

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 082 752
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 82402239.6

(51) Int. Cl.³: H 01 P 1/387

(22) Date de dépôt: 07.12.82

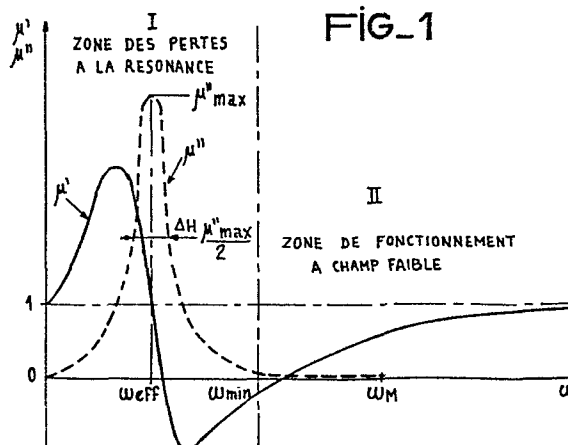
(30) Priorité: 18.12.81 FR 8123736

(43) Date de publication de la demande:
29.06.83 Bulletin 83/26(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT NL(71) Demandeur: THOMSON-CSF
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)(72) Inventeur: Forterre, Gérard
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)(72) Inventeur: Prevot, Julien
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

(54) Dispositif hyperfréquence non réciproque à large bande de fréquence et à haut niveau de puissance, et utilisation d'un tel dispositif.

(57) Ce dispositif comporte au moins un ferrite monocristallin orienté suivant un axe cristallographique déterminé de telle sorte que la variation du champ d'anisotropie en fonction de la température compense les variations de l'aimantation à saturation et du champ magnétique appliqué au ferrite en fonction de la température.

Application aux circulateurs de puissance à jonction Y du type triplaque.



DISPOSITIF HYPERFREQUENCE NON RECIPROQUE A LARGE BANDE
DE FREQUENCE ET A HAUT NIVEAU DE PUISSANCE,
ET UTILISATION D'UN TEL DISPOSITIF

La présente invention concerne un dispositif hyperfréquence non réciproque à ondes électromagnétiques, tel que par exemple un circulateur à jonction Y à trois portes, destiné à fonctionner simultanément sur une très large bande de fréquence et à un haut niveau de puissance, et ceci dans une grande gamme de température.

On appelle dispositif non réciproque un dispositif dont les caractéristiques de transmission changent suivant le sens de propagation des ondes à travers ledit dispositif.

D'une manière générale, pour des dispositifs hyperfréquences non réciproques comportant au moins une pièce en matériau ferromagnétique ou gyromagnétique, tels que par exemple les circulateurs à jonction, il est connu d'appliquer un champ magnétique continu de polarisation, dit champ statique, saturant le matériau, et inférieur au champ de résonance gyromagnétique de façon à obtenir de très faibles pertes magnétiques.

D'autre part, on connaît déjà diverses structures de circulateur à jonction utilisant un matériau ferrimagnétique polarisé en dessous de la résonance gyromagnétique et à l'état saturé. L'une d'entre elles, de type triplaque, est décrite dans le certificat d'addition français n° 2 344 141 accordé à la Demanderesse, concernant : "Circulateur à jonction pour transmission à haut niveau de puissance en hyperfréquence". Selon ce certificat d'addition, le circulateur à jonction comporte principalement un conducteur à trois branches inséré entre deux disques en matériau ferrimagnétique polycristallin, et deux plans de masse disposés respectivement de part et d'autre des deux disques.

Cependant, un tel circulateur à jonction fonctionne sur une très faible bande de fréquence, le rapport des fréquences extrêmes

étant de l'ordre de 1,08.

