connecté au doigt mobile (20a) et à la paroi longitudinale (10), l'insert formant la liaison pivot (5) pour le doigt mobile (20a).
5. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'il** comporte une seule cavité résonante (11) et **en ce que** l'actionneur mécanique externe (48a) est couplé mécaniquement, en deux points d'attache (34, 49), à la partie supérieure externe (23) du doigt mobile (20a) et à l'une des parois (10, 14, 15) du filtre.
6. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux cavités résonantes (11, 12) superposées selon l'axe longitudinal Z et couplées entre elles et deux résonateurs diélectriques (16, 17) montés respectivement dans les cavités (11, 12), **en ce que** le dispositif de compensation comporte au moins deux doigts mobiles (20a, 20b) alignés parallèlement à l'axe Z, chaque doigt mobile (20a, 21a) étant muni d'un plongeur (25, 26) pénétrant respectivement dans les cavités (11, 12) à une profondeur fixe et à une même distance D des résonateurs diélectriques respectifs (16, 17), **en ce que** l'actionneur mécanique externe (48a) est couplé mécaniquement à la partie supérieure externe (23, 24) des deux doigts mobiles (20a, 21a) en deux points d'attache (34, 35).
7. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux cavités résonantes (11, 12) superposées selon l'axe longitudinal Z et couplées entre elles et deux résonateurs diélectriques (16, 17) montés respectivement dans les cavités (11, 12), **en ce que** le dis-

positif de compensation comporte au moins deux doigts mobiles (20a, 20b) alignés parallèlement à l'axe Z, chaque doigt mobile (20a, 21 a) étant muni d'un plongeur (25, 26) pénétrant respectivement dans les cavités (11, 12) à une profondeur fixe et à une même distance D des résonateurs diélectriques respectifs (16, 17), **en ce que** le dispositif de compensation des variations de la fréquence en fonction de la température comporte, en outre, une pièce longitudinale additionnelle (50a) réalisée dans un matériau ayant le même coefficient de dilatation thermique que celui des parois (10, 14, 15) du filtre, la pièce longitudinale additionnelle (50a) étant montée parallèlement à l'actionneur mécanique externe (48a) et fixée à la partie supérieure externe (23, 24) des deux doigts mobiles (20a, 20b), l'actionneur mécanique externe (48a) étant fixé à l'une des parois (10, 14, 15) du filtre, et **en ce que** l'actionneur (48a) et la pièce longitudinale additionnelle (50a) sont couplés mécaniquement entre eux en un unique point de fixation local (Z2).

8. Filtre hyperfréquence selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le point de fixation local (Z2) a une position longitudinale ajustable. 25
9. Filtre hyperfréquence selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'actionneur mécanique externe (48a) est fixé sur l'une des parois transversales (14, 15) du filtre. 30
10. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte un système de réglage (32, 33) de la hauteur H permettant d'ajuster l'angle de rotation en température des plongeurs et donc la compensation. 35
11. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque plongeur comporte un embout (36) de géométrie quelconque. 40
12. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux doigts mobiles (20a, 20b) par cavité résonante (11), les deux doigts mobiles (20a, 20b) étant répartis angulairement au travers de la paroi longitudinale (10) du filtre, et **en ce qu'il** comporte en outre au moins un insert (60) disposé dans la cavité résonante (11) couplant les plongeurs des doigts mobiles (20a, 20b) insérés dans la même cavité résonante (11). 45 50
13. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le doigt mobile est une pièce monobloc. 55
14. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications

1 à 12, **caractérisé en ce que** le doigt mobile (20a) comporte deux parties distinctes métalliques constituées d'un même matériau ou d'un matériau différent.

15. Filtre hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** le doigt mobile comporte deux parties distinctes respectivement métallique et diélectrique.

