



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(19)

(11)

Numéro de publication:

**0 012 682
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45)

Date de publication du fascicule de brevet:
05.05.82

(51)

Int. Cl.³: **H 01 P 1/39**

(21)

Numéro de dépôt: **79400990.2**

(22)

Date de dépôt: **07.12.79**

(54)

Circulateur de puissance à faible perte d'insertion.

(30)

Priorité: **08.12.78 FR 7834622**

(43)

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

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
05.05.82 Bulletin 82/18

(84)

Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

(56)

Documents cités:

**DE-A-2 262 311
FR-A-1 354 393
US-A-3 466 571
US-A-3 662 291**

**IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND
TECHNIQUES, vol. MTT-26, no. 5, may 1978,
New York, US
F. OKADA et al.: «Design of high-power CW
Y-junction waveguide circulator»,
pages 364-369.**

(73)

Titulaire: **LIGNES TELEGRAPHIQUES ET
TELEPHONIQUES Société anonyme, 1 Rue Charles
Bourseul, F-78702 Conflans-Ste Honorine (FR)**

(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)**

(74)

Mandataire: **Guyot, Liliane et al, Thomson-CSF
SCPI 173, Boulevard Haussmann, F-75360 Paris
Cedex 08 (FR)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Circulateur de puissance à faible perte d'insertion

La présente invention concerne un circulateur de puissance pour hyperfréquence en Y à trois portes.

D'une manière générale, un tel circulateur est réalisé au moyen de tronçons de guides d'onde associés entre eux de façon à ce 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 des tronçons (plan E commun). Le volume commun aux trois guides constitue une cavité résonnante. La non réciprocity est assurée en plaçant dans cette cavité un certain volume de matériau gyromagnétique soumis à un champ d'aimantation.

On connaît une structure du circuit de polarisation magnétique pour un tel circulateur. On se reportera par exemple à la demande de brevet allemand n° 2 262 311 déposée le 20 décembre 1972, dans laquelle est décrit un circulateur en Y à trois portes dont le circuit de polarisation magnétique comporte des pièces polaires en fer doux traversant les parois opposées de la cavité de jonction des guides d'onde, et dont chaque extrémité plongeant dans la cavité est directement en contact avec une pastille de matériau gyromagnétique.

En outre, il est connu par le brevet américain n° 3 466 571 que l'on peut adapter l'impédance des pièces polaires à celle du guide d'onde au moyen de cales métalliques, de forme triangulaire, et solidaires de la paroi de la cavité.

La présente invention a pour but de réaliser un circulateur pour onde hyperfréquence dont la structure permet d'obtenir une minimisation des pertes d'insertion dudit circulateur, conférant ainsi à ce dernier d'excellentes performances globales en hyperfréquence.

A cet effet, l'invention a pour objet un circulateur de puissance en Y à trois portes constituées chacune par un guide d'onde, comportant un circuit de polarisation magnétique comprenant des pièces polaires en fer doux traversant les parois opposées de la cavité de jonction des guides d'onde, et dont les extrémités plongeant dans la cavité sont directement en contact chacune avec une pastille de matériau gyromagnétique, caractérisé en ce que les pièces polaires, traversant chacune une cale métallique d'adaptation d'impédance solidaire de la paroi de la cavité, sont en contact avec un dispositif de refroidissement, et en ce que le rapport entre le diamètre des pièces polaires et celui des pastilles gyromagnétiques est compris entre 1,2 inclus et 1,56 inclus.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le dispositif de refroidissement est 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 étant refroidies

par convection naturelle ou tout autre échange.

Ainsi, la gamme de valeurs particulières données au rapport entre le diamètre des pièces polaires et celui des pastilles gyromagnétiques, assure une homogénéité du champ d'aimantation, notamment par suppression de l'«effet de bord», et permet de réduire le volume de matériau gyromagnétique utilisé, réduisant au minimum les pertes d'insertion, et donc l'élévation consécutive de température qui constitue la cause principale de la détérioration des caractéristiques des circulateurs à haut niveau de l'art antérieur.

