

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: 79400990.2

⑤① Int. Cl.³: H 01 P 1/39

⑱ Date de dépôt: 07.12.79

③① Priorité: 08.12.78 FR 7834622

⑦① Demandeur: Société Anonyme LIGNES
 TELEGRAPHIQUES ET TELEPHONIQUES, 1 Rue
 Charles Bourseul, F-78702 - Conflans-Ste Honorine (FR)

④③ Date de publication de la demande: 25.06.80
 Bulletin 80/13

⑦② Inventeur: Forterre, Gérard, "THOMSON-CSF" -
 SCPI 173 Boulevard Haussmann, F-75360 Paris
 Cedex 08 (FR)
 Inventeur: Berthe, Jacques, "THOMSON-CSF" -
 SCPI 173 Boulevard Haussmann, F-75360 Paris
 Cedex 08 (FR)

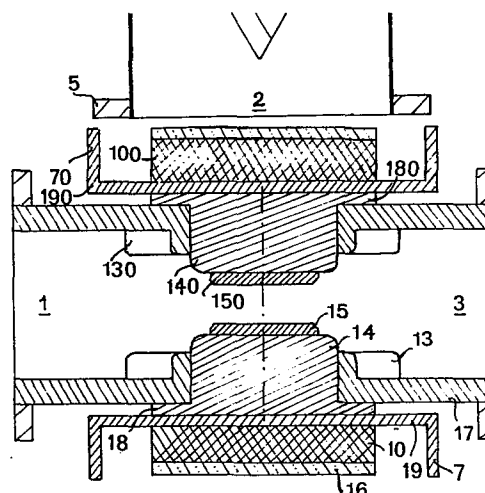
⑧④ Etats contractants désignés: DE GB IT NL

⑦④ Mandataire: Guyot, Liliane et al, "THOMSON-CSF" -
 SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

⑤④ Circulateur de puissance à faible perte d'insertion.

⑤⑦ Structure de circulateur de puissance en guide
 d'onde constituée d'une cavité dans laquelle débouchent
 trois guides (1, 2, 3) et dans laquelle plongent des pièces
 polaires en fer doux (14, 140) en contact par leur extrémi-
 té intérieure à la cavité avec des pastilles gyromagnéti-
 ques (15, 150) et par leur paroi extérieure à la cavité avec
 un dispositif de refroidissement (7, 70).

Application à tous les circulateurs de puissance de la
 bande hyperfréquence.



CIRCULATEUR DE PUISSANCE A FAIBLE PERTE D'INSERTION.

La présente invention concerne les circulateurs de puissance pour hyperfréquence en Y à trois portes.

De tels circulateurs sont réalisés au moyen de tronçons de guides d'onde associés entre eux de façon
5 que l'ensemble présente un plan de symétrie parallèle à deux plans parallèles contenant soit les grands côtés de tous les tronçons de guides d'onde (plan H commun), soit les petits côtés (plan E commun). Le volume commun aux trois guides constitue une cavité résonnante.
10 La non réciprocity est assurée en plaçant dans cette cavité un certain volume de matériau gyromagnétique soumis à un champ d'aimantation. Il est connu de compenser, au moins partiellement, la désadaptation d'impédances due au matériau gyromagnétique. Le brevet des
15 Etats-Unis 3.136.962 déposé le 4 Avril 1960 représente un circulateur à n voies selon ces deux dispositions et indique que le matériau gyromagnétique se présente sous la forme de deux pastilles en matériau gyromagnétique reposant sur la paroi conductrice de la cavité, l'adaptation
20 étant assurée par un cylindre diélectrique posé sur une des pastilles gyromagnétiques. Cette structure, symétrique, particulièrement intéressante dans le cas de circulateurs à plus de trois portes, est également utilisée dans les structures à trois voies.

25 Par ailleurs, il est connu par le brevet américain 3 491 313 déposé le 29 Novembre 1967 que l'on peut percer la paroi de la cavité pour y introduire les pièces polaires de l'aimant servant à polariser le matériau gyromagnétique de façon à réduire la réluctance du circuit d'aimantation des pastilles gyromagnétiques. L'adaptation
30 est réalisée par une pièce métallique prismatique.

Il est également connu que le découplage entre les portes d'un circulateur décroît lorsque la puissance de

l'onde incidente dépasse un seuil qui est fonction de la fréquence de l'onde et de la façon dont le circulateur est réalisé.

Le but de la présente invention est une structure de circulateur pour onde hyperfréquence, présentant une perte d'insertion et un découplage qui restent constants jusqu'à plusieurs centaines de watts moyens.