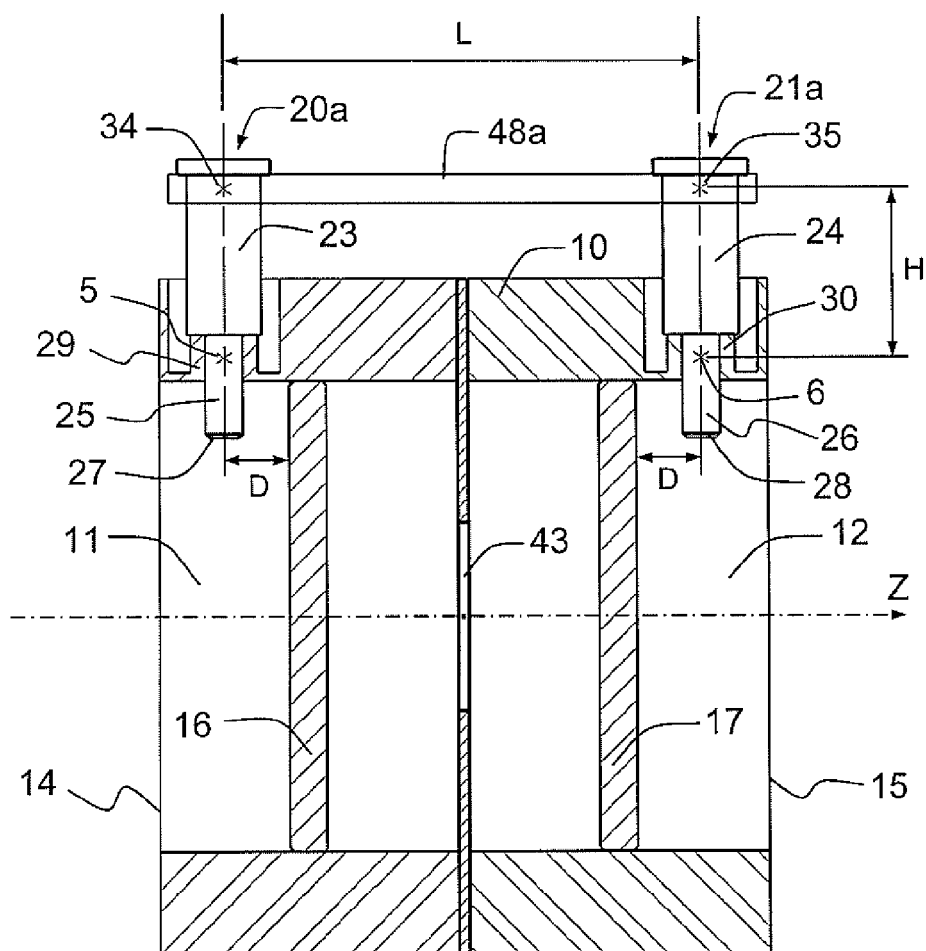


FIG.1

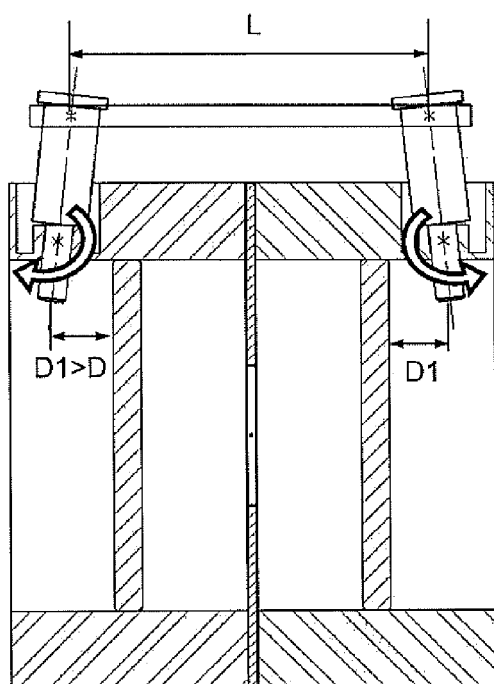


FIG.2

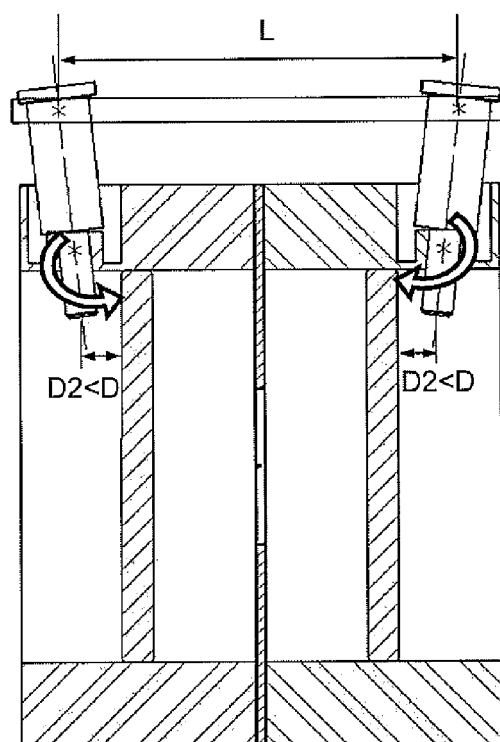


FIG.3