L'invention présente également les avantages suivants:

- l'épaisseur des cales métalliques d'adaptation est indépendante de la position des pièces polaires;
- le diamètre des pièces polaires, ainsi que le rapport entre le diamètre des pièces polaires et celui des pastilles gyromagnétiques, constituent un facteur d'adaptation supplémentaire.

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:

la figure 1 représente une vue d'ensemble du circulateur selon l'invention;

la figure 2 représente une vue en coupe horizontale du circulateur de la figure précédente;

la figure 3 représente une vue en coupe d'un premier mode de réalisation du circulateur par le plan de trace XX de la figure 2;

la figure 4 représente la courbe de variation du découplage du circulateur selon l'invention en fonction de la puissance de l'onde hyperfréquence;

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 un second mode de réalisation du circulateur selon l'invention; et

la figure 7 représente un troisième mode de réalisation du circulateur selon l'invention.

La figure 1 représente une vue en perspective d'un circulateur en Y à trois portes selon l'invention.

Sur cette figure, deux tronçons de guides d'onde 1 et 2, seuls visibles, sont terminés par des brides normalisées 4 et 5, tandis que le tronçon de guide d'onde 3, non visible, est terminé par une bride 6 visible en partie seulement. Des ailettes de refroidissement sont représentées en 70, et un aimant permanent est constitué par une 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 disposées des ailettes 7 respectivement homologues des ailettes 70, ainsi qu'un deuxième

me 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 guides d'onde. Sur cette figure 2, les éléments identiques à ceux de la figure 1 sont désignés par le même repère.

Comme il apparaît sur cette figure, les tronçons de guides 1, 2 et 3 sont assemblés à 120° entre eux. De plus, les tronçons 1 et 3 sont incurvés de façon à présenter les brides 4 et 6 parallèlement entre elles et perpendiculairement à la bride 5. Une cale d'adaptation d'impédance 13, qui peut être soit rapportée par brasure sur la paroi de la cavité constituée à la jonction des guides 1, 2 et 3, soit venue de fonderie avec les guides 1, 2 et 3, est percée et livre passage à une pièce polaire 14 en fer doux sur laquelle est fixée, par exemple par brasure, une pastille gyromagnétique 15.

La figure 3 représente une coupe par le plan de trace XX de la figure 2, du circulateur selon un premier mode de réalisation.

Sur cette figure 3, la cale d'adaptation 13 vient de fonderie avec la paroi 17 de la cavité formée par la jonction des guides 1, 2 et 3. La pièce polaire 14 traverse la pièce 13-17. Le diamètre de la partie des pièces polaires 14 et 140 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 de préférence au plus égale à 30% de leur diamètre, et est choisie en fonction de la bande passante du circulateur.

La paroi des pièces polaires 14 et 140 est, en outre, recouverte d'une couche d'argent destinée à rétablir la continuité électrique avec les cales d'adaptation 13 et 130. L'extension donnée aux cales 13 et 130 est choisie en vue de maintenir la perte d'insertion en dessous de 0,1 dB.

En vue de maintenir la température des pastilles gyromagnétiques 15 et 150 à une valeur proche de l'ambiante malgré les pertes inévitables dont elles sont le siège, les pièces polaires sont associées à des plaques dont les bords sont repliés de façon à constituer des ailettes, respectivement 7 et 70, refroidies par convection naturelle. Plus précisément, les plaques métalliques, respectivement 19 et 190, sont brasées sur des épaulements 18 et 180 pratiqués sur les pièces polaires 14 et 140.

