

⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt: 88400293.2

⑤① Int. Cl. 4: **H 01 P 1/39**

㉔ Date de dépôt: 09.02.88

③① Priorité: 13.02.87 FR 8701865

④③ Date de publication de la demande:  
17.08.88 Bulletin 88/33

⑥④ Etats contractants désignés: DE GB IT

⑦① Demandeur: **THOMSON HYBRIDES ET MICROONDES**  
173, bld Haussmann  
F-75008 Paris (FR)

⑦② Inventeur: **Forterre, Gérard**  
**THOMSON-CSF SCPI** 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

⑦④ Mandataire: **Taboureau, James et al**  
**THOMSON-CSF SCPI** 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

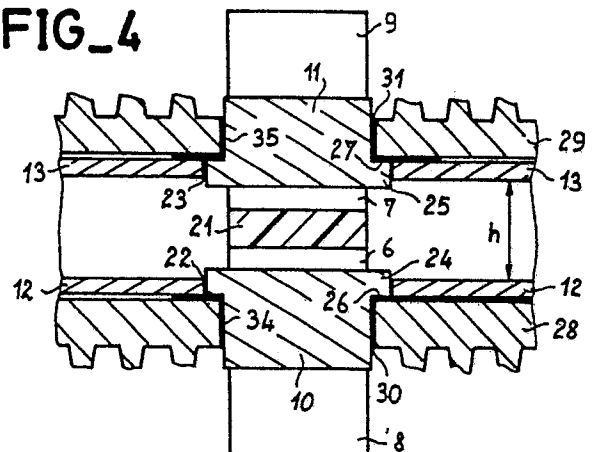
⑤④ **Circulateur hyperfréquence intégré.**

⑤⑦ L'invention concerne un circulateur hyperfréquence, dans lequel le gyrateur est intégré dans le guide d'ondes.

La structure selon l'invention comporte un guide d'ondes dont les deux faces principales (12, 13) sont percées de deux trous (22, 23) alignés sur le centre de symétrie de la jonction. A travers ces trous passe un gyrateur monobloc, constitué par au moins un aimant (8), une pièce polaire (10), un résonateur (6 + 21 + 7) à diélectrique solide (21) et une seconde pièce polaire (11). Le gyrateur est de forme cylindrique, et les pièces polaires (10, 11) comportent chacune un rebord (24, 25) de même diamètre que les trous (22, 23) dans le guide d'onde. Les plaques de refroidissement (28, 29) immobilisent le gyrateur monobloc dans le guide d'ondes.

Application au chauffage industriel (1 KW à 2,45 GHz) ou aux têtes hyperfréquences intégrées, (de 100 MHz à 100 GHz au plus).

**FIG\_4**



## Description

## CIRCULATEUR HYPERFREQUENCE INTEGRE

La présente invention concerne un circulateur en guide d'ondes, pour ondes hyperfréquences, dans lequel le gyrateur est intégrable. Le circulateur objet de l'invention est un modèle dans lequel la puissance peut atteindre et dépasser le kilowatt, dans un domaine de fréquences compris entre 1 et 100 GHz.

Dans sa définition générale, un circulateur est un composant hyperfréquence présentant un certain nombre de portes, au moins trois, qui transmet l'énergie qu'il reçoit par une porte à une autre porte. Ce composant présente la propriété de non-réciprocité, c'est-à-dire que, si le sens de l'énergie incidente est modifié, la fonction des portes d'entrée et de sortie n'est pas échangée. Cette condition de non-réciprocité est introduite par l'utilisation dans un tel composant d'un gyrateur comportant des ferrites. Ceux-ci sont des matériaux magnétiques céramiques constitués principalement par des oxydes métalliques qui diffèrent cependant des matériaux magnétiques métalliques classiques par le fait qu'ils sont non conducteurs et présentent de faibles pertes d'origine magnétique aux hyperfréquences.

Parmi les différentes classes de circulateurs, ceux dits à jonctions consistent en une jonction à trois ou quatre portes réalisée en guide d'ondes dans laquelle est inséré, en son centre, au moins un barreau de ferrite soumis à un champ magnétique extérieur transversal.

Les circulateurs en guide d'ondes sont réalisés à partir d'un corps métallique qui est soit usiné dans la masse, soit soudé, et dont le corps est :

- soit en plusieurs parties assemblées : il est alors facile d'y coller et positionner les ferrites,
- soit monobloc, ce qui signifie qu'on ne peut accéder à l'intérieur du corps, pour y fixer un gyrateur, que par les portes du circulateur, ce qui suppose donc qu'il soit démonté du matériel dans lequel il est en service.

Les guides d'ondes sont soit en tôle soudée, soit moulés, et il est difficile d'y positionner avec précision et d'y fixer la ou les pièces de ferrite du gyrateur, d'autant plus que les guides d'ondes ne doivent pas présenter - hormis les portes - de fentes ou d'interstices d'air, qui présentent le double inconvénient d'avoir une impédance élevée, et de présenter une fuite hyperfréquence, dangereuse pour l'utilisateur.