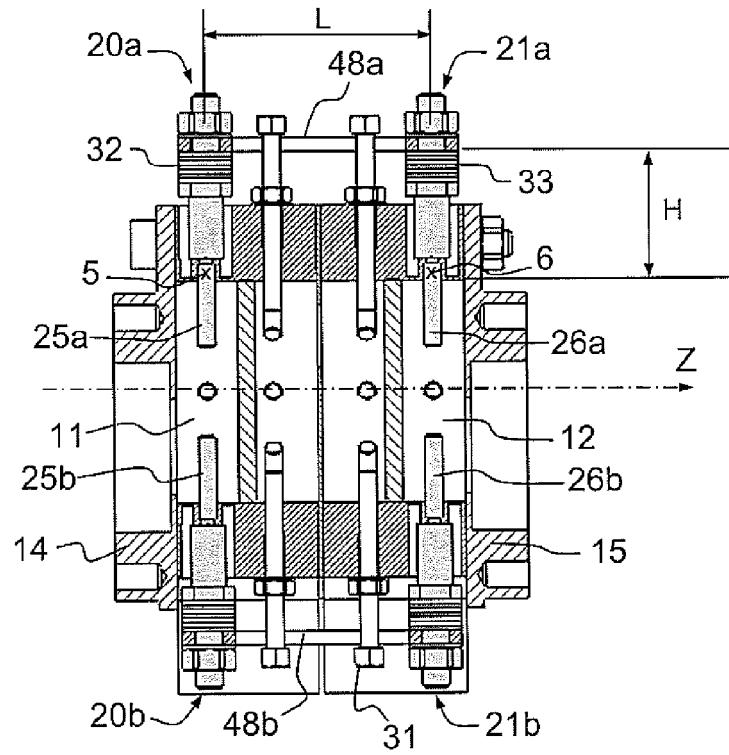


FIG. 4

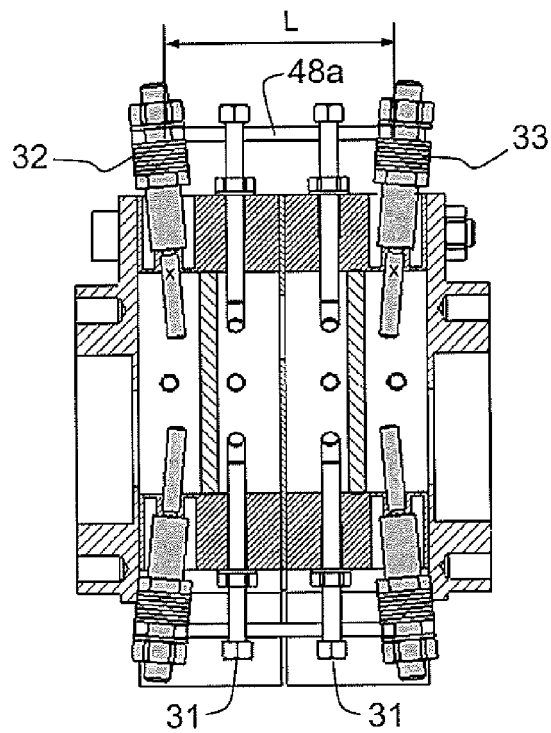


FIG. 5

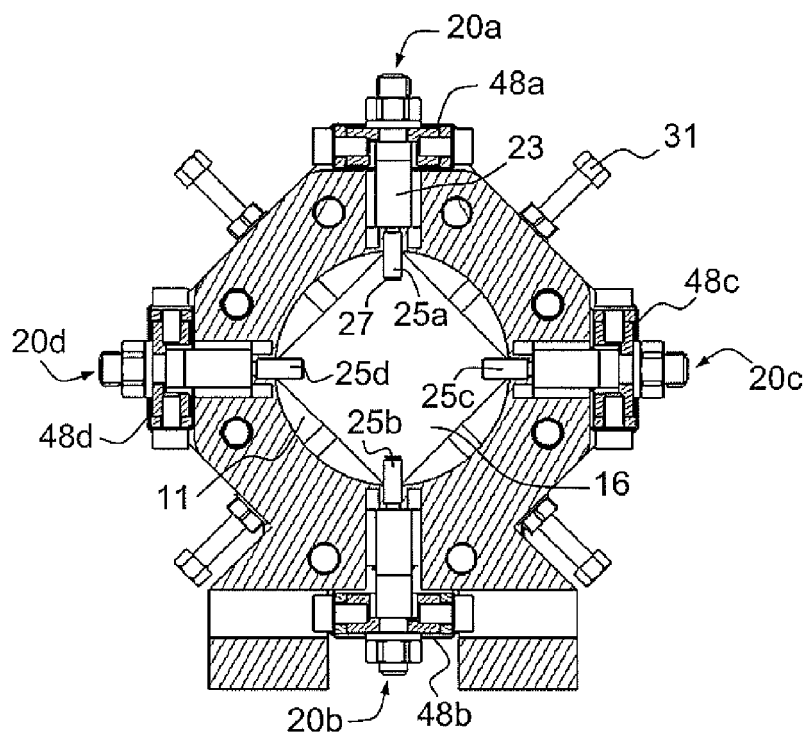


FIG. 6