Ainsi qu'il apparaît sur la figure 3, les pastilles gyromagnétiques 15 et 150, présentant un léger chanfrein de leur face dirigée vers le centre du guide, ont un diamètre inférieur à celui des pièces polaires 14 et 140. L'expérience a montré que la minimisation des pertes d'insertion grâce à l'homogénéisation du champ interne dans les pastilles gyromagnétiques, est obtenue pour une valeur minimale du rapport entre le diamètre des pièces polaires et celui des pas-

tilles gyromagnétiques, égale à 1,20. La valeur maximale de ce rapport des diamètres repose sur le comportement de la cavité, la fréquence de résonance de celle-ci étant fonction des valeurs des diamètres des pièces polaires et des pastilles gyromagnétiques, de l'épaisseur des dites pastilles et de la pénétration des pièces polaires dans ladite cavité. L'expérience a montré que la valeur maximale est égale à 1,20 avec une tolérance de +30%, c'est-à-dire 1,20 + 0,36, soit une valeur maximale égale à 1,56.

En outre, l'utilisation de pastilles gyromagnétiques dont le rapport diamètre/épaisseur est compris entre 6 et 12 permet avantageusement d'obtenir de bons résultats.

Comme il est connu, le diamètre des cales 13 et 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 des côtés 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.

Comme le montre la figure 3, les aimants permanents 10 et 100 sont solidaires des plaques 19 et 190 du dispositif de refroidissement. L'efficacité du refroidissement nécessite l'existence d'un bon contact thermique entre les pastilles gyromagnétiques 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 gyromagnétiques et sur l'extrémité des pièces polaires afin de permettre leur assemblage par brasure.

A titre illustratif, la Demanderesse a réalisé un circulateur fonctionnant dans la bande de fréquences comprise entre 4,4 et 5 GHz, présentant trois brides normalisées disposées en T à l'extrémité de tronçons de guides. 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 second exemple, la Demanderesse a réalisé un circulateur fonctionnant dans la bande de fréquences comprise entre 14 et 14,5 GHz, présentant trois brides normalisées disposées en T à l'extrémité de trois tronçons de guides d'onde. Ce circulateur comporte deux pastilles en grenat de fer et d'yttrium de diamètre égal à

6 millimètres et d'une épaisseur égale à 0,6 millimètres;

- la distance entre les deux pastilles est égale à 1,10 millimètre;
- les pièces polaires en fer doux ont un diamètre égal 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;
- la puissance nominale de l'onde admise par ce circulateur est égale à 200 watts;
- la perte d'insertion est égale à 0,10 dB dans la bande;
- le découplage est au moins égal à 25 dB dans la bande.

La figure 4 représente la courbe de variation du découplage entre les portes du circulateur réalisé suivant le second exemple, à la fréquence centrale de sa bande passante, en fonction de la puissance de l'onde incidente dans ce circulateur. On notera qu'à 400 watts, le découplage est égal à 26 dB.

La figure 5 représente la courbe de variation de la température mesurée sur les ailettes de refroidissement en fonction de la puissance de l'onde hyperfréquence envoyée à l'entrée du circulateur réalisé suivant le second exemple. On notera qu'à 300 watts, l'élévation de température reste inférieure à 35°C.

La figure 6 représente une variante de réalisation du circulateur selon l'invention, dans laquelle l'efficacité du refroidissement est accrue par la soudure d'une canalisation en cuivre 21 sur les plaques 19 et 190 de la figure 3. La canalisation 21 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 de troisième exemple, la Demanderesse a réalisé un circulateur de ce type fonctionnant dans la bande de fréquences comprise entre 2,4 et 2,5 GHz, présentant trois brides normalisées disposées en T à l'extrémité de tronçons de guides d'onde. 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 deux pastilles est égale à 5,8 millimètres;
- les pièces polaires ont un diamètre égal à 60 millimètres;
- 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 en régime permanent par ce circulateur est égale à 6 KW. Cette puissance peut atteindre 12 KW lorsqu'un court-circuit est placé à la deuxième porte;
- la perte d'insertion est inférieure à 0,06 dB dans la bande passante;

- le découplage est supérieur à 25 dB.