L'invention consiste en un circulateur de puissance à trois portes sur guide d'onde en Y dont le circuit de polarisation magnétique comporte des pièces polaires en fer doux traversant les parois de la cavité de jonction desdits guides d'onde sur lesquelles reposent des pastilles de matériau gyromagnétique, caractérisé en ce que lesdites pièces polaires traversent en outre chacune une cale métallique d'adaptation solidaire de la paroi de la cavité, présentent une section comprise entre celle des pastilles gyromagnétiques et celle de ladite cale et sont associées à un dispositif de refroidissement. Ledit dispositif de refroidissement peut être constitué par des ailettes en métal bon conducteur de la chaleur, brasées à des épaulements des pièces polaires prévus à cet effet, et les ailettes situées en dehors de la cavité de jonction sont refroidies par convection naturelle ou tout autre échange.

En variante, le dispositif de refroidissement est constitué de deux lames métalliques refroidies par une circulation de fluide.

L'utilisation de pièces polaires de section comprise entre celle de la pièce d'adaptation et celle de la pastille gyromagnétique assure une homogénéité du champ d'aimantation, notamment par suppression de l'"effet de bord", particulièrement avantageuse car elle permet de réduire le volume de matériau gyromagnétique utilisé, réduisant les pertes donc l'élévation consécu-

tive de température qui constitue la cause principale de la détérioration des caractéristiques des circulateurs de l'art antérieur à haut niveau.

L'invention présente les avantages suivants :

- 5 - l'épaisseur des cales métalliques d'adaptation est indépendante de la position des pièces polaires ;
- la dimension de la section des pièces polaires dans le guide constitue un facteur d'adaptation supplémentaire ainsi que le rapport entre la section des pièces polaires et celle des pastilles.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit, illustrée par les figures 1 à 7 données à titre illustratif, nullement limitatif, dans lesquelles :

- 15 - la figure 1 représente une vue d'ensemble d'un circulateur selon l'invention ;
- la figure 2 représente une coupe horizontale du circulateur de la figure précédente ;
- la figure 3 représente la coupe d'une première
20 variante de réalisation du circulateur par le plan de trace XX sur la figure précédente ;
- la figure 4 représente la courbe de variation du découplage du circulateur selon l'invention en fonction de la puissance de l'onde hyperfréquence ;
25 - la figure 5 représente la courbe de variation de la température des ailettes en fonction de la puissance de l'onde incidente ;
- la figure 6 représente une deuxième variante de réalisation du circulateur selon l'invention ;
30 - la figure 7 représente une troisième variante de réalisation du circulateur selon l'invention .

La figure 1 représente une vue en perspective d'un circulateur selon l'invention. Sur cette vue deux tronçons de guide d'onde 1 et 2, seuls visibles, sont
35 terminés par les brides normalisées 4 et 5 tandis que

le tronçon de guide d'onde 3, non visible, est terminé par la bride 6 visible en partie seulement. Des ailettes de refroidissement apparaissent en 70 et l'aimant permanent est la pastille 100 dont seule une très faible fraction est visible entre les ailettes 70. Une culasse en fer doux 16 canalise les lignes de force du champ magnétique à l'extérieur du circulateur. A la partie inférieure du circulateur sont disposés les ailettes 7 respectivement homologues de 70 et un deuxième aimant permanent 10 homologue de l'aimant 100.

La figure 2 représente une vue de dessus de la partie inférieure du circulateur supposé coupé suivant le plan médian commun aux trois tronçons de guide d'onde. Les repères déjà mentionnés à propos de la figure précédente ont été reportés sans changement. Les tronçons de guide 1, 2 et 3 sont assemblés à 120° entre eux. Toutefois, les tronçons 1 et 3 sont incurvés de façon à présenter des brides 4 et 6 parallèlement entre elles et perpendiculairement à la bride 5. La cale d'adaptation 13 qui peut être soit rapportée par brasure sur la paroi de la cavité constituée à la jonction de 1, 2 et 3, soit venue de fonderie avec 1, 2 et 3, est percée et livre passage à la pièce polaire 14 en fer doux sur laquelle la pastille gyromagnétique 15 est fixée, par exemple, par brasure. La culasse 16 apparaît coupée du côté opposé à la bride normalisée 5. La ligne XX représente la trace du plan de coupe de la figure suivante.