C'est donc un objet de l'invention que d'apporter une solution au problème de l'intégration d'un gyrateur dans une structure en guide d'ondes, sans nécessiter l'accès à l'intérieur du guide d'ondes.

C'est un autre objet de l'invention que de résoudre ce problème dans le cas d'un guide d'onde monobloc, soudé ou moulé, mais pas formé de deux demi-coquilles démontables.

C'est encore un objet de l'invention que de résoudre ce problème dans le cas de circulateurs de forte puissance, munis sur leurs surfaces principales de radiateurs à air ou à liquide.

C'est aussi l'objet de l'invention que de réaliser un

circulateur de puissance industriel peu sensible aux poussières, grâce à l'absence d'interstice libre entre les ferrites.

C'est enfin un objet de l'invention que d'assurer une intégration aisée et économique du gyrateur dans le circulateur, sans pertes d'insertions supplémentaires ni rayonnement parasite.

Selon l'invention, le circulateur est percé de deux trous circulaires en regard, dans ses deux parois parallèles, et à l'emplacement où doit se trouver le gyrateur. Le gyrateur est, quant à lui, monobloc et constitué par l'empilement de pièces de formes cylindriques qui sont collées entre elles. Ce gyrateur comprend, au moins, une pièce polaire, un ferrite, un diélectrique solide tel que la silice, un ferrite et une seconde pièce polaire. Un ou deux aimants peuvent également être collés sur les deux pièces polaires. Tous les composants du gyrateur ont sensiblement le même diamètre, de sorte que le gyrateur se présente comme une pièce cylindrique, que l'on peut introduire par les trous pratiqués dans le circulateur. Seules les pièces polaires présentent, à un niveau correspondant aux parois principales du guide d'ondes, un rebord en saillie de plus grand diamètre, mais égal au diamètre des trous dans le guide d'onde : les deux radiateurs, qui sont eux aussi percés de trous correspondant au passage du gyrateur, bloquent celui-ci en position, en prenant appui sur les faces externes des rebords des pièces polaires. Le gyrateur est donc fixé par l'intermédiaire des radiateurs. Un joint de colle spéciale ou un joint "hyperfréquence" supprime toute fuite de rayonnement hyperfréquence, et assure une continuité thermique pour le refroidissement du gyrateur.

De façon plus précise, l'invention concerne un circulateur hyperfréquence intégré, comportant une jonction en guide d'onde, et un gyrateur placé au centre de symétrie de la jonction, ainsi que des plaques de refroidissement appliquées sur les faces principales du guide d'onde, ce circulateur étant caractérisé en ce que :

- les deux faces principales du guide d'onde sont percées de deux trous, en regard l'un de l'autre, et centrés sur le centre de symétrie de la jonction,
- un gyrateur monobloc traverse le guide d'onde, en passant à travers les trous pratiqués dans les faces principales du guide d'onde.
- les plaques de refroidissement immobilisent le gyrateur dans le guide d'onde.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description qui suit, illustrée par les figures jointes en annexe, qui représentent :

- fig. 1 : vue en plan, simplifiée, d'un circulateur selon l'art connu,
- fig. 2 : exemple de montage d'un gyrateur dans un circulateur, selon l'art connu,
- fig. 3 : autre exemple de montage d'un gyrateur dans un circulateur, selon l'art connu,
- fig. 4 : vue en coupe de la partie d'un circulateur dans lequel est monté un gyrateur selon l'invention

(vue partielle), avec un premier type de joint.

- fig. 5 : vue en coupe du montage d'un gyrateur, selon l'invention (vue partielle), avec un second type de joint,

- fig. 6 : vue en coupe d'un gyrateur selon l'invention, selon un perfectionnement destiné à augmenter la puissance commandée.

- fig. 7 : vue en coupe d'un gyrateur selon l'invention (vue d'ensemble).

Les figures 1 à 3 définissent ce qu'est un circulateur, et comment on y intègre un gyrateur, mais ce rappel préliminaire permettra de simplifier les explications, par la suite, et de rendre plus clair l'exposé de l'invention.

La figure 1 donne le plan d'un circulateur à trois portes réalisé à partir d'une jonction en T ou en Y et de trois bras constitués par des guides d'ondes dont les ouvertures sont appelées portes 1, 2, 3. Un redan 4 permet d'assurer la symétrie ternaire de la jonction, de sorte que le triangle ABC, formé entre les points communs aux trois guides d'ondes - dans le plan de la figure - est un triangle équilatéral. Dans l'axe de cette jonction, c'est à dire dans l'axe du centre du triangle ABC, sont placés deux disques de ferrite 6 et 7 soumis à un champ magnétique transversal appliqué par un ou deux aimants 8 et 9, par l'intermédiaire de pièces polaires 10 et 11.

La figure 1 étant un plan qui passe par le plan de symétrie du circulateur, la figure 2, qui est une coupe selon X'X, permet de voir les pièces non représentées sur la figure 1. On appellera faces principales du circulateur les faces 12 et 13 planes et parallèles au plan de symétrie du circulateur.