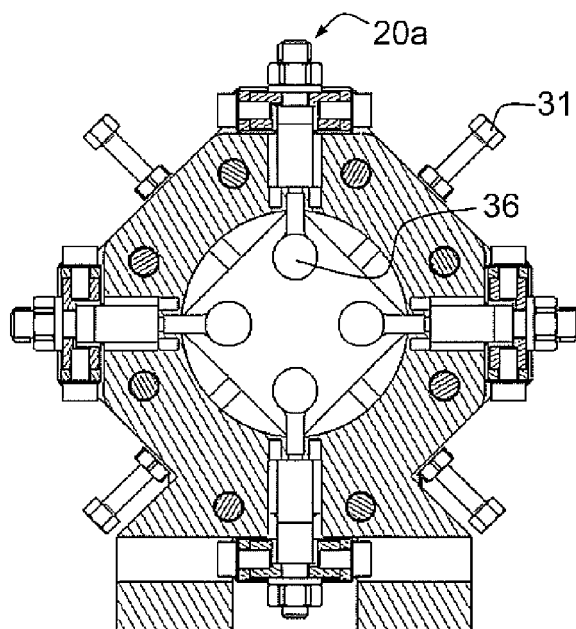


FIG. 7

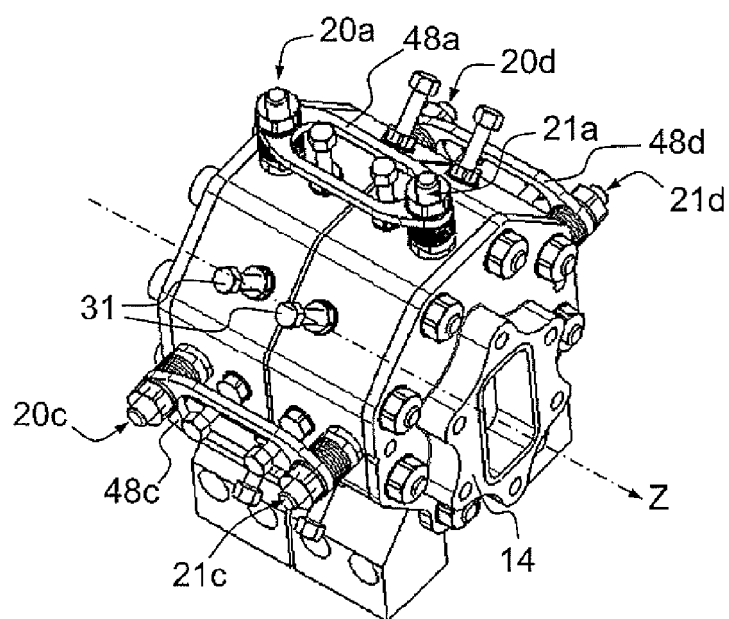


FIG. 8

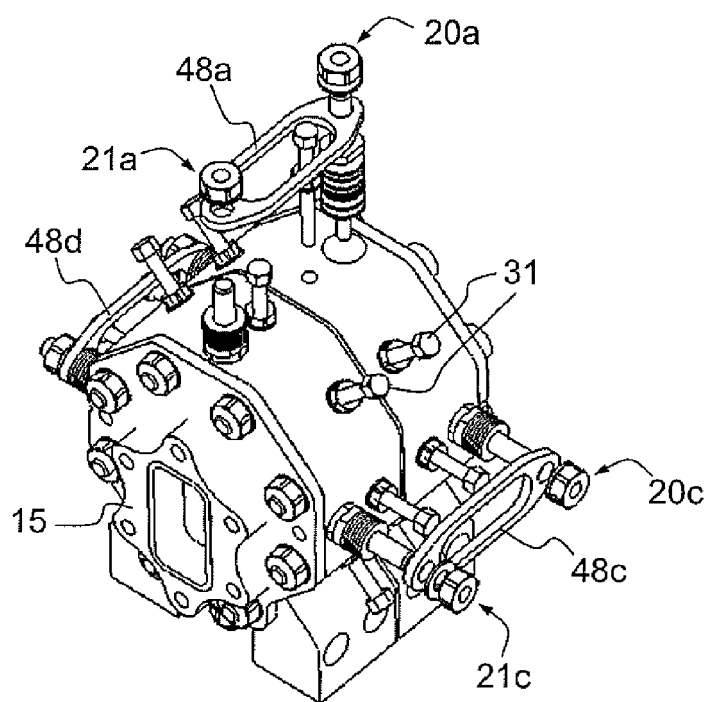


FIG. 9