La figure 3 représente la coupe de la même variante de réalisation. On reconnaît les guides 1 et 3. La cale d'adaptation 13 est représentée sur la figure 3 venue de fonderie avec la paroi 17 de la cavité formée par la jonction des tronçons 1, 2 et 3. La pièce polaire 14 traverse la pièce 13-17. Le diamètre de la partie des pièces polaires pénétrant dans la cavité de la jonction

des guides d'onde est supérieur d'au moins 20% au diamètre des pastilles gyromagnétiques 15 et 150 afin de placer ces dernières dans un champ magnétique homogène. La distance entre les pièces polaires 14 et 140 est au plus égale à 30 % de leur diamètre et a été choisie en fonction de la bande passante du circulateur. La paroi des pièces polaires est, en outre, recouverte d'une couche d'argent destinée à rétablir la continuité électrique avec les cales d'adaptation. L'extension donnée aux cales 13 et 130 a été choisie en vue de maintenir la perte d'insertion en-dessous de 0,1dB. En vue de maintenir la température des pastilles 15 et 150 à une valeur proche de l'ambiante malgré les pertes inévitables dont elles sont le siège, elles sont associées à des plaques dont les bords sont repliés de façon à constituer les ailettes, respectivement 7 et 70, refroidies par convection naturelle. Les plaques métalliques respectivement 19 et 190 sont brasées sur les épaulements 18 et 180 des pièces polaires en fer doux 14 et 140. Ainsi qu'il apparaît sur la figure, les pastilles qui présentent un léger chanfrein de leur face dirigée vers le centre du guide, ont un diamètre inférieur à celui de la pièce polaire. L'expérience a montré que la valeur minimale du rapport des diamètres est 1,20 pour obtenir la minimisation des pertes grâce à l'homogénéisation du champ interne dans la pastille. La valeur maximale de ce rapport repose sur le comportement de la cavité, la fréquence de résonance étant fonction des valeurs des diamètres des pièces polaires et pastilles, de l'épaisseur des pastilles et de la pénétration des pièces polaires. Pratiquement, la valeur de 1,20 doit être respectée à 30% près. L'expérience a montré que les résultats les meilleurs sont obtenus en utilisant des pastilles dont le rapport diamètre/épaisseur est compris entre 6 et 12. Une valeur voisine de 10 a donné de bons résultats dans le premier exemple décrit. Comme il est

connu, le diamètre des cales 13-130 est choisi en vue de l'optimisation de l'adaptation de l'impédance de la cavité à celle du guide dans le but de réduire les pertes totales. La détermination du côté des cales et de leur épaisseur est faite en vue d'obtenir l'adaptation optimale à la fréquence centrale de la bande dans laquelle le circulateur doit fonctionner. Les aimants permanents 10 et 100 sont solidaires des plaques 19-190 du dispositif de refroidissement. L'efficacité du refroidissement nécessite l'existence d'un bon contact thermique entre les pastilles 15 et 150 et les pièces polaires 14 et 140. Ce contact est obtenu en déposant une fine couche de cuivre à la fois sur les pastilles et sur l'extrémité des pièces polaires afin de permettre leur assemblage par brasure.

A titre illustratif, la demanderesse réalise un circulateur qui sera commercialisé sous la référence F10575 fonctionnant dans la bande comprise entre 4,4 et 5 GHz, présentant trois brides normalisées type UG148/U disposées en T à l'extrémité de tronçons de guide type R48. Ce circulateur comporte deux pastilles de grenat de fer et d'yttrium ayant un diamètre égal à 20 millimètres et une épaisseur égale à 2 millimètres ;

- la distance entre les deux pastilles est égale à 3,2 millimètres ;
- les pièces polaires en fer doux ont un diamètre égal à 28 millimètres ;
- la distance entre les pièces polaires est égale à 7,5 millimètres ;
- les cales d'adaptation ont un côté égal à 70 millimètres et une épaisseur égale à 5 millimètres ;
- la puissance admise en régime permanent par ce circulateur est égale à 2 Kw ;
- la perte d'insertion est au plus égale à 0,06 dB dans la bande ;

- le découplage est au moins égal à 20 dB dans la bande passante.

A titre de deuxième exemple, la demanderesse commercialisera sous la référence F10500 un circulateur 5 fonctionnant dans la bande de fréquence comprise entre 14 et 14,5 GHz et présentant trois brides normalisées type UG419/U disposées en T à l'extrémité de trois tronçons de guide d'onde type R140. Ce circulateur comporte deux pastilles en grenat de fer et d'yttrium de 10 diamètre égal à 6 millimètres et d'une épaisseur : 0,6 millimètre ;

- la distance entre les deux pastilles est égale à 1,10 millimètre ;
- les pièces polaires en fer doux ont un diamètre égal 15 à 8 millimètres ;
- la distance entre les pièces polaires est égale à 3,3 millimètres ;
- les cales d'adaptation ont un côté égal à 18 millimètres et une épaisseur égale à 2,5 millimètres ;
- 20 - la puissance nominale de l'onde admise par ce circulateur est égale à 200 watts ;
- la perte d'insertion dans la bande est égale à 0,10dB;
- le découplage dans la bande est au moins égal à 25dB.

La figure 4 représente la courbe de variation du 25 découplage à la fréquence centrale de la bande passante en fonction de la puissance de l'onde incidente dans ce circulateur. On voit qu'à 400 watts, le découplage est encore de 26dB.

