

(19)



(11)

EP 2 195 877 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
29.05.2013 Bulletin 2013/22

(21) Numéro de dépôt: **08803722.1**

(22) Date de dépôt: **05.09.2008**

(51) Int Cl.:
H01P 1/161 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2008/061753

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/030737 (12.03.2009 Gazette 2009/11)

(54) **COUPLEUR-SEPARATEUR D'EMISSION-RECEPTION MULTIBANDE A LARGE BANDE DE TYPE OMT POUR ANTENNES DE TELECOMMUNICATIONS HYPERFREQUENCES**

OMT-BREITBAND- UND MULTIBAND-/SENDE- UND EMPFANGS-/KOPPLUNGS- UND TRENNVORRICHTUNG FÜR HOCHFREQUENZ-TELEKOMMUNIKATIONSANTENNEN

OMT TYPE BROADBAND MULTIBAND TRANSMISSION-RECEPTION COUPLER-SEPARATOR FOR RF FREQUENCY TELECOMMUNICATIONS ANTENNAS

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **07.09.2007 FR 0706284**

(43) Date de publication de la demande:
16.06.2010 Bulletin 2010/24

(73) Titulaire: **THALES**
92200 Neuilly-sur-Seine (FR)

(72) Inventeurs:
• **PEROTTINO, Paddy**
31170 Tournefeuille (FR)
• **LEPELTIER, Philippe**
31320 Castanet Tolosan (FR)

(74) Mandataire: **Esselin, Sophie et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble Visium
22, Avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
GB-A- 2 194 859

- **CHAKRABARTY S ET AL: "Multifrequency Waveguide Orthomode Transducer" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 53, no. 8, août 2005 (2005-08), pages 2604-2609, XP011137360 ISSN: 0018-9480**

EP 2 195 877 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un coupleur-séparateur d'émission-réception multibande à très large bande de type OMT (« OrthoMode Transducer » c'est-à-dire coupleur orthomode) pour antennes de télécommunications hyperfréquences. Un tel dispositif peut être également dénommé « multiplexeur » ou « OMT multiplexant ». Pour simplifier la description, ce dispositif sera appelé simplement « coupleur ».

[0002] On a schématisé en figure 1 un OMT dit « séparateur de polarisations linéaires », qui est réalisé selon la technique des guides d'ondes hyperfréquences. Cet OMT, référencé 1, comprend essentiellement un premier port 2 destiné à être relié à un cornet faisant face à une antenne de télécommunication hyperfréquences et deux autres ports 3, 4 destinés à être reliés à un émetteur ou un récepteur. Cet OMT ne fonctionne qu'avec des polarisations linéaires. Ces trois ports sont coaxiaux. Le port 3 correspond à la polarisation horizontale et le port 4 à la polarisation verticale. Le port 3 est rectangulaire et est relié au port 2 par un ou plusieurs tronçons de guide d'ondes 5 ayant des dimensions intermédiaires entre ceux des ports 2 et 3. Le port 4 est relié radialement au port 2 par deux tronçons de guides d'ondes 6A, 6B disposés symétriquement par rapport à l'axe commun des trois ports et ayant chacun approximativement une forme en « U » allongé et aboutissant à des fentes de couplage diamétralement opposées de chacun des ports 2 et 3.

[0003] Le coupleur 7 de la figure 2 est un OMT dit « pyramidal ». Il comprend essentiellement une cavité centrale à corps parallélépipédique à section carrée et une pyramide 8 posée au fond de cette cavité. Des ports 9 à 12 aboutissent face aux quatre surfaces triangulaires latérales de la pyramide du corps parallélépipédique. Avec un tel OMT, le couplage des ondes électromagnétiques entre le port central à section carrée et les quatre ports peut être large bande. Cette plage de fonctionnement peut être affectée ou réduite avec l'utilisation d'une transition entre les ports à section circulaire et le corps parallélépipédique de l'OMT favorisant la propagation des modes d'ordres supérieurs. De plus, ce coupleur ne possède pas de fonction multiplexante.