Dans un tel circulateur, l'énergie hyperfréquence entrant par la porte 1 sort par la porte 3, et l'énergie entrant par la porte 3 sort par la porte 2.

Un circulateur constitué de la façon décrite ci-dessus ne fonctionne cependant pas correctement car il n'est pas adapté. Pour que les conditions de circulation dans le circulateur soient satisfaites, il faut réduire au niveau des ferrites l'impédance des guides d'ondes. Les guides d'ondes rectangulaires qui sont couramment utilisés sont des guides normalisés dont le rapport des côtés est de l'ordre de 2 sur 1 et qui propagent le mode TE<sub>10</sub>. Pour réduire l'impédance des guides d'ondes, il est nécessaire d'en réduire la hauteur "h". Cette réduction est réalisée par l'introduction dans la jonction de plaques métalliques 14 et 15 constituant un transformateur d'impédance. Ces plaques sont disposées contre les faces principales de la jonction et les disques de ferrite 6 et 7 sont collés en regard l'un de l'autre contre ces plaques. Il est évident que l'introduction nécessaire de ces plaques, réduit la distance séparant les disques de ferrites et augmente d'autant les risques de claquage à ce niveau. La tenue en puissance d'un circulateur à jonction de l'art antérieur est donc limitée, entraînant de la sorte une limitation importante de son utilisation.

La figure 2 montre comment sont positionnés et maintenus en place les éléments qui viennent d'être décrits.

Selon le brevet français n° 78 34 622, déposé le 8 décembre 1978 et appartenant à la Demanderesse, les faces principales 12 et 13 du guide d'onde sont

munies, chacune, d'un trou bordé par un épaulement 16 et 17 sur lequel est brasé le transformateur d'impédance 14 et 15. Dans chaque trou pénètre un ensemble constitué par un ferrite 6, une pièce polaire 10, un radiateur, et un aimant 8, dont toutes les pièces sont brasées entre elles, l'ensemble étant de plus brasé sur l'épaulement 16.

Ce type de montage de deux ensembles qui sont indépendants et séparés par un diélectrique à air suppose :

- des épaulements 16 et 17 pour bien positionner chaque ensemble de pièces brasées,
- des transformateurs d'impédances 14 et 15
- des cotes très précises, pour que la distance nécessaire entre les pastilles de ferrite 6 et 7 soit respecté,
- que le circulateur, une fois monté, ne soit plus démonté.

En effet, ce type de montage nécessite l'accès à l'intérieur du guide d'onde, pour les brasures par exemple. Ceci est un inconvénient vis à vis des guides d'ondes de puissance, qui sont monoblocs, en métal moulé.

Mais par ailleurs, 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 du choix du ferrite, de la fréquence de l'onde et de la façon dont le circulateur est réalisé, et que, pour une puissance élevée dans un circulateur dont les disques de ferrite sont écartés d'une distance déterminée, il y a risque de claquage, ce qu'élimine la présence de diélectrique.

Le brevet français n° 72 422 61, déposé le 28 novembre 1972, au nom de la demanderesse, apporte une solution à l'augmentation de la puissance dans un circulateur à jonction. La figure 3, qui en rappelle le fondement, est simplifiée et limitée aux seules pièces nécessaires à la compréhension : un circulateur de puissance se présente dans ce cas sous la forme de deux circulateurs à jonction à basse impédance, connectés électriquement en série.

Dans un circulateur de faces principales 12 et 13, on introduit une plaque métallique 20 à la hauteur du plan de symétrie longitudinal, ce qui a pour effet de diviser la jonction ainsi que les guides d'ondes normalisés utilisés en deux jonctions et guides associés de hauteur réduite. Cette plaque occupe toute la superficie de la jonction. Toutefois elle peut s'étendre au-delà et occuper à la fois la superficie de la jonction et des bras.

D'après la remarque faite dans ce qui précède on obtient de la sorte deux jonctions en guides d'impédance réduite avec lesquelles on réalise deux circulateurs en plaçant dans l'axe des jonctions, de part et d'autre de la paroi 20, deux pastilles de ferrite 18 et 19 qui se trouvent ainsi en regard respectivement des pastilles 6 et 7. On obtient ainsi deux circulateurs qui sont empilés, c'est-à-dire qu'électriquement ils sont montés en série. Ils sont facilement adaptables sans élément métallique pour diminution d'impédance, étant déjà réalisés dans des guides à faible impédance. Chacun de ces circulateurs ne recevant que la moitié de l'énergie incidente, la puissance admissible totale dans le circulateur

obtenu par empilage des deux circulateurs élémentaires est pratiquement double de celle d'un circulateur normal.

Ce type de montage nécessite un outillage de montage des ferrites 6, 7, 18, 19 par rapport aux pièces polaires 10 et 11.

Les inconvénients de l'art connu sont évités par la structure du circulateur selon l'invention, dont une vue partielle, celle de la région du gyrateur, est donnée en coupe en figure 4. Pour faciliter la compréhension, les mêmes indices de repères sont conservés s'ils désignent les mêmes objets.