La figure 7 représente une autre variante de réalisation du circulateur selon l'invention, dans laquelle l'efficacité du refroidissement est accrue en mettant une paroi des pièces polaires directement en contact avec l'eau froide d'une circulation, et 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 un ajutage 310. Le courant d'eau qui arrive se divise 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 manière que précédemment, deux courants d'eau décrivent chacun une demicirconférence 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 constituées chacune par un guide d'onde (1; 2; 3), comportant un circuit de polarisation magnétique comprenant des pièces polaires en fer doux (14, 140) traversant les parois opposées de la cavité de jonction des guides d'onde, et dont les extrémités plongeant dans la cavité sont directement en contact chacune avec une pastille de matériau gyromagnétique (15, 150), caractérisé en ce que les pièces polaires (14, 140), traversant chacune une cale métallique d'adaptation d'impédance (13; 130) solidaire de la paroi de la cavité, sont en contact avec un dispositif de refroidissement, et en ce que le rapport entre le diamètre des pièces polaires (14, 140) et celui des pastilles gyromagnétiques (15, 150) est compris entre 1,2 inclus et 1,56 inclus.

2. Circulateur de puissance selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement comporte des pièces (19, 190) en métal bon conducteur de la chaleur, brasées à des épaulements (18, 180) pratiqués sur les pièces polaires (14, 140), et dont la périphérie est repliée en formant des ailettes (7, 70) refroidies par convection naturelle.

3. Circulateur de puissance selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement comporte deux lames métalliques (19, 190) bonnes conductrices de la chaleur, brasées à des épaulements (18, 180) pratiqués sur les pièces polaires (14, 140), et auxquelles est soudée une canalisation (21) parcourue par un fluide.

4. Circulateur de puissance selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement est constitué par une circulation de fluide mise directement en contact avec une paroi des pièces polaires (14, 140).

Patentansprüche

1. Y-Leistungszirkulator mit drei Anschlüssen, die jeweils durch einen Wellenleiter (1; 2; 3) gebildet sind, mit einem magnetischen Polarisationskreis, der Weicheisenpolteile (14, 140) umfasst, welche die einander gegenüberliegenden Wände des Verbindungshohlraumes der Wellenleiter durchqueren und deren in den Hohlraum eindringende Enden jeweils direkt in Berührung sind mit einem Plättchen (15, 150) aus gyromagnetischem Material, dadurch gekennzeichnet, dass die Polteile (14, 140), die jeweils eine Impedanzanpassungs-Zwischenscheibe (13; 130) aus Metall, die mit der Wandung des Hohlraumes fest verbunden ist, durchqueren, in Berührung mit einer Kühlvorrichtung sind und dass das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Hohlteile (14, 140) und demjenigen der gyromagnetischen Plättchen (15, 150) zwischen 1,2 einschliesslich und 1,56 einschliesslich liegt.

2. Leistungszirkulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung Teile (19, 190) aus einem gut wärmeleitenden Metall enthält, die mit an den Polteilen (14, 140) gebildeten Schultern (18, 180) hartverlötet sind und deren Umfang unter Bildung von Rippen (7, 70), die durch natürliche Konvektion gekühlt werden, umgebogen ist.

3. Leistungszirkulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung zwei gut wärmeleitende Metallflügel (19, 190) enthält, die mit an den Polteilen (14, 140) angebrachten Schultern (18, 180) hartverlötet sind und an denen eine Kanalisation (21) angelötet ist, die von einem Fluid durchströmt wird.

4. Leistungszirkulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung durch eine Fluidzirkulation gebildet ist, die in

direkte Berührung mit einer Wandung der Polteile (14, 140) gebracht ist.

Claims

1. Power Y circulator having three ports each formed by a wave guide (1; 2; 3), comprising a magnetic polarisation circuit having soft iron pole pieces (14, 140) traversing the opposed walls of the junction cavity of the wave guides, and the ends of which projecting into the cavity are each in direct contact with a slice (15, 150) of gyromagnetic material, characterized in that the pole pieces (14, 140) each traversing one metallic impedance adapting disc (13; 130) joined with the cavity wall, are in contact with a cooling device, and in that the ratio between the diameter of the pole pieces (14, 140) and that of the gyromagnetic discs (15, 150) is comprised between 1.2 inclusive and 1.56 inclusive.