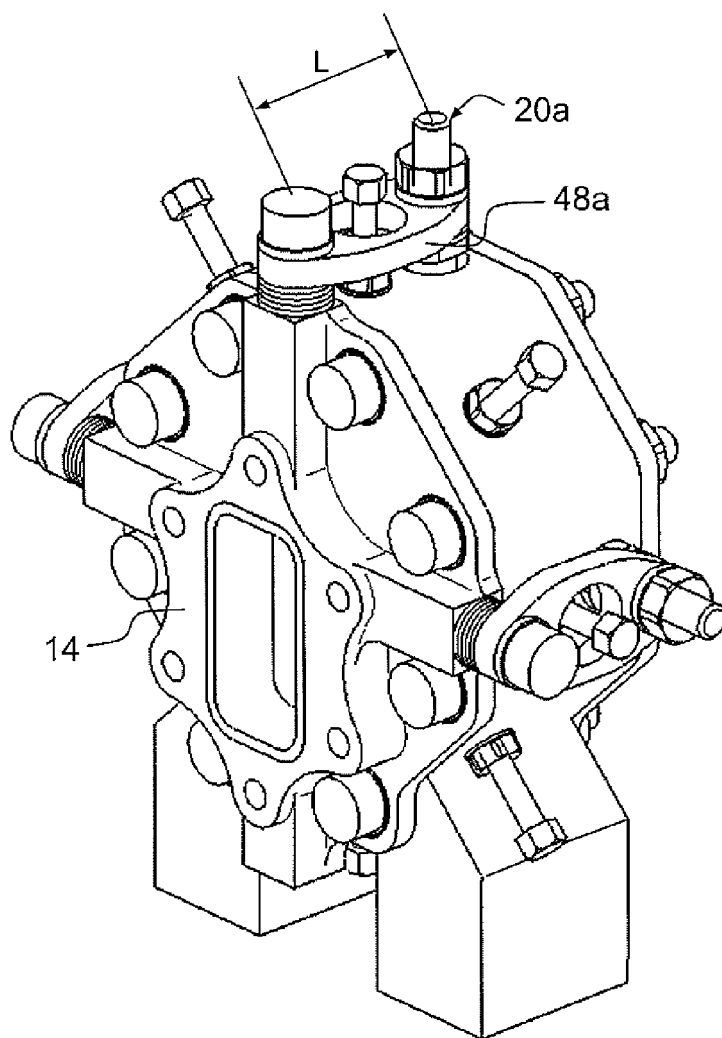


FIG.10

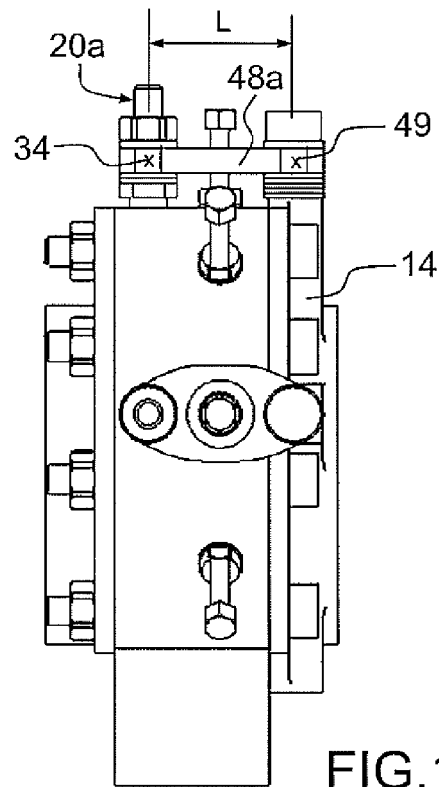


FIG.11

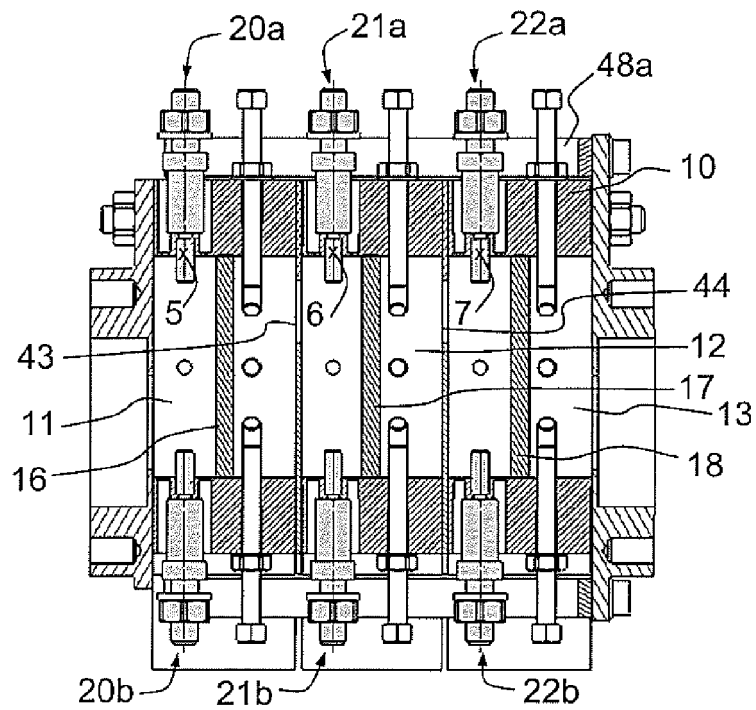


FIG.12