La figure 5 représente la température mesurée sur 30 les ailettes de refroidissement en fonction de la puissance de l'onde hyperfréquence envoyée à l'entrée du même circulateur. On notera qu'à 300 watts l'élévation de la température reste inférieure à 35°C. Ces deux courbes sont relatives au deuxième exemple.

35 La figure 6 représente une variante de réalisation du circulateur précédent dans laquelle l'efficacité du refroidissement a été accrue par la soudure

d'une canalisation en cuivre 21 sur les plaques 19 et 190 de la figure 3. La canalisation parcourue par un courant d'eau froide suffit à maintenir constante la température des plaques 19 et 190. Cette variante de réalisation est particulièrement utile aux fréquences basses de la bande hyperfréquence.

A titre illustratif, la demanderesse réalise un circulateur de ce type qui sera commercialisé sous la référence F10573 fonctionnant dans la bande de fréquence comprise entre 2,4 et 2,5 GHz, présentant trois brides normalisées UG553/U disposées en T à l'extrémité de tronçons de guide d'onde type R26. Ce circulateur comporte deux pastilles de grenat de fer et d'yttrium ayant un diamètre égal à 50 millimètres et une épaisseur égale à 3 millimètres ;

- la distance entre les pastilles est égale à 5,8 millimètres ;
- les pièces polaires ont un diamètre égal à 60 millimètres ;
- 20 - la distance entre les pièces polaires est égale à 11,8 millimètres ;
- les cales d'adaptation ont un côté égal à 110 millimètres et une épaisseur égale à 12,5 millimètres ;
- la puissance admise par le circulateur est égale à 25 6 Kw en régime permanent de fonctionnement. Cette puissance peut atteindre 12 Kw lorsqu'un court-circuit est placé à la deuxième porte ;
- la perte d'insertion de ce circulateur est inférieure à 0,06 dB dans la bande passante ;
- 30 - le découplage est supérieur à 25 dB.

La figure 7 représente une variante de réalisation du circulateur dans laquelle l'efficacité du refroidissement est accrue 1°) en mettant une paroi des pièces polaires directement en contact avec l'eau froide d'une circulation, 2°) en creusant une gorge 30 dans les

cales d'adaptation 13 et 130 afin de réduire au maximum le trajet de la chaleur dans les pièces polaires. Les gorges 30 et 300 sont alimentées, par exemple, par l'ajutage 310. Le courant d'eau qui arrive se divise
5 en deux courants décrivant chacun une demi-circonférence autour de la pièce polaire 140 avant de se rassembler dans la canalisation 32 mettant en communication les gorges 30 et 300. De la même façon que précédemment, deux courants d'eau décrivent une demi-circon-
10 férence autour de la pièce polaire 14 avant de se rassembler dans l'ajutage de sortie 31.

REVENDICATIONS

1- Circulateur de puissance en Y à trois portes sur guide d'onde dont le circuit de polarisation magnétique comporte des pièces polaires en fer doux traversant les parois opposées de la cavité de jonction des-
5 dits guides d'onde et dont les extrémités plongeant dans ladite cavité sont directement en contact chacune avec une pastille de matériau gyromagnétique, caractérisé en ce que lesdites pièces polaires traversant, en outre, chacune une cale métallique d'adaptation solidaire de
10 la paroi de la cavité, présentent une section comprise entre celle des pastilles gyromagnétiques et celle desdites cales et sont en contact avec un dispositif de refroidissement.

2- Circulateur de puissance selon la revendica-
15 tion 1 caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement est constitué par des pièces en métal bon conducteur de la chaleur, brasées à des épaulements des pièces polaires dont la périphérie est repliée en formant des ailettes refroidies par convection natu-
20 relle.

3- circulateur de puissance selon la revendica-
tion 1 caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement est constitué de deux lames métalliques
25 bonnes conductrices de la chaleur, brasées à des épaulements des pièces polaires, auxquelles est soudée une canalisation parcourue par un fluide.

4- Circulateur de puissance selon la revendica-
tion 1 caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement met directement en contact une paroi des
30 pièces polaires avec une circulation de fluide.

5- Circulateur de puissance selon la revendica-
tion 1 dans lequel la distance entre lesdites pièces

polaires est au plus égale à 30% de leur diamètre.

6- Circulateur de puissance selon la revendication 1 dans lequel le rapport entre le diamètre des pièces polaires et celui des pastilles gyromagnétiques
5 est égal à $1,2 \pm 30\%$.

7- Circulateur de puissance selon la revendication 1 dans lequel le rapport entre le diamètre et l'épaisseur des pastilles gyromagnétiques est compris entre 6 et 12.