[0004] On a représenté en figure 3 un OMT classique 13 à sections circulaires. Il comporte essentiellement trois tronçons de guides d'ondes successifs coaxiaux 14, 15 et 16 qui sont généralement des cavités. Le premier guide 14 a le plus grand diamètre et comporte deux ou quatre fentes de couplage rectangulaires telles que la fente 14A, seule représentée sur le dessin, associées chacune à un port tel que les ports 14B représentés sur le dessin. De façon analogue, le tronçon 15, de diamètre inférieur à celui du tronçon 14, comporte deux ou quatre fentes de couplage 15A associées chacune à un port 15B. Enfin, le tronçon 16, de diamètre inférieur à celui du tronçon 15, constitue le port de propagation de la bande de fréquences la plus élevée, alors que le tronçon 14 assure le couplage des fréquences les plus basses et le tronçon 15 celui des fréquences de valeur intermédiaire. Un tel coupleur permet donc un couplage multi-bandes, mais les largeurs de ces bandes sont faibles.

[0005] Le coupleur 17 de la figure 4 est du type comportant une cavité 18 en forme de parallélépipède rectangle se prolongeant par une cavité parallélépipédique à section carrée ou rectangulaire et un port 19 à section carrée ou rectangulaire et coaxial à l'axe de la cavité. La cavité 18 comporte sur chacune de ses deux (ou quatre) faces latérales une fente de couplage 18A associée à un port de couplage 18B. Un tel coupleur fonctionne pour une bande de fréquences relativement large, mais la transition (non représentée), servant d'interface à la connexion d'un cornet à section circulaire, et située entre la cavité 18 à section carrée ou rectangulaire et les guides d'ondes à section circulaire qui lui sont reliés, réduit sa plage de fonctionnement à cause de la présence de modes d'ordre supérieur, et notamment d'harmoniques, gênant la propagation des signaux utiles.

[0006] On a schématisé en figure 5 un OMT 20 tel que connu d'après le brevet US 6 566 976. Cet OMT comporte un corps conique 21 reliant un port 22 à section circulaire à un port 23 également à section circulaire et ayant un diamètre inférieur à celui du port 22. Des fentes de couplage 21A associées à des ports 21B sont pratiquées sur le corps conique 21. Un tel OMT ne permet de propager que des bandes de fréquences étroites.

[0007] Le document GB-A-2 194 859 décrit un appareil comme défini dans le préambule de la revendication 1.

[0008] La présente invention a pour objet un coupleur d'émission-réception multibande à très large bande de type OMT pour antennes de télécommunications hyperfréquences qui puisse fonctionner pour une très large bande passante (supérieure à une octave), pour des polarisations linéaires aussi bien que circulaires.

[0009] Le coupleur conforme à l'invention comporte un port de propagation de la totalité des fréquences, un corps et un port de propagation des bandes de fréquences hautes, ces trois parties étant coaxiales et ayant toutes trois une section circulaire, des fentes de couplage pour la propagation des bandes de fréquences basses étant pratiquées dans le corps et associées chacune à un guide d'ondes, et il est caractérisé en ce que son corps joignant les deux ports comporte au moins une section comprenant un tronçon de couplage et un tronçon de blocage des fréquences basses, c'est-à-dire des fréquences couplées, et présente une forme de révolution dont le profil évolue selon une loi multi-polynomiale, constamment décroissante depuis le port de plus grande section jusqu'au port de plus petite section, chaque tronçon de couplage comportant deux ou quatre fentes de couplage large bande.

[0010] Les fentes de couplage permettent, après recombinaison, un fonctionnement en polarisations linéaires et circulaires. Si elles sont au nombre de deux et diamétralement opposées, il s'agit d'une seule polarisation linéaire, et si elles sont au nombre de quatre et disposées à 90° les unes par rapport aux voisines, il s'agit de polarisations linéaires

et circulaires . En régime de couplage, on récupère ensuite la totalité des signaux couplés aux pertes près induites par le coupleur lui-même et par le type de traitement du matériau usiné (par exemple : une finition à base d'argent permet une très bonne conductivité).

[0011] Le tronçon de blocage assure aussi une fonction d'adaptation permettant la propagation des fréquences hautes en son travers, d'autre part il aide aussi à l'adaptation globale du coupleur (entre les ports P1 et P2).

[0012] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- les figures 1 à 5, déjà décrites ci-dessus, sont des schémas simplifiés de coupleurs connus, et
- les figures 6 à 8 sont des schémas simplifiés de trois modes de réalisation d'un coupleur conforme à la présente invention.