Dans un circulateur dont les formes générales sont celles de la figure 1, la jonction à symétrie ternaire est constituée par un guide d'onde de hauteur réduite, le rapport de réduction par rapport aux guides d'ondes standards dépendant de la fréquence et de la puissance qui la traverse. Le couplage des ondes hyperfréquences au gyrateur s'effectue directement, sans transformateur d'impédance. C'est dire que les faces principales 12 et 13 du guide d'onde sont planes, à l'intérieur de la cavité, et qu'aucun transformateur d'impédance, tel que 14-15 en figure 2, n'y est brasé ou moulé.

Les faces principales 12 et 13 comportent chacune, à l'aplomb du centre de symétrie ternaire, un trou circulaire 22 et 23.

Le gyrateur monobloc intégrable est un ensemble de forme extérieure cylindrique, constitué par :

- un résonateur composite monobloc comprenant deux disques de ferrite 6 et 7 collés sur les deux faces d'un disque de diélectrique 21, tel que silice ou céramique,
- deux pièces polaires 10 et 11, en acier doux, dont la forme cylindrique adaptée aux fonctions à remplir sera analysée ultérieurement,
- un ou deux aimants 8 et 9, cylindriques de diamètre inférieur à celui des pièces polaires.

L'ensemble de ces pièces est collé, de façon à former un gyrateur monobloc que l'on peut manipuler et introduire à travers les deux trous en regard 22 et 23.

Elles ont toutes un diamètre qui est sensiblement constant, sauf les deux pièces polaires 10 et 11 qui possèdent à leur base, c'est à dire au niveau où elles traversent les faces principales 12 et 13, un rebord en saillie 24 et 25, de diamètre égal au diamètre des trous 22 et 23 dans les faces 12 et 13 du guide d'onde. Les rebords 24 et 25 ont une face externe - par rapport au guide d'onde - plane 26 et 27, et coplanaire avec la surface extérieure des faces 12 et 13 du guide d'onde.

Deux joints d'étanchéité à l'énergie hyperfréquence - qui seront détaillés ultérieurement - sont interposés entre le gyrateur monobloc et le guide d'ondes.

Enfin, le circulateur de puissance selon l'invention comprend des moyens de refroidissement constitués soit par deux plaques à ailettes 28 et 29, refroidissement à air, telles que représentées en fig. 4, soit par deux boîtes à circulation de liquide, telles que représentées en fig. 7. Ces moyens de refroidissement sont eux aussi percés de deux trous 30 et 31, de diamètre correspondant au petit diamètre des pièces polaires 10 et 11.

Le gyrateur monobloc étant positionné dans les trous 22 et 23 du guide d'onde, le fait de rapporter les plaques de refroidissement 28 et 29 immobilise le gyrateur, parce que les faces internes, tournées vers le guide d'onde, des plaques 28 et 29 viennent s'appuyer sur les faces externes 26 et 27 des rebords des pièces polaires 10 et 11, et bloquent le gyrateur.

Un circuit en matériau magnétique doux 32, ayant une ou plusieurs parties amovibles, ou bien encore constituant un circuit de retour du flux magnétique partiellement ouvert, vient compléter le circulateur de puissance selon l'invention. Ce circuit magnétique 32 est visible en fig. 7, qui donne une vue - selon l'axe Y'Y de la fig. 1 - plus générale mais moins détaillée que la fig. 4.

La structure du circulateur selon l'invention est telle que l'on peut vérifier avant de les intégrer chacune des pièces, qui vont maintenant être chacune mieux détaillée, et le gyrateur complet.

Contrairement aux solutions connues en structure guide d'onde et plus spécialement celles pour applications de puissance, le résonateur monobloc est réalisé sans lame d'air entre les ferrites 6 et 7, la lame d'air étant remplacée par un diélectrique ou une plaque de métal 21. Il est principalement constitué par au moins deux ferrites minces, réalisés soit sous forme de disques soit avec une section présentant une symétrie ternaire. Par ferrites minces on entend des ferrites d'épaisseur faible devant la longueur d'onde dans le résonateur composite.

Les dimensions des ferrites et du diélectrique sont calculées de façon à obtenir un résonateur gyromagnétique dont l'impédance soit pratiquement la même que celle du guide d'onde de hauteur réduite constituant les accès de la jonction.

Une telle structure évite l'intrusion de poussières ou la condensation de matière dans la zone critique située entre les ferrites.

Ce sont donc les dimensions calculées pour les ferrites qui imposent le diamètre des rebords en saillie 24 et 25 des pièces polaires 10 et 11 et, par voie de conséquence, le diamètre des trous 22 et 23 dans les faces 12 et 13 du guide d'onde.

Les pièces polaires 10 et 11, en acier doux ou autre, cylindriques, ont un petit diamètre à hauteur des plaques refroidissement 28 et 29, et un grand diamètre, celui du rebord en saillie 24 et 25, à hauteur des faces 12 et 13 du guide d'onde. Elles peuvent sans inconvénient pénétrer à l'intérieur du guide d'onde, selon l'épaisseur totale du résonateur monobloc 6 + 21 + 7. L'important est que la distance qui sépare les deux faces 26 et 27 des rebords soit égale à la distance entre les deux faces extérieures des parois 12 et 13 du guide d'onde.