2. Power circulator in accordance with claim 1, characterized in that the cooling device comprises members (19, 190) of a thermally well conducting metal brazed to shoulders (18, 180) formed on the pole pieces (14, 140) and the periphery of which is bent off forming fins (7, 70) cooled by natural convection.

3. Power circulator in accordance with claim 1, characterized in that the cooling device comprises two metallic flanges (19, 190) having good thermal conductivity and brazed to shoulders (18, 180) formed on the pole pieces (14, 140), and on which a canalization (21) is soldered in which a fluid flows.

4. Power circulator in accordance with claim 1, characterized in that the cooling device is formed by a fluid circulation directly brought into contact with one wall of the pole pieces (14, 140).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

Fig.1

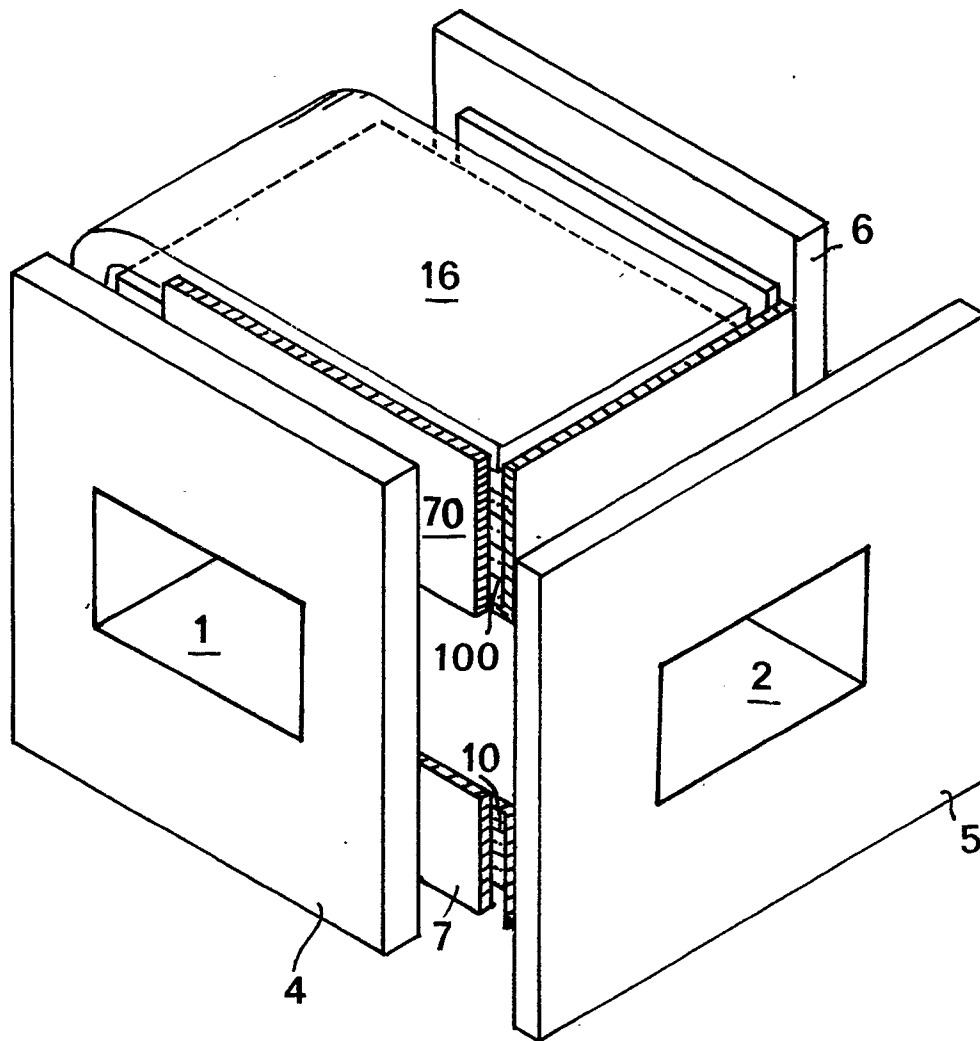


Fig.2

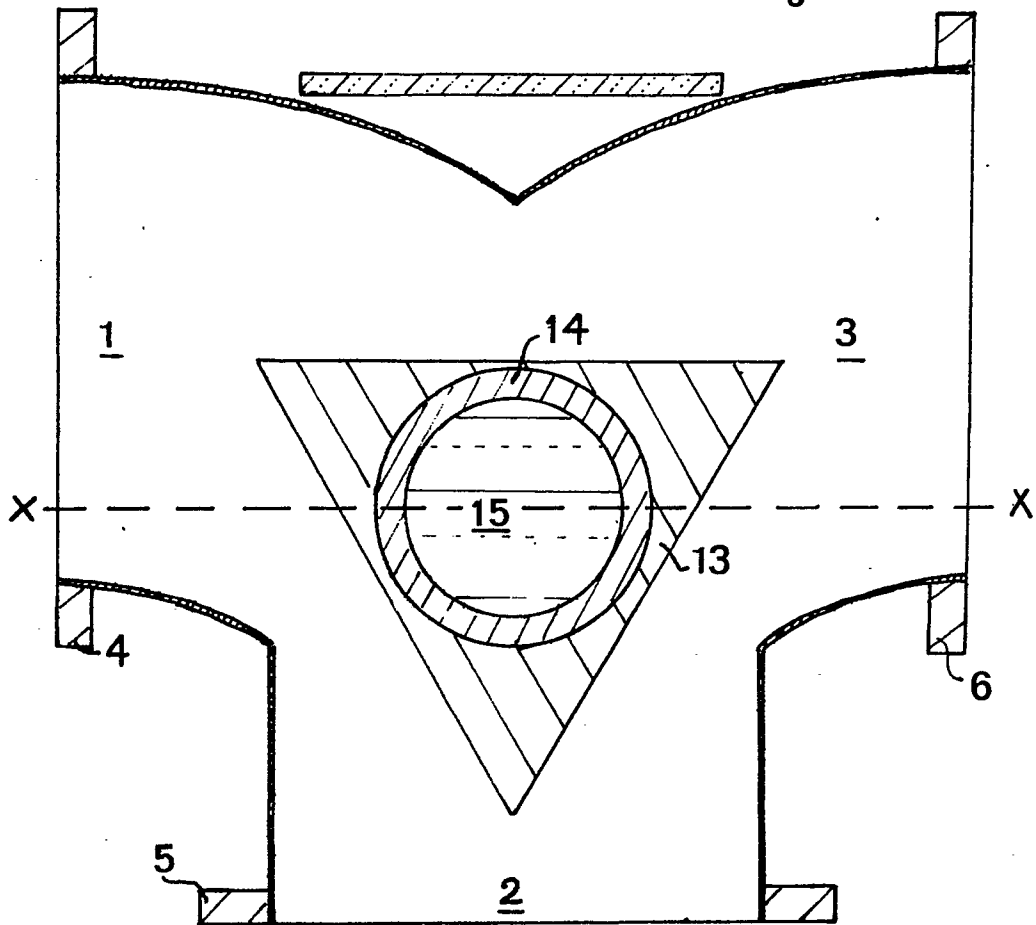
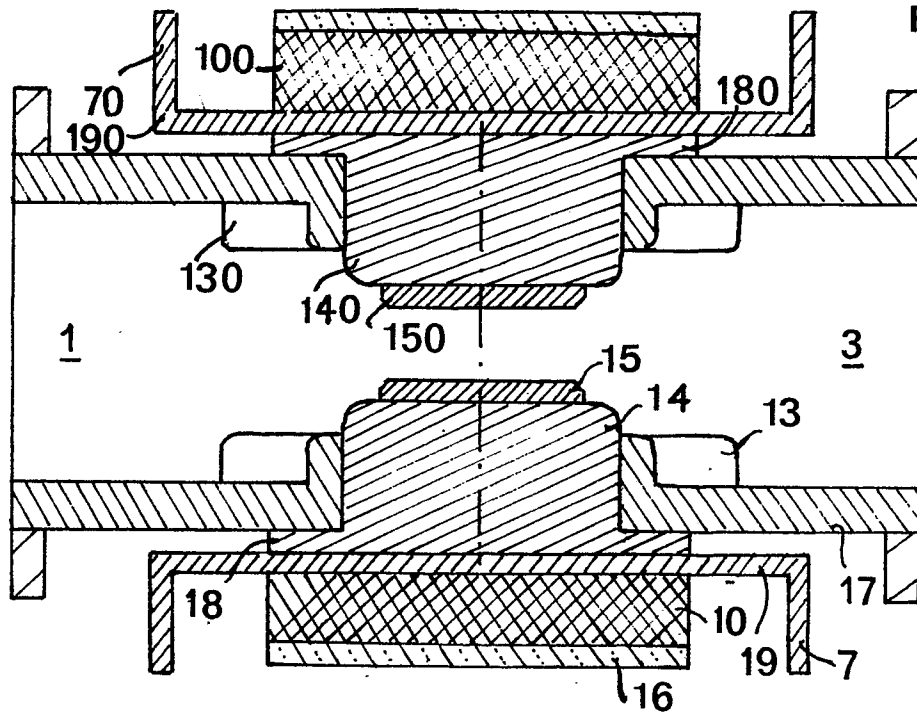