[0013] La présente invention est décrite ci-dessous en référence à trois exemples simples de coupleurs, mais il est bien entendu qu'elle n'est pas limitée à ces exemples et que les corps de ces coupleurs peuvent présenter un grand nombre d'autres profils, ces profils étant définis de façon générale comme évoluant selon une loi multi-polynomiale, constamment décroissante depuis le port de plus grande section jusqu'au port de plus petite section.

[0014] Tous les coupleurs conformes à l'invention décrits ci-dessous comportent principalement les éléments suivants : un premier port P1 suivi d'un corps et d'un deuxième port P2, ces trois éléments principaux ayant tous une section circulaire et étant coaxiaux. Le diamètre intérieur du port P1 est supérieur à celui du port P2, tandis que le diamètre intérieur du tronçon de couplage est égal à celui du port P1 au niveau de leur jonction et décroît constamment entre sa jonction avec P1 et sa jonction avec P2. Le corps comprend au moins une section se composant d'un tronçon de couplage et d'un tronçon de blocage de fréquences relatives au tronçon de couplage du même ensemble. Les modes de réalisation décrits ici ne comportent chacun qu'une seule telle section, mais il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée à une seule telle section, et que le coupleur de l'invention comporte autant de telles sections qu'il y a de bandes de fréquences intermédiaires à traiter (en couplage et en séparation). Le profil du tronçon de blocage peut comporter une ou plusieurs parties à lois d'évolution différentes. Pour chacun de ces coupleurs, le port P1 assure la propagation de la totalité des bandes passantes utiles (représentant le couplage de sous-bandes basses et de sous-bandes hautes) et est relié (de façon non représentée) à un cornet propageant en émission et en réception des ondes électromagnétiques en association avec un système focalisant tel qu'une antenne de télécommunications hyperfréquences, tandis que le port P2 assure uniquement la propagation de sous-bandes hautes et les ports de couplage du tronçon de couplage assurent celle de sous-bandes basses. Le port P2 et les ports du tronçon de couplage sont reliés (de façon non représentée) à des systèmes émetteur-récepteur. La loi d'évolution du profil longitudinal de chaque tronçon de couplage est un élément essentiel de l'invention et sera décrite en détail ci-dessous pour chacun des modes de réalisation représentés.

[0015] On notera que le tronçon de couplage ne peut comporter que deux ou quatre fentes de couplage, car un nombre différent serait inutile purement et simplement. Les exemples de profils de tronçons de couplage décrits ci-dessous sont simples à réaliser par usinage, qu'ils soient linéaires ou définis par des splines.

[0016] Le corps 24 du coupleur 25 de la figure 6 a un profil se composant de deux parties linéaires consécutives 26 (déterminant le tronçon de couplage) et 27 (déterminant le tronçon de blocage de fréquences basses) à pentes différentes (les pentes sont à considérer dans le plan de la figure, par rapport à l'axe longitudinal du coupleur). Il est bien entendu que ce profil peut comporter plus de deux parties à pentes différentes. Dans l'exemple représenté sur le dessin, la pente de la partie 26 est plus grande que celle de la partie 27, mais le contraire est également possible

[0017] Les rapports entre les valeurs de ces pentes sont différents selon le cas concerné, car ils dépendent de la mission à remplir, à savoir : les pourcentages en valeur de bande relative des sous-bandes à coupler et à séparer et de leur éloignement fréquentiel des unes par rapport aux autres. Chaque tronçon du séparateur favorise le couplage des bandes basses en présentant une pente d'angle θ_1 (pente 26) d'environ 10 à 15° et le tronçon suivant de pente d'angle θ_2 (pente 27) court-circuite (empêche) ces mêmes bandes basses de se propager au travers du coupleur. Le tout favorisant aussi une bonne adaptation (en termes de ROS, c'est-à-dire de taux d'ondes stationnaires) de la globalité du coupleur pour toutes les bandes de fréquences à propager et à séparer. Des fentes de couplage 24A rectangulaires large bande sont pratiquées dans le corps du tronçon 24. Ces fentes s'étendent parallèlement à l'axe longitudinal du tronçon 24. Dans le cas présent, elles sont au nombre de deux ou de quatre. Deux fentes servent à coupler au moins une polarisation linéaire et quatre fentes servent à coupler deux polarisations linéaires et deux polarisations circulaires. Un système de recombinaison (non représenté) est nécessaire à leur restitution. Une seule de ces fentes est visible sur le dessin. Chacune des fentes est associée à un guide d'ondes 24B à section rectangulaire. Chaque ensemble fente de couplage et guide d'ondes associé est dénommé ici « bras de couplage ». Les dimensions des fentes de couplage sont déterminées initialement comme celles d'un guide d'ondes rectangulaire classique afin de permettre la propagation des fréquences les plus basses à coupler.