Leurs formes permettent simultanément :

- l'insertion du gyrateur monté et testé préalablement dans la structure hyperfréquence compacte, où seul un trou central calibré est réalisé à l'endroit où doit être incorporé le gyrateur.

- après l'insertion du gyrateur, le montage aisé des joints d'étanchéité et des plaques de refroidissement.

- la réalisation d'une interface thermique à résistance faible.

Celle-ci peut être réalisée par un film de colle ou de laque conductrice 34 et 35 entre les surfaces cylindriques des pièces polaires 10 et 11, et les surfaces internes des trous 22 et 23 dans le guide d'onde, et 30 et 31 dans les radiateurs. Ce film n'a pas à assurer de liaison mécanique rigide.

Le diamètre des pièces polaires 10 et 11, au niveau de la zone d'insertion dans la jonction en guide d'onde, doit être le plus proche possible de celui des ferrites 6 et 7, afin de réduire le taux d'énergie couplée par l'interstice existant inévitablement entre ces pièces polaires et le corps métallique de la jonction, le couplage ainsi réalisé étant du type magnétique dans une région où les champs magnétiques n'ont pas de composantes transverses.

C'est pour éviter un usinage de grande précision des trous 22 et 23 et des rebords 24 et 25 que l'invention prévoit un collage d'étanchéité hyperfréquence, et parce que les lames d'air ont une impédance très élevée.

La figure 5 - qui ne donne qu'une partie de la fig. 4 - montre un autre système d'étanchéité hyperfréquence, sans colle ou laque conductrice. Dans ce cas, le trou 31 dans la plaque de refroidissement 29 est d'un diamètre tel que la plaque 29 soit frettée sur le corps de la pièce polaire 11. Il y a donc fixation mécanique du gyrateur monobloc par la plaque de refroidissement 29, et il n'y a pas de fuite hyperfréquence puisqu'il y a frettage. Mais on dispose cependant un joint spécial 33, absorbant les hyperfréquences, autour de la pièce polaire 11, et entre la plaque 29 d'une part, et le rebord 25 et la face 13 d'autre part. Dans ce cas, la plaque 29 est usinée pour y créer un logement pour le joint 33, et un second rebord en saillie 36, autour de la pièce polaire 11, facilite le centrage du joint 33.

Les moyens de refroidissement 28 et 29 comportent au moins une plaque plane en étroit contact avec les surfaces externes des faces 12 et 13 du guide d'onde. Ils sont de largeur supérieure à la largeur de guide d'onde, de sorte qu'ils débordent. Ces plaques, une fois rendues solitaires, par exemple par des vis qui ne traversent pas le guide d'onde, assurent la rigidité mécanique du gyrateur, dans sa structure d'accueil et participent à la réalisation des joints d'étanchéité hyperfréquence.

Les plaques 28 et 29 peuvent comporter des ailettes, comme en fig. 4, ou des tubes permettant la circulation d'un fluide, comme en fig. 5, ou encore constituer des "boîtes à eau" comme en fig. 7. Le fluide de refroidissement peut encore circuler dans des tubes soudés à ces plaques.

Les aimants 8 et 9 peuvent être en ferrite, ou en autres matériaux tels que samarium-cobalt. Ils peuvent être collés sur le gyrateur monobloc, mais ils peuvent être également positionnés par les plaques de refroidissement 28 et 29, et maintenus en place par le circuit magnétique 32.

Il a été dit que le circulateur selon l'invention est à guide d'onde de hauteur très réduite, donc d'impédance adaptée à celle du gyrateur. Mais il est connu que, dans ce cas, la puissance qui peut traverser le circulateur est moindre que si le guide d'onde est de plus grande hauteur.

Si une grande puissance est nécessaire, il est

possible d'appliquer à l'invention la structure décrite en fig. 3 et qui dépend du brevet français n° 72 42 261 déjà cité. Le gyrateur est alors celui de la figure 6.

5 C'est toujours un cylindre monobloc, mais le résonateur comprend, entre les ferrites 6 et 7 et le diélectrique 21 déjà décrits, au moins un troisième ferrite 34 et un second diélectrique 35, ce qui fait que le circulateur de grande hauteur fonctionne comme deux circulateurs de faible hauteur montés en parallèle. Un tel résonateur se monte sans qu'une plaque métallique 20 (voir fig. 3) ne soit montée dans le guide d'onde.

10 Toutefois, une plaque métallique 20 peut être montée dans le plan médian du guide d'onde, conformément au brevet 72 42 261. Dans ce cas, le gyrateur :

15 - soit passe à travers un trou pratiqué dans la plaque 20,

20 - soit est divisé en deux moitiés, chacune étant monobloc et comportant une pièce polaire, un premier ferrite, un diélectrique et un second ferrite, la plaque 20 n'étant pas percée.