Fig.3



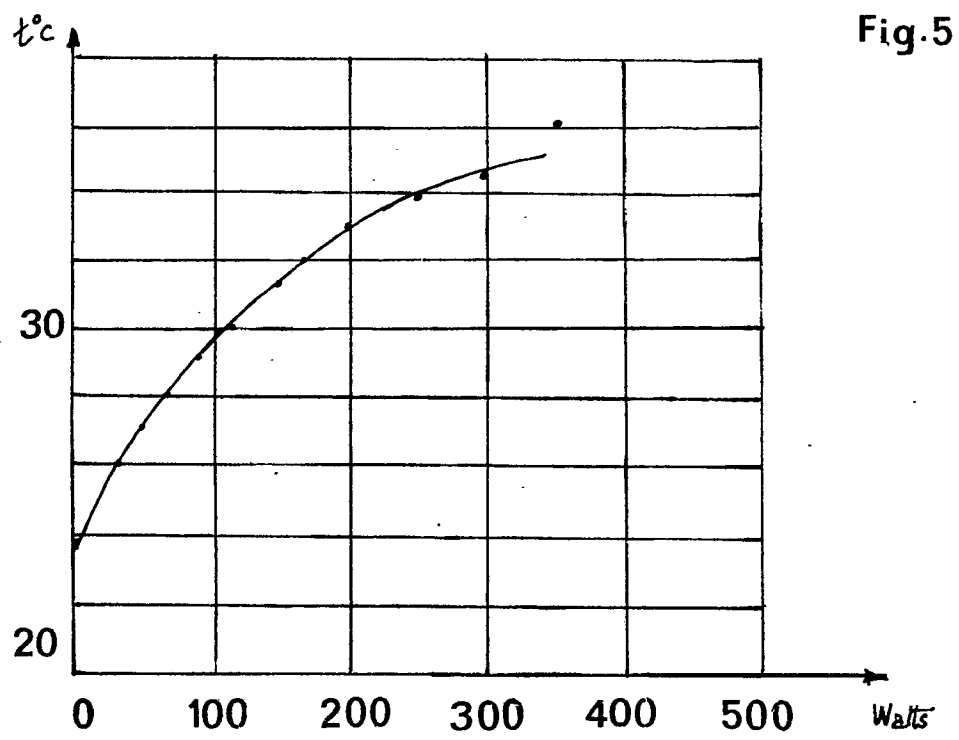
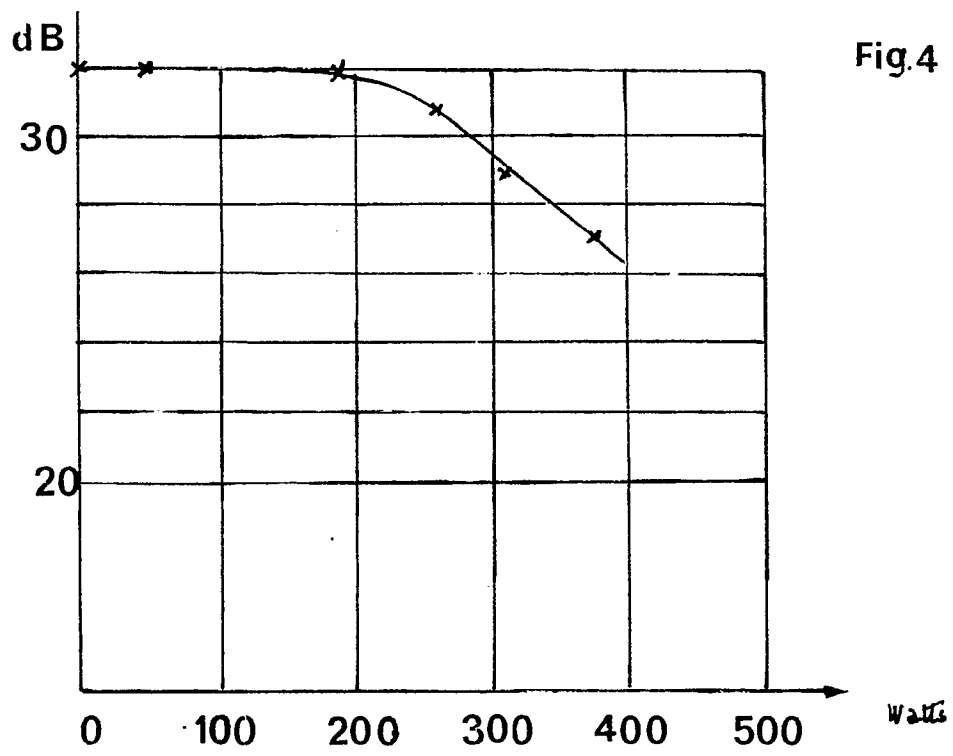