[0018] De préférence, pour le mode de réalisation de la figure 6, comme pour tous les modes de réalisation conformes

à l'invention, on dispose aux extrémités de chacun des guides des bras de couplage une ou plusieurs cellules filtrantes classiques (non représentées) destinées à éliminer d'éventuels résidus de fréquences qui seraient en dehors de la bande passante à coupler relative aux bras 24B et qui ne doivent passer que longitudinalement en traversant le tronçon 24.

[0019] Le profil du tronçon de couplage 28 du coupleur 29 de la figure 7, considéré depuis le port P1 jusqu'au port P2, se compose d'une spline 30 suivie d'un segment linéaire 31. L'équation définissant la spline 30 peut avoir diverses formes à condition que, comme précisé ci-dessus, le diamètre de la partie correspondante du tronçon 28 soit constamment décroissant depuis le port de plus grande section jusqu'au port de plus petite section, ou plus précisément jusqu'à la jonction avec la partie définie par le profil 31.

[0020] Le coupleur 32 de la figure 8 comporte un tronçon de couplage 33 dont le profil se compose de deux splines successives différentes 34, 35 répondant chacune aux mêmes conditions que la spline 30 de la figure 7. Il est bien entendu que le profil du tronçon de couplage du coupleur de l'invention peut comporter plus de deux splines. Le nombre de splines découle des tailles des bandes passantes à coupler (pourcentage de bande relative), du nombre de bandes passantes à coupler et de leur éloignement fréquentiel des unes par rapport aux autres. La possibilité de réaliser mécaniquement le coupleur peut aussi venir limiter ce nombre de splines : un compromis sera alors nécessaire. A titre d'exemple, une fonction sinus carré a été utilisée pour définir la spline 35 dans un coupleur réalisé pour coupler la bande L et séparer les bandes C et Ku. Cette spline définissait une zone de court-circuit favorisant le couplage des bandes basses (L) et une bonne adaptation des bandes plus hautes (C et Ku) se propageant au travers du coupleur. La spline 34 assurant le couplage était un polynôme d'ordre 1 (profil linéaire).

[0021] Selon un exemple de réalisation non limitatif, le coupleur de l'invention traite les sous-bandes larges Ku et Ka aussi bien en émission qu'en réception (fonction de couplage et de séparation du coupleur), que ce soit en polarisation linéaire ou en polarisation circulaire, ce qui donne au total quatre sous-bandes, comme suit. En bande Ku, la bande de fréquences émises s'étend de 10,95 à 12,75 GHz et la bande de fréquences reçues s'étend de 13,75 à 14,5 GHz. En bande Ka, la bande de fréquences émises s'étend de 17,7 à 20,2 GHz et la bande de fréquences reçues s'étend de 27,5 à 30 GHz. Le plus petit guide d'onde circulaire connu étant le C890 (rayon = 1,194 mm), les plus petits coupleurs peuvent être réalisés en électrodéposition ou électroformage si l'usinage classique en limite la réalisation. La complexité de la loi polynomiale des tronçons doit être choisie de sorte à prendre en compte les contraintes du cahier des charges tout en ne contraignant pas trop la possibilité de réalisation. Un tel coupleur peut donc être qualifié de « très large bande », puisque la bande totale de fréquences couverte (de 10,95 à 30 GHz) s'étend sur plus d'une octave. Dans cet exemple, les signaux de la bande Ka sont à polarisation circulaire (droite et gauche en émission et en réception), et ceux de la bande Ku sont à polarisation linéaire (orthogonales horizontales et verticales en émission et en réception). La totalité de la bande Ku (émission et réception) passe par les quatre bras de couplage du corps de couplage et représente 27,9% de bande relative couplée, tandis que la bande Ka traversant le coupleur représente 51,6% de bande relative séparée. Le pourcentage de bande relative P_{BR} est défini de la manière suivante :

$$P_{BR} = \frac{F_{max} - F_{min}}{F_{moy}},$$

ce qui donne pour la bande Ku :

$$P_{BR} = \frac{F_{max} - F_{min}}{F_{moy}} = \frac{14.5GHz - 10.95GHz}{12.725GHz} \approx 27.9\%$$