25 Le circulateur selon l'invention a été décrit comme un circulateur de puissance : les modèles réalisés véhiculent 1 KW à 2,45 GHz. Cependant, la structure selon l'invention s'applique aux circulateurs de faible puissance. Dans ce cas, il peut ne comporter qu'un seul aimant, et la pièce polaire dépourvue d'aimant soit prend appui sur la face principale non percée du guide d'onde, soit est bloquée par la plaque de refroidissement.

30 Les applications du circulateur selon l'invention sont nombreuses. Dans le domaine de la puissance, elles concernent le chauffage industriel, tel que le séchage du papier ou des encres, les polymérisations, ... Dans le domaine du traitement de signaux, le circulateur peut être intégré dans une tête hyperfréquence, et ceci jusqu'à des fréquences très élevées (à 94 GHz, par exemple).

35 Le domaine de l'invention est précisé par les revendications suivantes.

## 45 Revendications

50 1. Circulateur hyperfréquence intégré, comportant une jonction en guide d'onde, et un gyrateur placé au centre de symétrie de la jonction, ainsi que des plaques de refroidissement appliquées sur les faces principales du guide d'onde, ce circulateur étant caractérisé en ce que :

55 - les deux faces principales (12, 13) du guide d'onde sont percées de deux trous (22, 23), en regard l'un de l'autre, et centrés sur le centre de symétrie de la jonction,

60 - un gyrateur monobloc (8 + 10 + 6 + 21 + 7 + 11 + 9) traverse le guide d'onde, en passant à travers les trous (22, 23) pratiqués dans les faces principales (12, 13) du guide d'onde.

65 - les plaques de refroidissement (28, 29) immobilisent le gyrateur dans le guide d'onde.

2. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le guide d'onde est de hauteur (h) adaptée à l'impédance du gyrateur (8...9) et en ce que ses faces principales (12, 13) sont planes à l'intérieur du guide d'onde, ne comportant pas de pièces d'adaptation d'impédance.

5

3. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gyrateur est un cylindre monobloc et comporte au moins un aimant (8), une première pièce polaire (10), un premier ferrite (6), un diélectrique solide (21), un second ferrite (7) et une seconde pièce polaire (11).

10

4. Circulateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les pièces constituant le gyrateur ont toutes sensiblement le même diamètre, qui est déterminé par le calcul du résonateur formé par les ferrites (6, 7) et le diélectrique solide (21), en fonction de la fréquence à laquelle travaille le circulateur et de la puissance qui le traverse, et en ce que toutes lesdites pièces sont collées entre elles.

15

20

5. Circulateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que chacune des pièces polaires (10, 11) du gyrateur comporte un rebord en saillie (24, 25) du plus grand diamètre que le reste du gyrateur, chaque rebord (24, 25) étant muni d'une face (26, 27) externe par rapport au guide d'onde, coplanaire avec la surface externe d'une face principale (12, 13) du guide d'onde.

25

30

6. Circulateur selon la revendication 5, caractérisé en ce que les trous (22, 23) dans les faces principales (12, 13) du guide d'onde ont un diamètre égal au diamètre des rebords en saillie (24, 25) des pièces polaires (10, 11).

35

7. Circulateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque plaque de refroidissement (28, 29) est munie d'un trou (30, 31), dans l'axe du gyrateur et de même diamètre que les pièces polaires (10, 11), et en ce qu'un joint (34, 35) de colle ou de laque conductrice, interposé entre les pièces polaires et les faces principales (12, 13) du guide d'onde ainsi que les plaques de refroidissement (28, 29), assure l'étanchéité aux ondes hyperfréquences et la continuité thermique entre le gyrateur et les plaques de refroidissement (28, 29).

40

45

8. Circulateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque plaque de refroidissement (28, 29) est munie d'un trou (30, 31), dans l'axe du gyrateur et de même diamètre que les pièces polaires (10, 11), et en ce qu'au moins une plaque de refroidissement (29) est frettée sur une pièce polaire (11), un joint plat (33) d'étanchéité à l'énergie hyperfréquence étant placé entre la plaque de refroidissement (29) et la face supérieure (27) du rebord en saillie (25) de ladite pièce polaire (11).

50

55

9. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plaques de refroidissement (28, 29) sont de plus grandes dimensions que le guide d'onde, et sont serrées contre le guide d'onde, immobilisant le gyrateur monobloc, par des tiges filetées extérieures au guide d'onde.