Cette faible bande passante est liée notamment à la détermination de la fréquence minimale de fonctionnement qui dépend de la valeur maximale de l'aimantation à saturation. Ainsi, pour un
5 matériau ferrimagnétique polycristallin, on sait que la largeur de raie de résonance est relativement grande en raison du phénomène connu de résonance gyromagnétique dite naturelle, de sorte que ladite fréquence minimale de fonctionnement doit être nettement supérieure à la fréquence de ladite résonance, ce qui a pour effet de
10 réduire la largeur de bande du circulateur. De plus, dans un matériau polycristallin, il existe des causes connues d'élargissement de la raie de résonance, conduisant à une "perte" de la bande de fonctionnement recherchée, observée dans le bas de la bande de fréquence lorsque le matériau est à l'état juste saturé. Ces causes sont
15 essentiellement dues :

- à l'existence de l'anisotropie magnétocristalline se traduisant par un champ d'anisotropie dont l'influence dépend de l'orientation de chaque cristallite par rapport au champ appliqué de polarisation ;
- à l'existence de champs démagnétisants locaux dus en
20 particulier à l'effet de porosité dans le matériau et à la forme et dimensions de chaque cristallite.

On connaît également un circulateur à jonction du type triplaque tel que décrit dans le certificat d'addition français cité précédemment, c'est-à-dire utilisant deux disques en matériau ferri-
25 magnétique polycristallin, qui opère sur une large bande de fréquence, le rapport des fréquences extrêmes étant de l'ordre de 2,25, dans une grande gamme de température, comprise entre -40°C et $+100^{\circ}\text{C}$, mais ceci uniquement à bas niveau de puissances crête et moyenne, la puissance de crête étant de l'ordre de 100 W.

30 L'obtention d'un bas niveau de puissance en hyperfréquence pour un tel circulateur à ferrites polycristallins s'explique de la manière suivante.

Comme cela est connu, la puissance de crête, proportionnelle au carré du champ hyperfréquence, ne doit pas atteindre un niveau

critique au-delà duquel la transmission est affectée d'effets non linéaires se traduisant par des pertes magnétiques supplémentaires, détruisant dès lors les performances du circulateur. Ces effets non linéaires sont dus au fait que les spins électroniques ne restent pas
5 parallèles entre eux dans leurs mouvements et que se produisent des ondes de spin du premier et/ou du deuxième ordre, l'excitation simultanée des ondes de spin du premier et du deuxième ordres se produisant dans une zone entourant la résonance gyromagnétique.

On définit ainsi un champ critique hyperfréquence minimal à
10 partir duquel apparaissent de tels effets, ce champ critique étant fonction du champ statique appliqué.

Etant donné que ce circulateur fonctionne sur une large bande de fréquence, et que l'amortissement sur les bords de la résonance pour un matériau ferrimagnétique polycristallin ne disparaît que
15 lentement en raison des causes d'élargissement de la raie de résonance citées ci-dessus, il se produit pour certains cristallites une excitation simultanée des ondes de spin du premier et du deuxième ordres. Dans ces conditions, le champ critique hyperfréquence minimal prend une valeur très faible, de sorte que le
20 circulateur ne peut que supporter un bas niveau de puissance de crête dans une partie importante de sa bande de fonctionnement.

La présente invention a pour but de proposer un dispositif hyperfréquence non réciproque, tel qu'un circulateur à jonction, fonctionnant à la fois sur une très large bande de fréquence, le
25 rapport des fréquences extrêmes étant supérieur à 2,75, à un haut niveau de puissance de crête, supérieur à 2 kW, et dans une grande gamme de température, comprise entre -40°C et $+100^{\circ}\text{C}$.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif hyperfréquence non réciproque à large bande de fréquence et à haut
30 niveau de puissance, comportant au moins une pièce en matériau ferrimagnétique et des moyens pour appliquer un champ magnétique de polarisation saturant le matériau, caractérisé en ce que le matériau est un monocristal, et en ce que le monocristal est orienté suivant un axe cristallographique déterminé de telle sorte que la

variation du champ d'anisotropie en fonction de la température compense les variations de l'aimantation à saturation et du champ magnétique appliqué en fonction de la température, permettant ainsi de maintenir de façon stable en fonction de la température la
 5 largeur de raie de résonance du monocristal et la fréquence minimale de ladite bande.