[0022] La distance entre la ou les bandes basses à coupler et la ou les bandes hautes à propager au travers du coupleur-séparateur (ici de 14.5 à 17.7 GHz c'est-à-dire l'interbande entre Ku et Ka) indique si le coupleur est réalisable. Cette distance fréquentielle ne doit pas être trop petite, sinon il y a risque de coupler aussi le début des bandes les plus hautes. L'utilisation d'un filtre sélectif (iris hyperfréquences à contour circulaire d'épaisseur définie comportant un évidement en forme de croix), placé entre le tronçon de couplage et le tronçon de blocage ou juste après le tronçon de blocage, peut aider dans le cas où les bandes passantes à coupler et à séparer sont très proches. Ce coupleur permet de n'utiliser qu'une seule antenne très large bande pour la transmission (émission et réception) des quatre sous-bandes.

Revendications

- 5 1. Coupleur-séparateur d'émission-réception multibande à très large bande de type coupleur orthomode (OMT) pour antennes de télécommunications hyperfréquences, comportant un port de propagation de la totalité des fréquences (P1), un corps (24, 28, 33) et un port de propagation des bandes de fréquences hautes (P2), ces trois parties étant coaxiales et ayant toutes trois une section circulaire, et des fentes de couplage pour la propagation des bandes de fréquences basses (24A, 28A, 33A) pratiquées dans le corps et associées chacune à un guide d'ondes (24B, 28B, 33B), **caractérisé en ce que** son corps (24, 28, 33) joignant les deux ports comporte au moins une section comprenant un tronçon de couplage et un tronçon de blocage des fréquences basses, c'est-à-dire des fréquences couplées, et présente une forme de révolution dont le profil évolue selon une loi multi-polynomiale, constamment décroissante depuis le port de plus grande section jusqu'au port de plus petite section, chaque tronçon de couplage comportant deux ou quatre fentes de couplage large bande.
- 15 2. Coupleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le profil comporte au moins deux parties linéaires (26, 27) de pentes différentes par rapport à l'axe commun desdites trois parties du coupleur.
3. Coupleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le profil comporte au moins une spline (30) suivie d'un segment linéaire (31).
- 20 4. Coupleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le profil comporte au moins deux splines successives différentes (34, 35).
- 25 5. Coupleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le profil comporte une cascade de plusieurs ensembles composés chacun d'un tronçon de couplage linéaire ou spline avec deux ou quatre fentes de couplage suivi d'un tronçon linéaire ou spline sans fente de couplage.

Patentansprüche

- 30 1. Multiband-Sende/Empfangs-Kopplungs- und -Trennvorrichtung mit sehr breitem Band des Orthomodens-Kopplertyps (OMT) für Hyperfrequenz-Telekommunikationsantennen, die Folgendes umfasst: einen Ausbreitungsport für alle Frequenzen (P1), einen Körper (24, 28, 33) und einen Ausbreitungsport für Hochfrequenzbänder (P2), wobei diese drei Teile koaxial sind und alle drei einen kreisförmigen Querschnitt haben, und Koppelschlitze für die Ausbreitung von in dem Körper auftretenden und jeweils mit einem Wellenleiter (24B, 28B, 33B) assoziierten Niederfrequenzbändern (24A, 28A, 33A), **dadurch gekennzeichnet, dass** der die beiden Ports verbindende Körper (24, 28, 33) wenigstens eine Sektion mit einem Kopplungsabschnitt und einem Sperrabschnitt für tiefe Frequenzen aufweist, d.h. für gekoppelte Frequenzen, und eine Umlaufform aufweist, deren Profil einem Multi-Polynomialgesetz folgt, das ständig von dem Port mit dem größten Querschnitt bis zu dem Port mit dem kleinsten Querschnitt abnimmt, wobei jeder Kopplungsabschnitt zwei oder vier Breitband-Koppelschlitze aufweist.
- 35 2. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil wenigstens zwei lineare Teile (26, 27) mit unterschiedlichem Gefälle in Bezug auf die gemeinsame Achse der drei Teile der Kopplungsvorrichtung umfasst.
- 40 3. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil wenigstens eine Kurve (30) gefolgt von einem linearen Segment (31) aufweist.
4. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil wenigstens zwei aufeinander folgende unterschiedliche Kurven (34, 35) aufweist.
- 50 5. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil eine Kaskade von mehreren Sätzen umfasst, die jeweils aus einem linearen oder gekrümmten Kopplungsabschnitt mit zwei oder vier Koppelschlitzen gefolgt von einem linearen oder gekrümmten Abschnitt ohne Koppelschlitze zusammengesetzt sind.