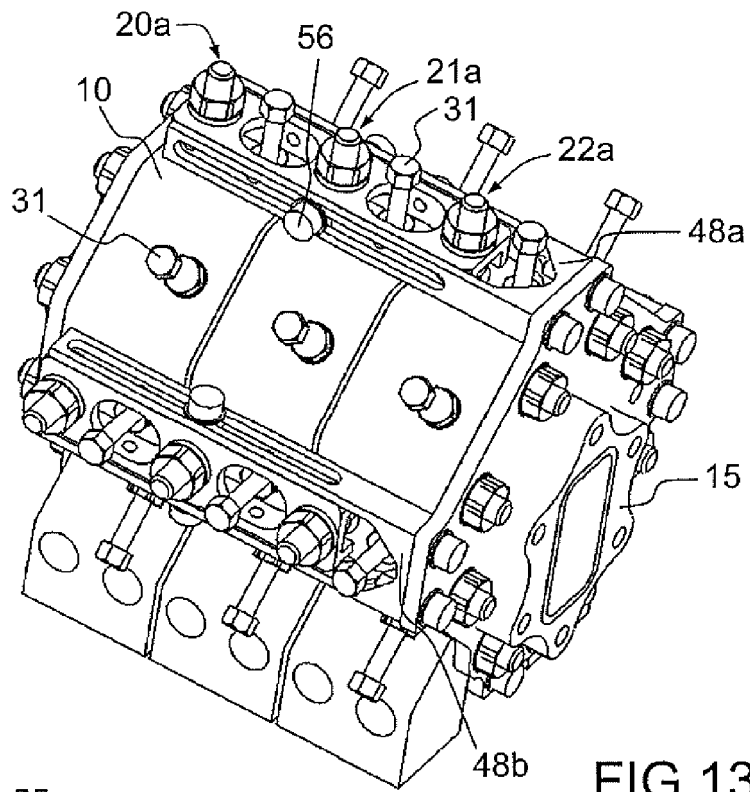


FIG. 13

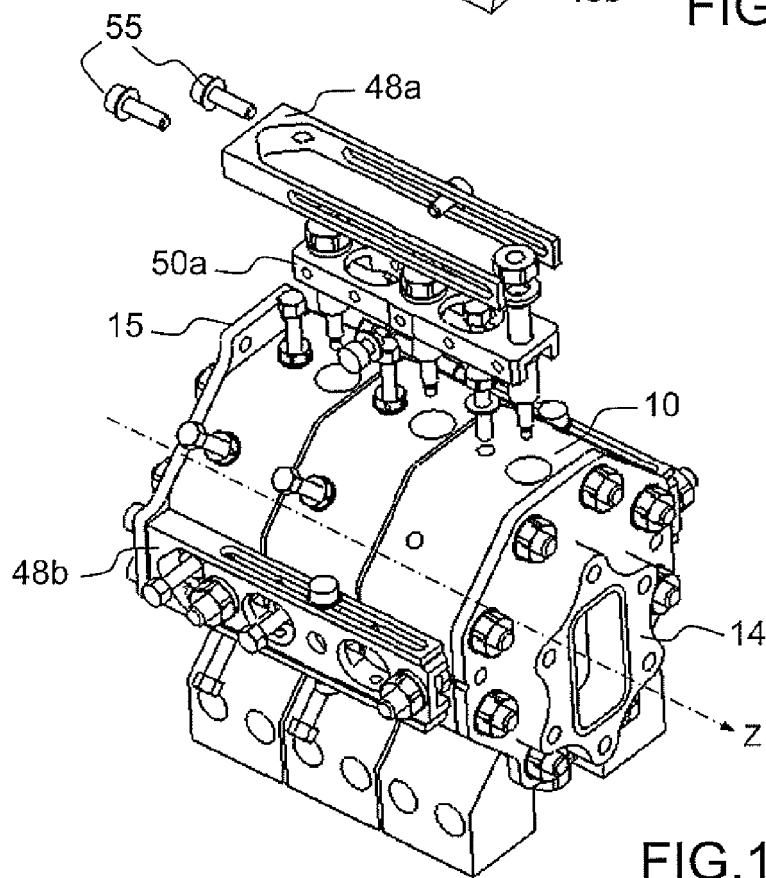


FIG. 14

FIG.15a

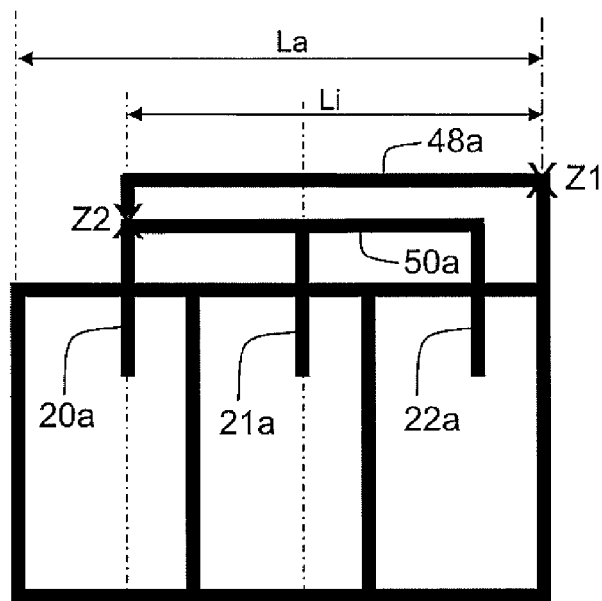