Fig.1

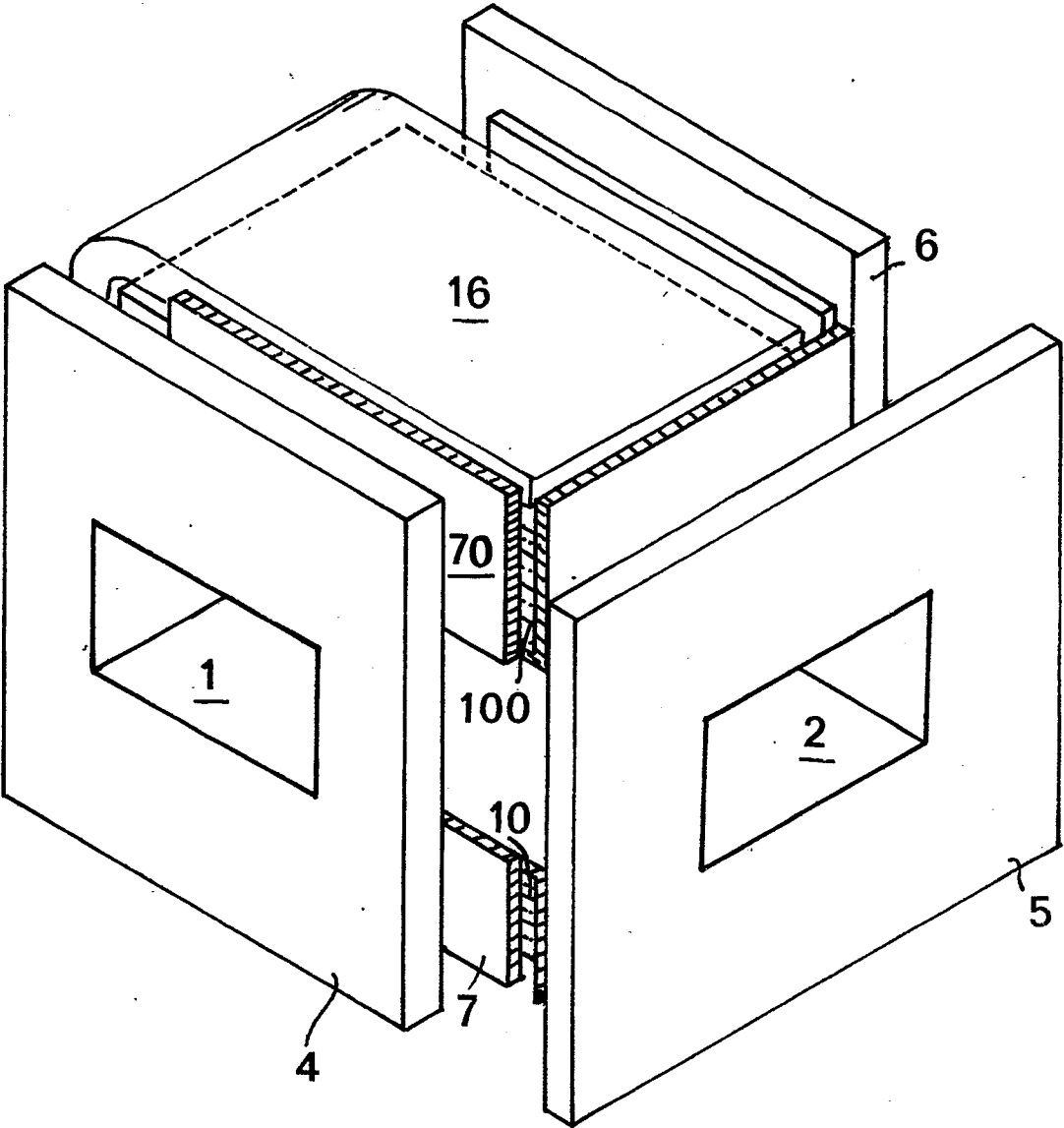


Fig.2