Claims

- 55 1. Coupler/separator for multi-band transmission/reception with a very broad band of the orthomode coupler type

(OMT) for ultra-high frequency telecommunications antennae, comprising a port for propagation of all the frequencies (P1), a member (24, 28, 33) and a port for propagation of high frequency bands (P2), these three portions being coaxial and all three having a circular cross-section, and coupling apertures for the propagation of low frequency bands (24A, 28A, 33A) which are produced in the member and which are each associated with a wave guide (24B, 28B, 33B), **characterised in that** the member thereof (24, 18, 33) which joins the two ports comprises at least one section which comprises a coupling portion and a portion for blocking low frequencies, that is to say, the coupled frequencies, and which has a shape generated by means of revolution, whose profile develops in accordance with a multi-polynomial law which constantly decreases from the port having the largest cross-section to the port having the smallest cross-section, each coupling portion comprising two or four broad band coupling apertures.

2. Coupler according to claim 1, **characterised in that** the profile comprises at least two linear portions (26, 27) having different gradients with respect to the common axis of the three portions of the coupler.
3. Coupler according to claim 1, **characterised in that** the profile comprises at least one spline (30) followed by a linear segment (31).
4. Coupler according to claim 1, **characterised in that** the profile comprises at least two different successive splines (34, 35).
5. Coupler according to claim 1, **characterised in that** the profile comprises a cascading arrangement of a plurality of assemblies which are each composed of a linear coupling portion or spline having two or four coupling apertures followed by a linear portion or spline without any coupling aperture.