60

65

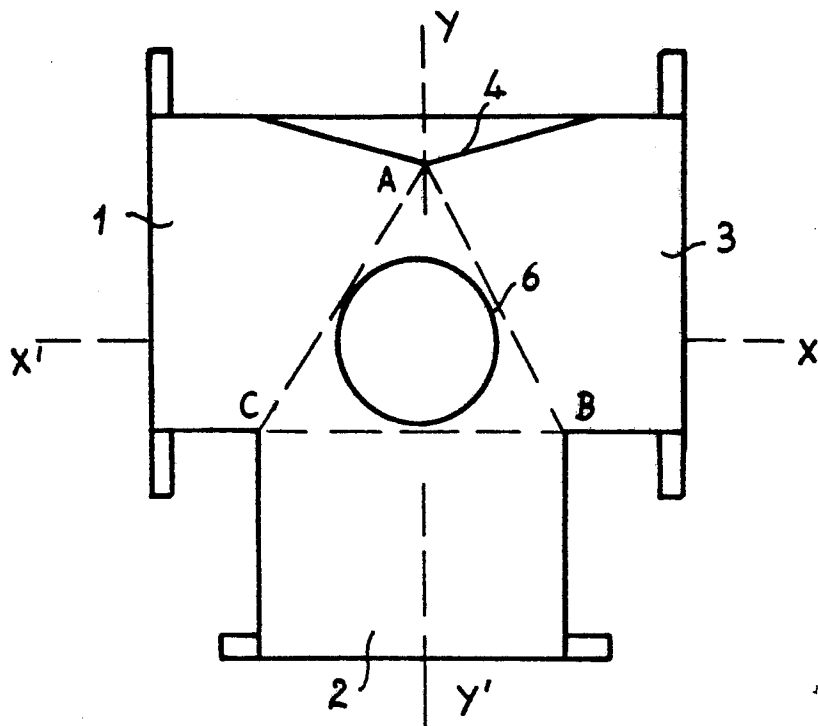
10. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans un modèle de puissance élevée, le gyrateur comporte au moins deux résonateurs en série : une première pièce polaire (10), un premier ferrite (6), un premier diélectrique (21), un second ferrite (34), un second diélectrique (35), un troisième ferrite (7) et une seconde pièce polaire (11).

11. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans un modèle de puissance élevée comportant une plaque métallique (20) dans le plan médian du guide d'onde, le gyrateur est composé de deux demi-gyrateurs monoblocs, chacun comportant une pièce polaire (10), un premier ferrite (6), un diélectrique solide (21) et un second ferrite (34), chaque demi-gyrateur monobloc étant immobilisé de part et d'autre de la plaque métallique (20) par une plaque de refroidissement (28, 29).

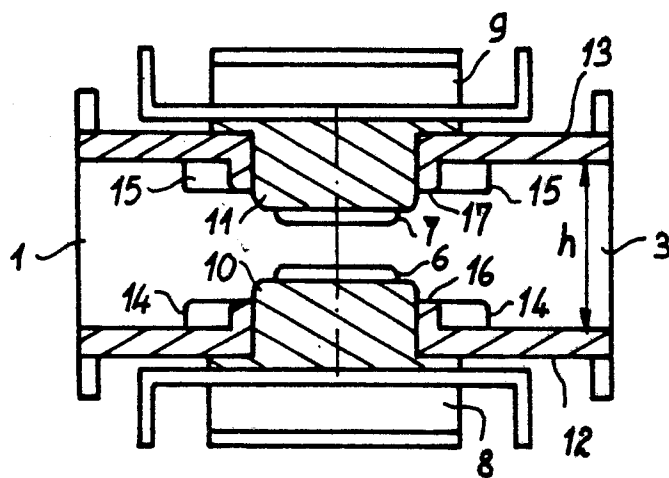
12. Circulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans un modèle de faible puissance, il ne comporte qu'un seul aimant (9), la pièce polaire (10) dépourvue d'aimant étant immobilisée soit par une plaque de refroidissement (28), soit par la face principale (12) non trouée du guide d'onde.