FIG.15b

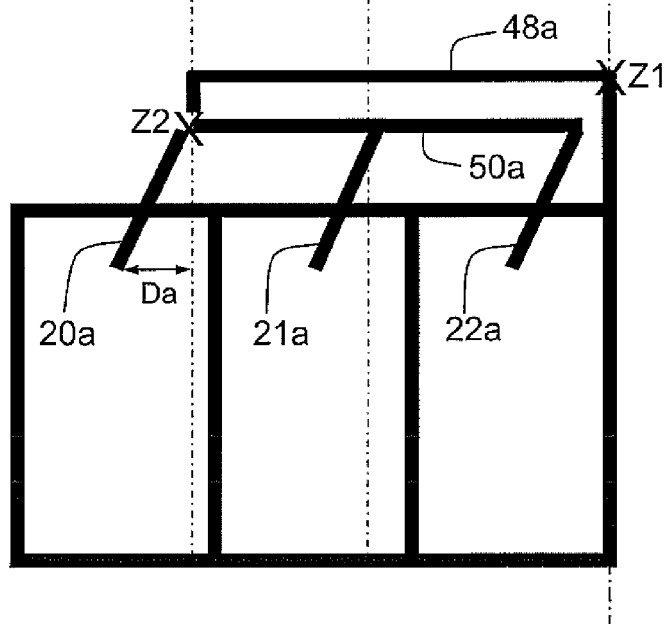


FIG.16a

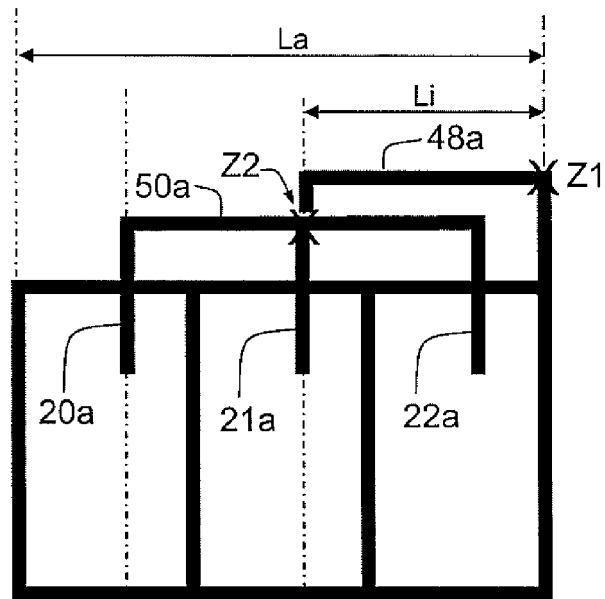
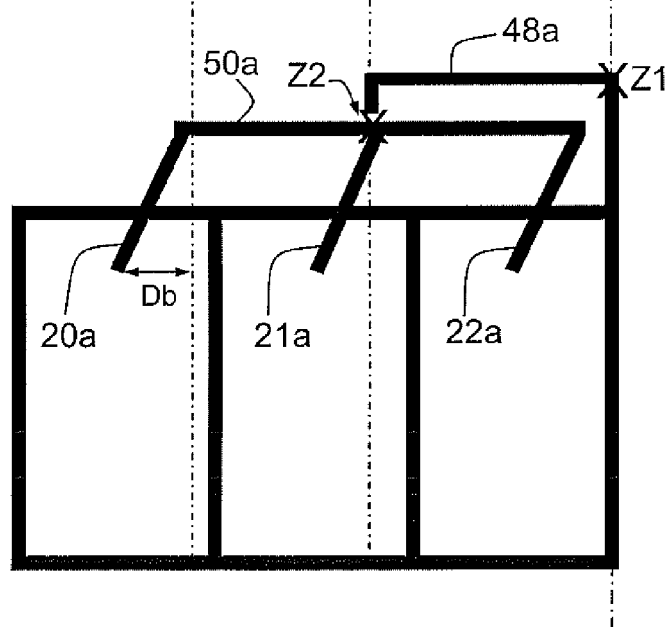