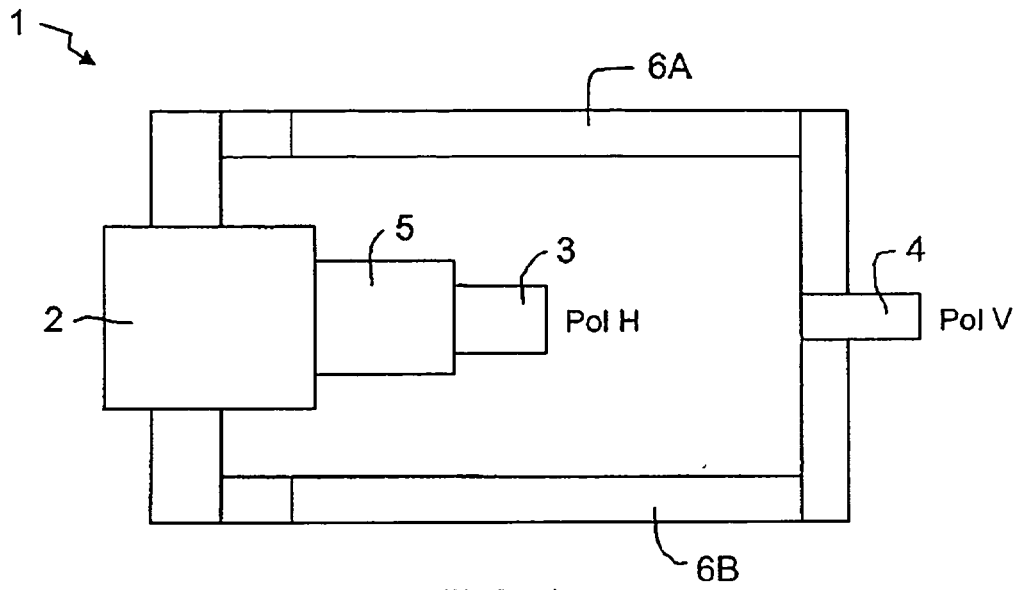


FIG. 1

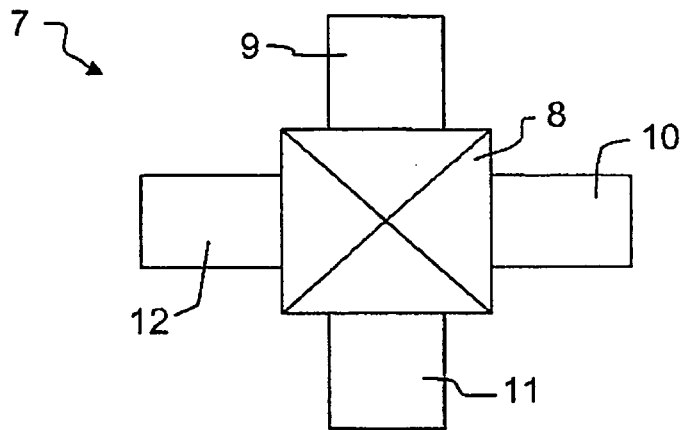


FIG. 2

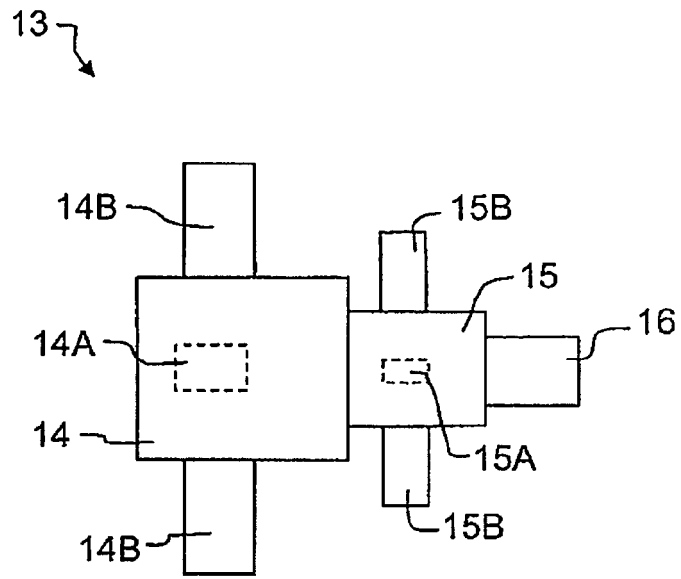


FIG.3

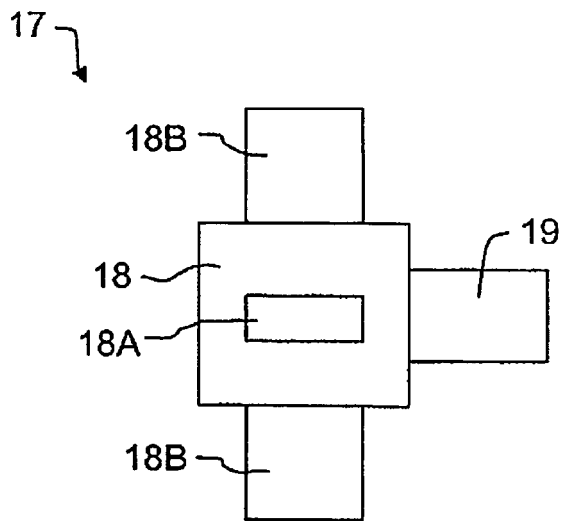


FIG.4

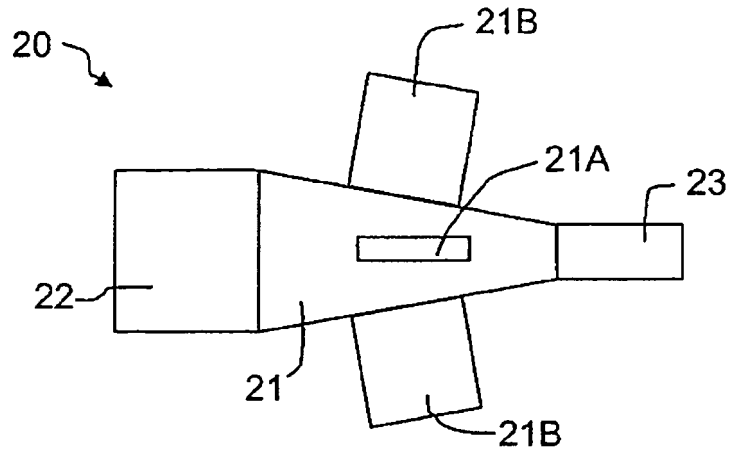