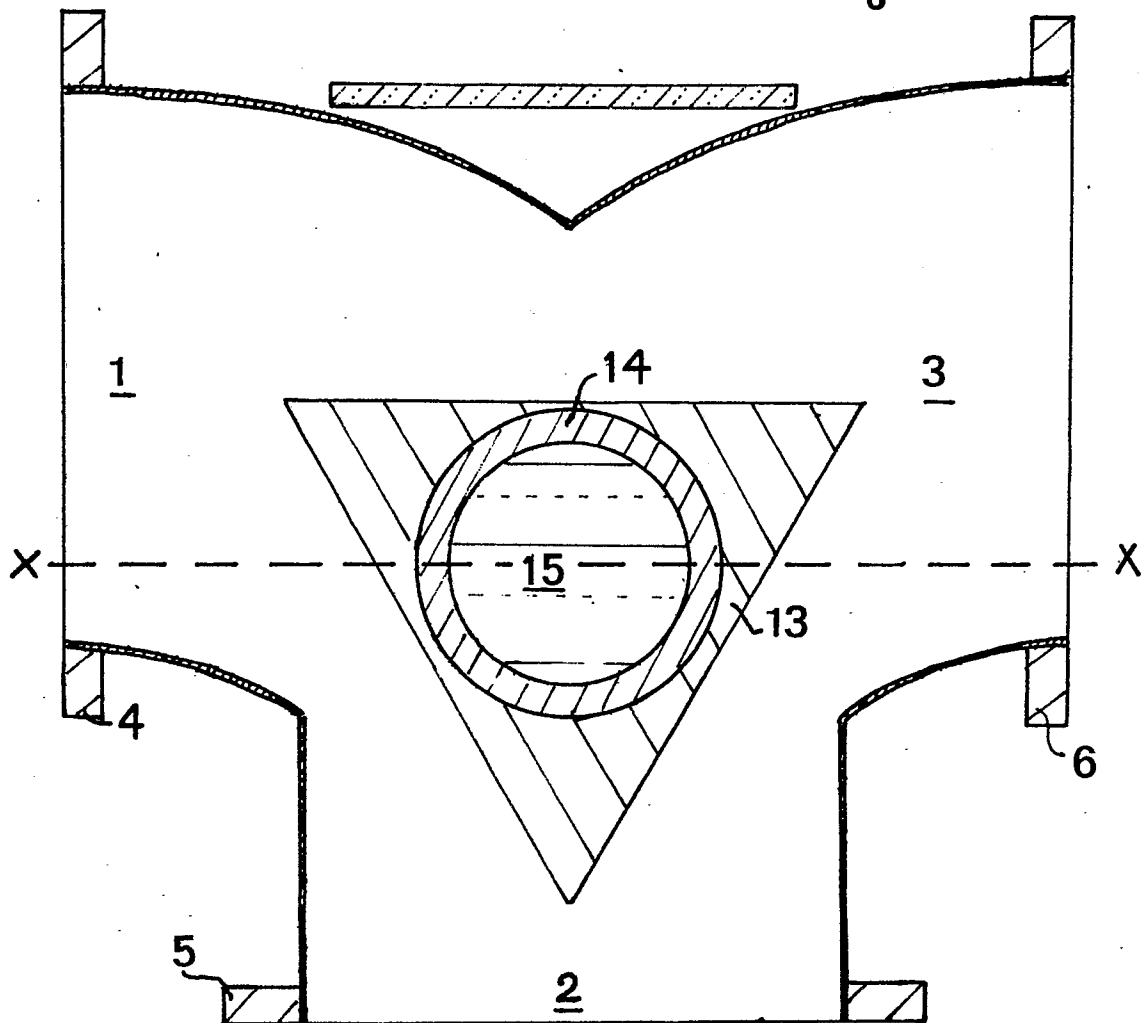
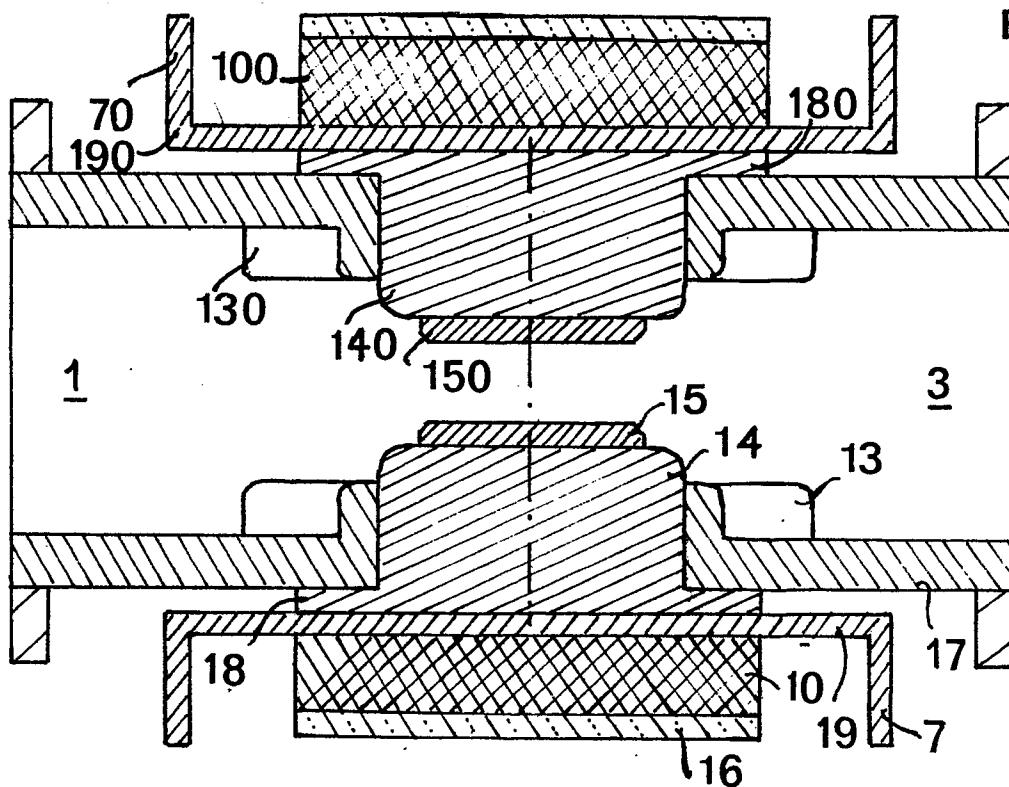