Fig.6

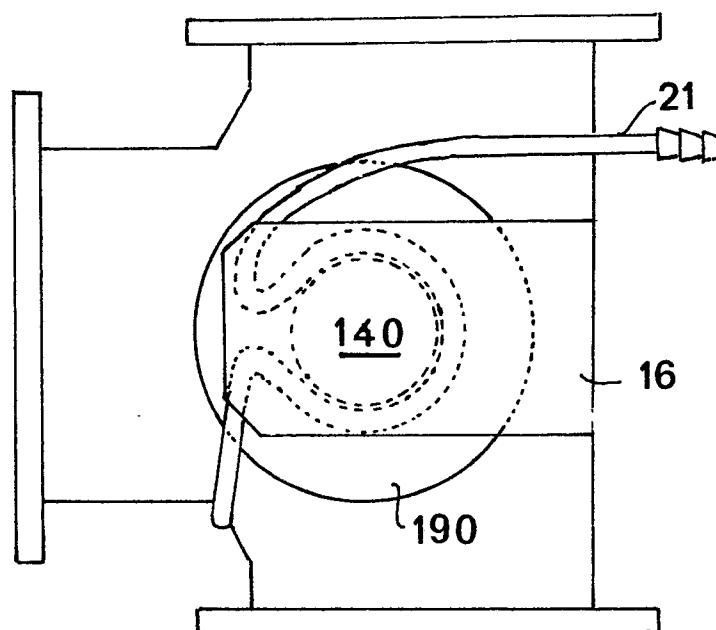


Fig.7