L'invention vise également une utilisation du dispositif hyperfréquence selon l'invention, cette utilisation étant caractérisée par le fait que le dispositif constitue un circulateur à jonction Y du type
 10 triplaque.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux dans la description détaillée qui suit et se réfère aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple et dans lesquels :

- 15 - la figure 1 représente des courbes explicatives de phénomènes physiques liés à un ferrite monocristallin ;
- la figure 2 représente des courbes des pertes magnétiques respectivement pour un ferrite monocristallin et un ferrite polycristallin ;
- 20 - la figure 3 est une vue en coupe d'un circulateur à jonction Y du type triplaque réalisé selon l'invention ; et
- la figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3.

On rappellera tout d'abord qu'un matériau ferrimagnétique ou
 25 gyromagnétique, constitué par un ferrite appartenant à la classe des ferrites pour hyperfréquences, auquel on applique un champ magnétique hyperfréquence $\underline{h}$ de pulsation $\omega = 2 \pi f$, est le siège d'un champ d'aimantation $\underline{M}$ lié au champ $\underline{h}$ par la relation matricielle :

$$[\underline{M}] = \mu_0 [\underline{\chi}] [\underline{h}]$$

30 où μ_0 est la perméabilité du vide

$[\underline{\chi}]$ est définie comme la susceptibilité magnétique tensorielle du ferrite, appelée tenseur de Polder.

De plus, on sait qu'en raison des pertes magnétiques présentées par le champ d'aimantation M , la susceptibilité magnétique $\underline{\chi}$ est une quantité complexe s'écrivant :

$$\chi = \chi' - j\chi''$$

En outre, il est connu de caractériser les ferrites pour hyperfréquences par ce qu'on appelle la perméabilité magnétique du ferrite $\underline{\mu}$ définie par la relation matricielle :

$$[B] = \mu_0 [\underline{\mu}] [h]$$

où μ_0 est la perméabilité du vide

B est l'induction magnétique

10 h est le champ magnétique hyperfréquence.

Comme on sait que l'induction magnétique B présente également des pertes magnétiques, la perméabilité magnétique $\underline{\mu}$ est aussi une quantité complexe s'écrivant :

$$\mu = \mu' - j\mu''$$

15 où μ'' représente les pertes magnétiques dans le ferrite.

On notera que la perméabilité magnétique $\underline{\mu}$ est liée à la susceptibilité magnétique $\underline{\chi}$ par la relation :

$$\mu = 1 + \chi$$

20 D'autre part, on sait que pour un ferrite, par exemple en forme de disque d'axe de symétrie Oz , auquel est appliqué un champ magnétique continu de polarisation H_a , dit champ statique, et susceptible de saturer le ferrite, il se crée un champ à l'intérieur du ferrite, H_0 uniforme et dirigé suivant Oz . Comme cela est connu, le champ intérieur H_0 est égal à :

25
$$H_0 = H_a - N_z M_s \mu_0^{-1}$$

où μ_0 est la perméabilité du vide

M_s est l'aimantation à saturation, en unités S.I.

N_z est le facteur démagnétisant suivant la direction Oz.

5 A ce champ intérieur H_0 est associée une pulsation ω_0 définie pour un ferrite à l'état juste saturé par la relation :

$$\omega_0 = -\gamma H_0 \neq 0$$

soit

$$(1) \quad \omega_0 = -\gamma (H_a - N_z M_s \mu_0^{-1}) \neq 0$$

où γ est le rapport gyromagnétique, γ étant négatif.

10 La figure 1 représente, en fonction de la pulsation ω , d'une part en traits pleins la variation de μ' (partie réelle de la perméabilité magnétique $\underline{\mu}$), et d'autre part en pointillés la variation des pertes μ'' (partie imaginaire de la perméabilité $\underline{\mu}$), pour un matériau ferrimagnétique monocristallin à l'état saturé, polarisé en
15 dessous de la résonance gyromagnétique, et destiné à la réalisation d'un dispositif hyperfréquence non réciproque, tel que par exemple un circulateur à jonction Y soit du type triplaque, soit du type à guides d'ondes, conforme à l'invention.

20 Comme il apparaît sur cette figure, la forme de la courbe μ'' caractérise le phénomène connu de résonance gyromagnétique dans la région I dite zone des pertes à la résonance, la pulsation de résonance ω_{eff} correspondant à μ''_{max} . On définit la largeur de raie de résonance ΔH comme la largeur à mi-hauteur de la courbe μ'' .