0278867

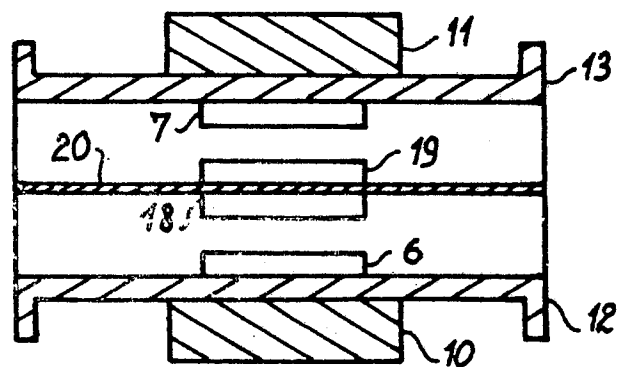
FIG\_1

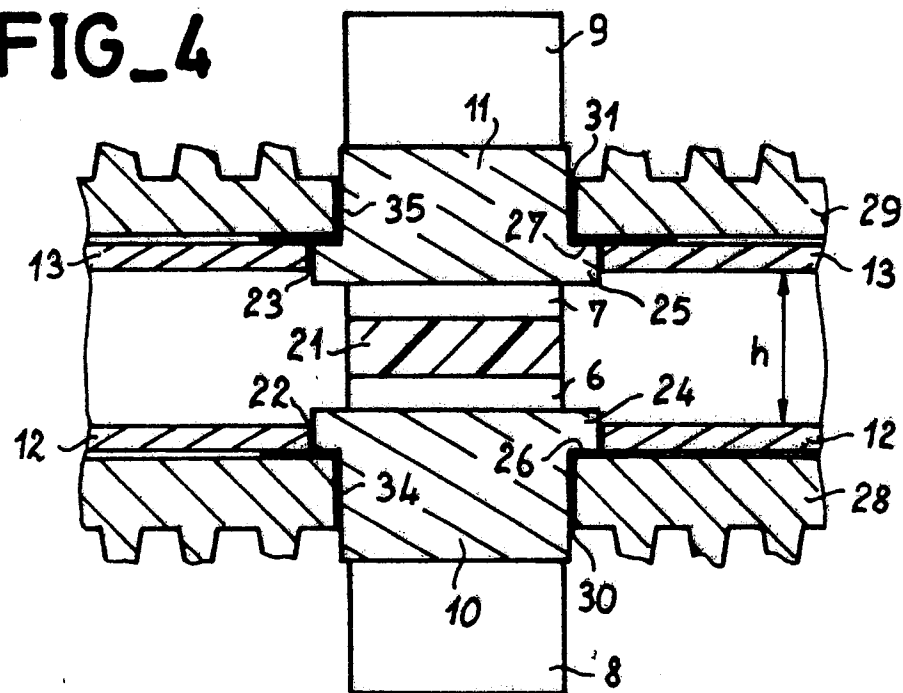
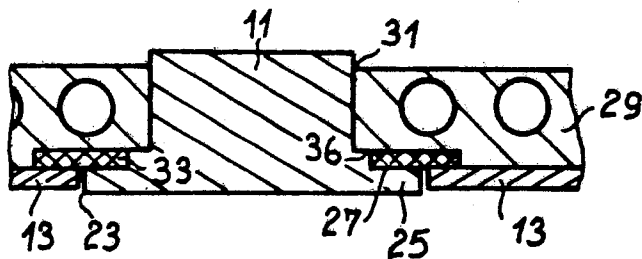
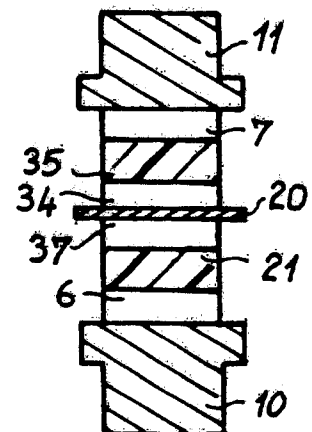
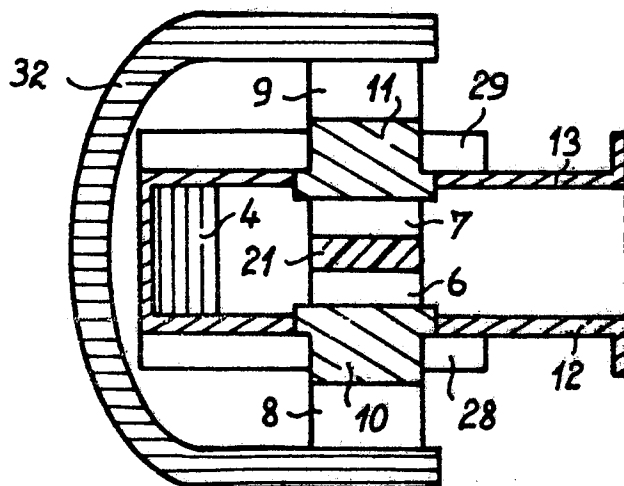


FIG\_2



FIG\_3



**FIG\_4****FIG\_5****FIG\_6****FIG\_7**



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 0293

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                                                                                                                                                                                                     | Revendication concernée                         | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)       |
| D,Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP-A-0 012 682 (L.T.T.)<br>* En entier *<br>---                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                               | H 01 P 1/39                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US-A-3 466 571 (J.N. JANSEN et al.)<br>* Figures 3,4 *                                                                                                                                                                                                                                                              | 1                                               |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ---                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3-5                                             |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | CONFERENCE PROCEEDINGS ON THE MILITARY MICROWAVES'84, Londres, 24-26 octobre 1984, pages 614-620, Microwave Exhibitions and Plubishers, Ltd, Tunbridge Wells, Kent, GB; P.N. WALKER et al.: "High power junction circulators at millimeter wavelengths"<br>* Page 616, alinéa 2, dernière phrase; figure 7 *<br>--- | 3,4,7, 12                                       |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US-A-4 145 672 (W.S. PIOTROWSKI)<br>* Colonne 3, lignes 18-21; figures *<br>---                                                                                                                                                                                                                                     | 3,4                                             |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US-A-3 617 950 (C.E. BARNES et al.)<br>* Figures 4,5 *                                                                                                                                                                                                                                                              | 2,4,10                                          | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | GB-A- 963 414 (MULLARD LTD)<br>* Figures *                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4,10                                            | H 01 P                                     |
| D,A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | FR-A-2 208 202 (THOMSON-CSF)<br>* Figures 3,5 *<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                            | 11                                              |                                            |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |                                            |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Date d'achèvement de la recherche<br>29-04-1988 | Examineur<br>LAUGEL R.M.L.                 |
| <div>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</div> <div><div>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</div><div>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>-----<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</div></div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |                                            |