FIG.16b



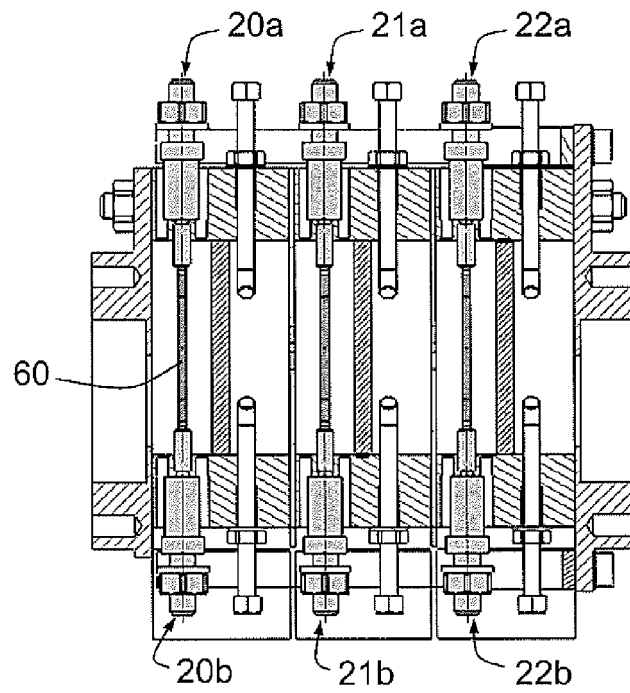


FIG.17

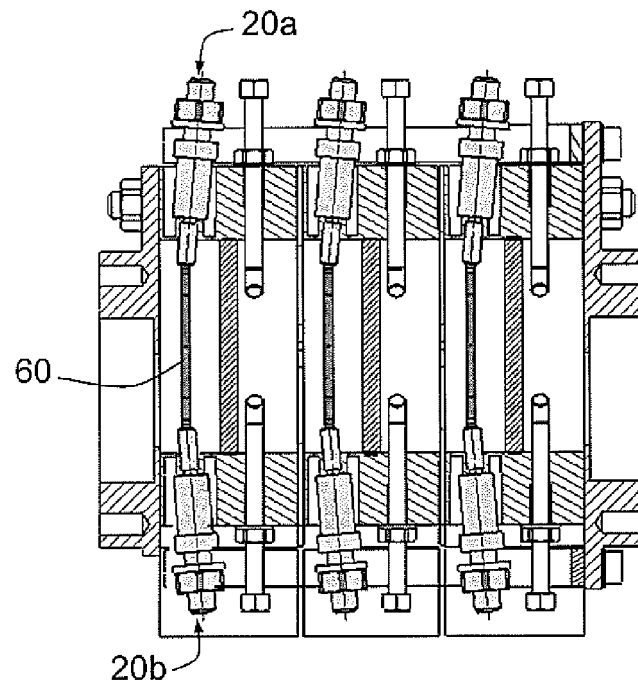


FIG.18

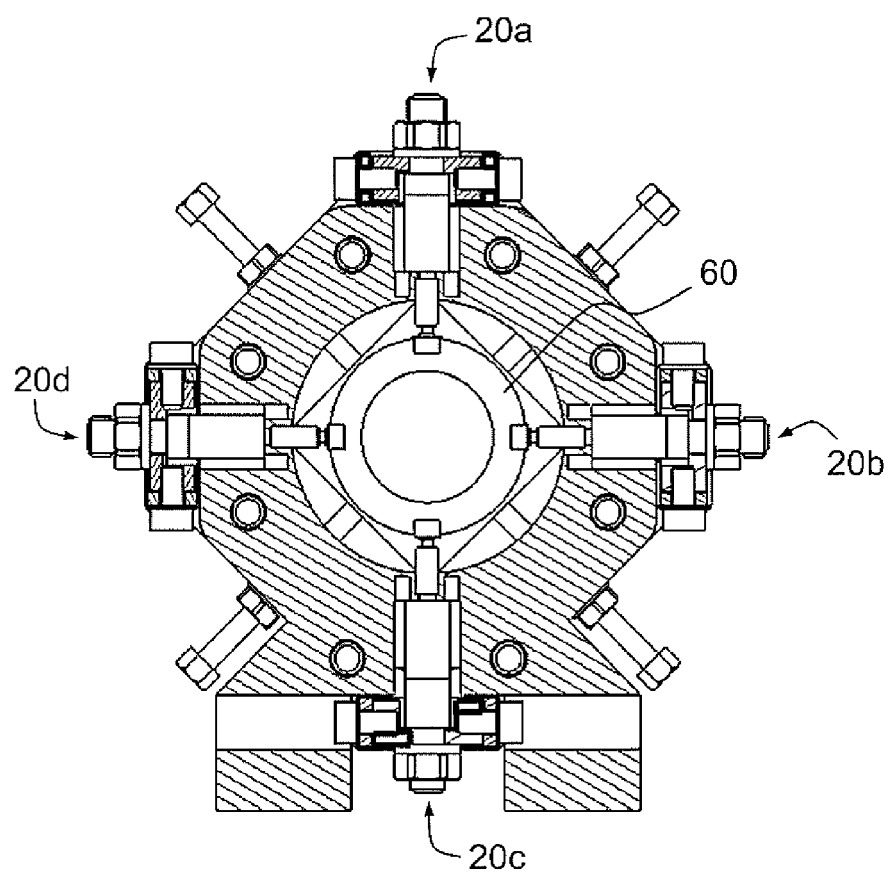


FIG.19



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 18 2439

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	WO 2010/016746 A2 (ACE TECHNOLOGIES CORP [KR]; CHUN DONG-WAN [KR]; PARK KWANG-SUN [KR]) 11 février 2010 (2010-02-11) * abrégé * & US 2011/133862 A1 (CHUN DONG-WAN [KR] ET AL) 9 juin 2011 (2011-06-09) * alinéa [0047] - alinéa [0055]; figure 3 * * alinéa [0063] - alinéa [0066]; figure 6 *	1-15	INV. H01P1/208 H01P7/10
A	EP 2 031 693 A1 (ACE TECHNOLOGY [KR]) 4 mars 2009 (2009-03-04) * alinéa [0107] - alinéa [0121]; figures 12-14 *	1-15	
A	FR 2 534 088 A1 (MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 avril 1984 (1984-04-06) * page 30, ligne 1 - ligne 25; figure 33 * * page 31, ligne 6 - ligne 16 * * page 32, ligne 1 - ligne 31; figures 38,39 * * page 33, ligne 25 - page 34, ligne 2 * * page 34, ligne 30 - page 35, ligne 22 *	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
A	DE 28 51 870 A1 (SIEMENS AG) 4 juin 1980 (1980-06-04) * page 4, ligne 35 - page 5, ligne 26; figures 1,2 *	1-15	
A	WO 2006/058965 A1 (FILTRONIC COMTEK OY [FI]; ALA-KOJOLA JOUNI [FI]; OLLINAHO ARTTU [FI]) 8 juin 2006 (2006-06-08) * page 3, ligne 3 - ligne 24; figure 2 * * page 6, ligne 32 - page 7, ligne 23; figures 6a,6b *	1-15	
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 30 janvier 2012	Examineur Pastor Jiménez, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 18 2439

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-01-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2010016746	A2	11-02-2010	CN 102119465 A	06-07-2011
			KR 20100018919 A	18-02-2010
			US 2011133862 A1	09-06-2011
			WO 2010016746 A2	11-02-2010

EP 2031693	A1	04-03-2009	EP 2031693 A1	04-03-2009
			US 2009058563 A1	05-03-2009

FR 2534088	A1	06-04-1984	AU 558140 B2	22-01-1987
			AU 1974983 A	05-04-1984
			CA 1213009 A1	21-10-1986
			FR 2534088 A1	06-04-1984
			GB 2129228 A	10-05-1984
			US 4639699 A	27-01-1987

DE 2851870	A1	04-06-1980	AUCUN	

WO 2006058965	A1	08-06-2006	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82