25 Pour obtenir un circulateur à jonction Y à faibles pertes magnétiques μ'' , il s'avère nécessaire de déterminer une fréquence minimale de fonctionnement F_{min} , et donc une pulsation minimale ω_{min} , située en dehors de la résonance gyromagnétique, soit :

$$(2) \quad \omega_{\text{eff}} \ll \omega_{\text{min}}$$

Comme cela est connu, on définit la pulsation de résonance ω_{eff} pour un ferrite monocristallin en forme de disque d'axe de symétrie Oz, par la relation :

$$\omega_{\text{eff}} = -\gamma [H_a + (N_t - N_z) M_s \mu_0^{-1}]$$

5 où les notations sont les mêmes que celles utilisées précédemment, avec $2N_t + N_z = 1$.

Dès lors, la relation (2) devient :

$$(3) \quad \omega_{\text{eff}} = -\gamma [H_a + (N_t - N_z) M_s \mu_0^{-1}] \ll \omega_{\text{min}}$$

10 A l'aimantation à saturation M_s exprimée en unités S.I., on associe une pulsation ω_M telle que :

$$\omega_M = -\gamma M_s \mu_0^{-1}$$

γ étant le rapport gyromagnétique (γ négatif).

On sait également que l'efficacité d'un ferrite est directement conditionnée par l'aimantation qui doit être choisie la plus grande possible. Néanmoins, d'après les relations (1) et (3), il existe une limitation de la valeur maximale de l'aimantation à saturation pour la fréquence minimale de fonctionnement F_{min} , telle que l'on ait :

$$2\pi F_{\text{min}} \leq -\gamma (M_s \mu_0^{-1})_{\text{max}}$$

20 On notera que la fréquence maximale de fonctionnement F_{max} dépend également de l'aimantation à saturation M_s ; en général, la pulsation maximale ω_{max} est sensiblement égale à $2 \omega_M$.

Pour un circulateur à jonction Y comportant deux ferrites, et destiné à fonctionner sur une large bande de fréquence, on applique à chaque ferrite un champ de polarisation dit champ faible, défini comme étant le champ inférieur à celui nécessaire pour créer la résonance gyromagnétique dans la bande utile de fonction-

nement ; ainsi la région II représentée sur la figure 1, et dans laquelle fonctionne le circulateur, est dite zone de fonctionnement à champ faible.

La figure 2 représente, en fonction de la pulsation ω , d'une part en traits pleins la variation des pertes μ'' pour un ferrite polycristallin, et d'autre part en pointillés la variation de ces mêmes pertes μ'' pour un ferrite monocristallin.

Comme il apparaît sur cette figure, et comme cela est connu, la largeur de raie de résonance ΔH d'un ferrite polycristallin est nettement plus grande que celle d'un ferrite monocristallin de même composition. Ceci est dû au fait que chaque cristallite d'un polycristal résonne à une fréquence différente, définissant ainsi chacun une largeur de raie de résonance propre, de sorte que la largeur de raie de résonance globale du polycristal est égale à la somme des largeurs de raie de résonance des cristallites.

Dans ces conditions, l'emploi de deux ferrites monocristallins identiques dans un circulateur à jonction Y selon l'invention permet de déterminer une fréquence minimale de fonctionnement $F_{\min}$ nettement inférieure à celle d'un circulateur à deux ferrites polycristallins identiques selon l'art antérieur, et partant permet d'élargir la bande utile de fonctionnement du circulateur, les fréquences maximales dans les deux cas étant sensiblement égales. En pratique, la fréquence minimale $F_{\min}$ d'un circulateur à ferrites monocristallins sera déterminée de telle sorte que l'on ait :

$$\omega_{\min} - \omega_{\text{eff}} \approx -3\gamma\Delta H$$

Pour transmettre des ondes électromagnétiques à un haut niveau de puissance hyperfréquence, on sait d'une part que la puissance moyenne est limitée par les pertes magnétiques du matériau saturé, ces pertes produisant un échauffement du matériau, et d'autre part que la puissance de crête admissible ne doit pas atteindre un niveau critique au-delà duquel la transmission est

affectée d'effets non linéaires.