FIG. 5

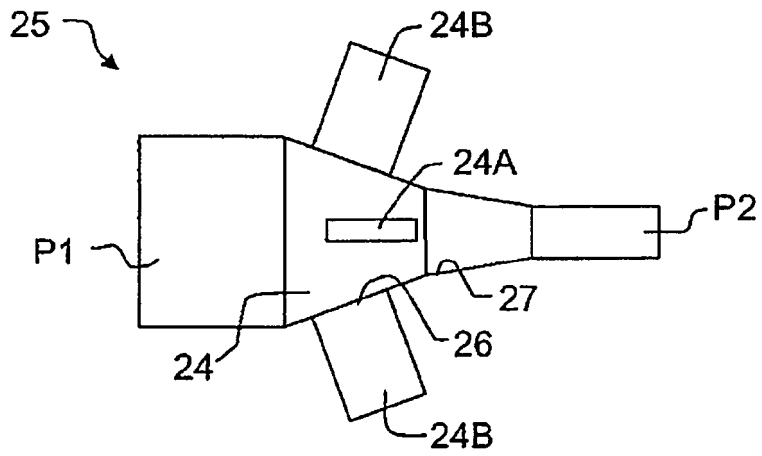


FIG. 6

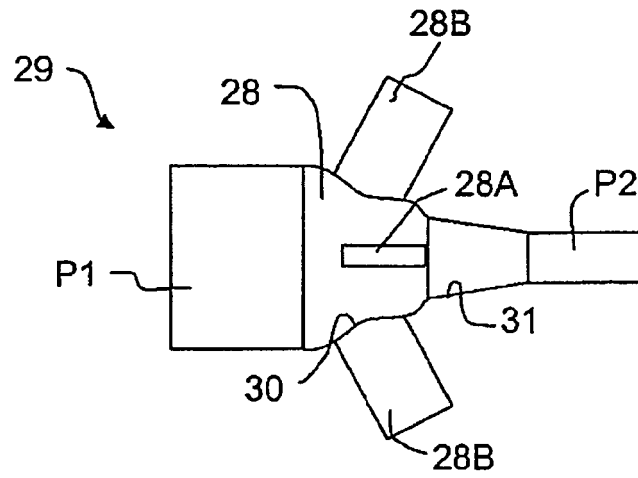


FIG. 7

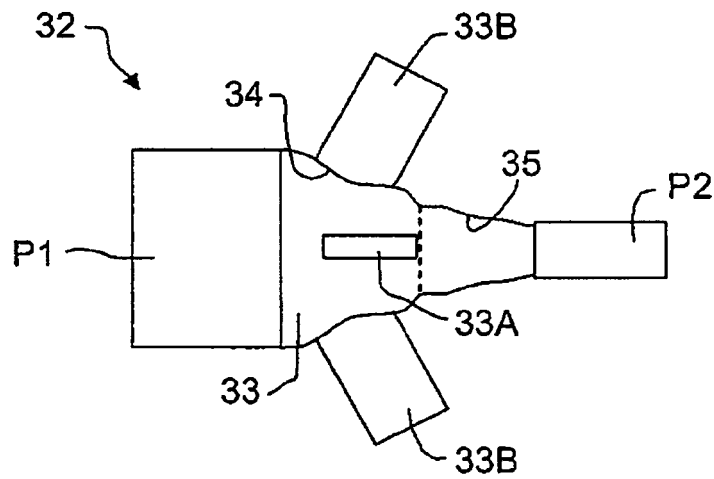


FIG. 8

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6566976 B [0006]
- GB 2194859 A [0007]