Fig.3



3/5

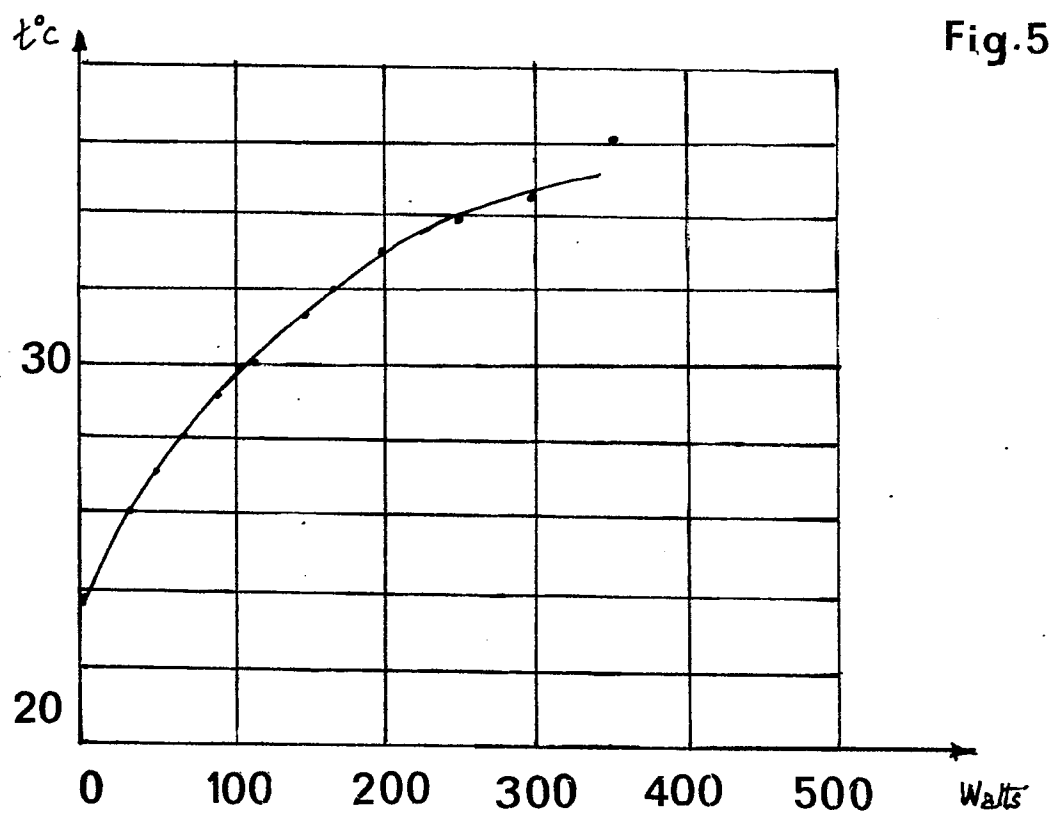
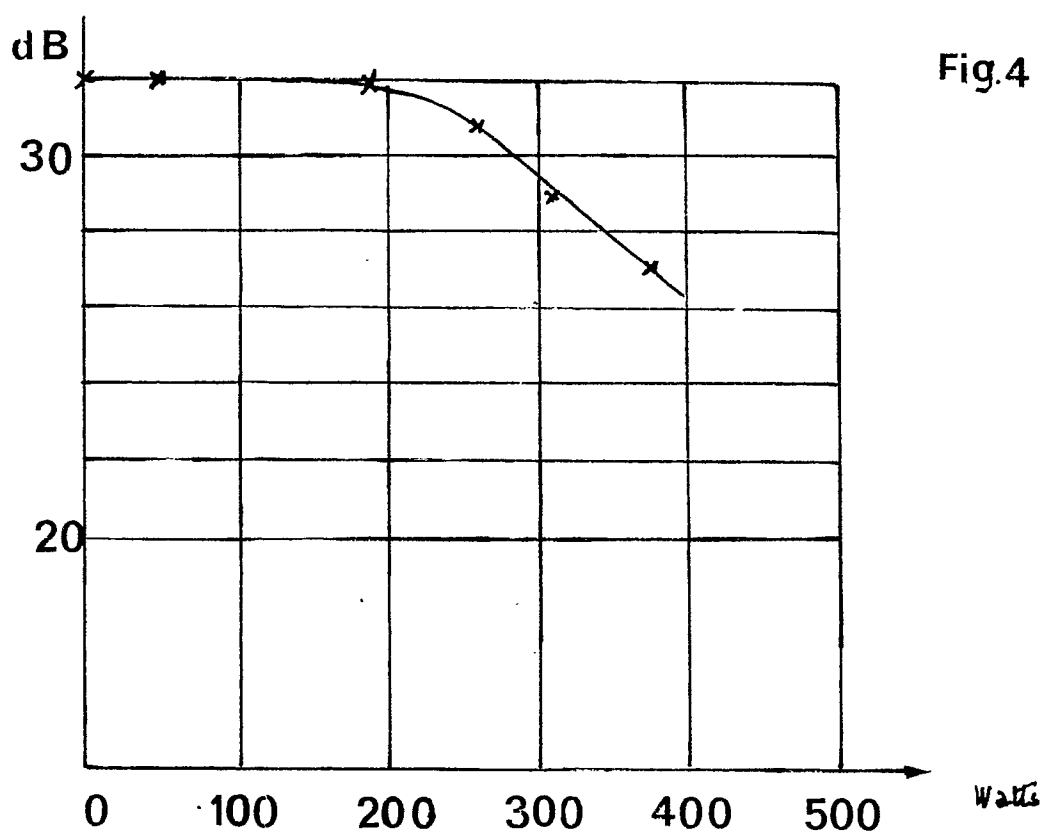
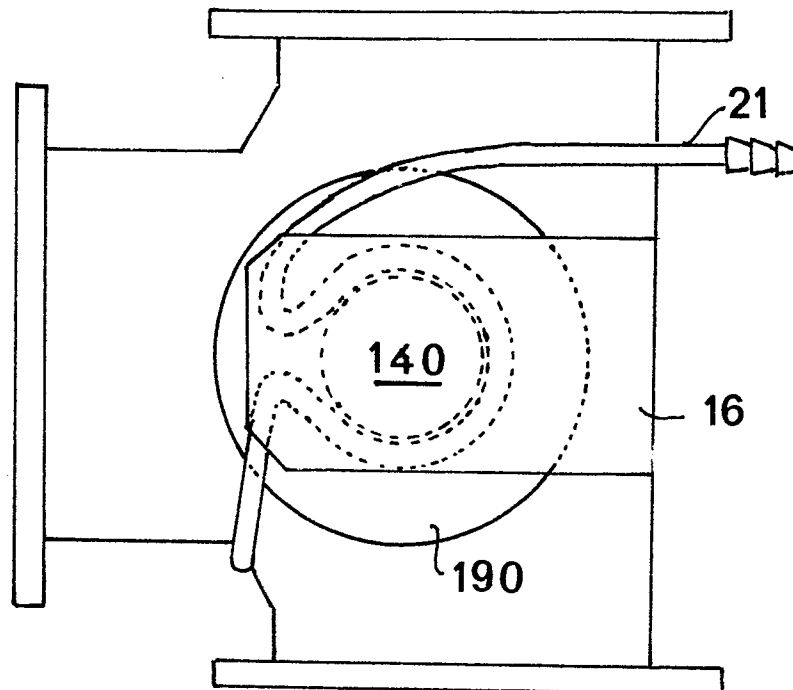


Fig.6





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0012682

EP 79 40 0990

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendica- tion concernée	
	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. MTT-26, no. 5, may 1978, New York, US, F. OKADA et al.: "Design of a high- power CW Y-junction waveguide circulator", pages 364-369 * Le document en entier *	1,3-6	H 01 P 1/39
	--		
	DE - A - 2 262 311 (PHILIPS) * Page 7, dernier alinéa à page 8, ligne 8; figure 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
	--		
	US - A - 3 466 571 (J.W. JANSEN et al.) * Colonne 6, ligne 52 à colonne 7, ligne 16; figures 2,3 *	1,6	H 01 P 1/39
	--		
A	US - A - 3 662 291 (J.J. COTTER) * En entier *	1	
	--		
A	FR - A - 1 354 393 (LITTON INDUSTRIES) * En entier *	1,3,4	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
	----		X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			&: membre de la même famille, document correspondant
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 12-03-1980	Examineur LAUGEL