Plus précisément, la puissance de crête est directement liée au champ critique hyperfréquence h_c à partir duquel les effets non linéaires (ondes de spin du premier et/ou du deuxième ordre) apparaissent. Ce champ critique hyperfréquence h_c prend une valeur minimale pour un champ statique dit subsidiaire, et tend vers une valeur très grande pour un champ statique limite au-delà duquel il n'y a plus d'ondes de spin du premier ordre. On sait que l'existence des ondes de spin est liée à l'amortissement du mouvement des spins, ces ondes se produisant d'autant plus facilement que ce mouvement est moins amorti. Pour caractériser cet amortissement, on introduit, comme cela est connu, une largeur de raie d'ondes de spin ΔH_k . Ainsi, par exemple pour un circulateur utilisant des disques plats de ferrite, on définit le champ critique minimum $(h_c)_{\min}$ en fonction de la largeur de raie d'ondes de spin ΔH_k par l'expression :

$$(h_c)_{\min} \approx 0,5 \Delta H_k \frac{\omega}{\omega_M}$$

où $\omega_M = -\gamma M_s \mu_0^{-1}$ avec γ négatif et M_s exprimé en unités S.I.

D'une manière générale, les ondes de spin du premier et du deuxième ordres sont excitées simultanément dans une zone entourant la résonance gyromagnétique, dépendant des dimensions du ferrite, et pour laquelle le champ critique minimum $(h_c)_{\min}$ est très faible, de telle sorte qu'un circulateur à jonction Y à large bande de fréquence ne peut y supporter qu'un bas niveau de puissance de crête. En conséquence, il s'avère indispensable de faire fonctionner un tel circulateur en dehors de cette zone de façon à éviter l'excitation simultanée des ondes de spin du premier et du deuxième ordres.

A titre d'exemple, dans le cas d'un disque de ferrite d'axe de symétrie Oz, la zone dans laquelle se produit la coïncidence entre les ondes de spin du premier et du deuxième ordres, s'étend de ω_{eff} à $\omega_{\text{eff}} + N_t \omega_M$, avec $2N_t + N_z = 1$, N_z étant le facteur déma-

gnétisant suivant la direction Oz.

Comme un ferrite monocristallin a une largeur de raie de résonance plus petite que celle d'un ferrite polycristallin de même composition, le passage d'un ferrite polycristallin à un ferrite monocristallin permet de déplacer vers le bas la limite supérieure de la zone dans laquelle se produit la coïncidence entre les ondes de spin du premier et du deuxième ordres, de sorte que le circulateur à ferrites monocristallins, conforme à l'invention, et fonctionnant en dehors de ladite zone, possède une bande utile plus large que celle d'un circulateur à ferrites polycristallins, et peut simultanément supporter une puissance de crête relativement élevée.

Pour obtenir une très forte puissance de crête, on dope chaque ferrite monocristallin par des ions relaxants, c'est-à-dire des ions augmentant la largeur de raie d'ondes de spin ΔH_k , permettant ainsi d'accroître la valeur minimale du champ critique hyperfréquence $(h_c)_{\min}$ pour un champ statique appliqué H_a égal à $N_z M_s \mu_0^{-1}$ selon la relation (1).

Pour un ferrite monocristallin tel que par exemple le ferrite de Nickel, pur ou substitué par exemple à l'Aluminium ou au Zinc, on choisira comme ions relaxants les ions de Cobalt. Pour d'autres ferrites monocristallins, on utilisera par exemple les ions de terres rares, tels que par exemple les ions de Dysprosium ou de Holmium, permettant d'accroître la largeur de raie d'ondes de spin ΔH_k .

D'autre part, on sait qu'un monocristal de ferrite est anisotrope, c'est-à-dire que ses propriétés dépendent de la direction envisagée. Cette anisotropie se traduit par le fait que l'aimantation spontanée a une tendance naturelle à s'orienter suivant certaines directions cristallines privilégiées. Ainsi, pour faire prendre à l'aimantation spontanée une direction différente de ces directions privilégiées, il faut fournir un certain travail, appelé énergie magnétocristalline.

Cet effet d'anisotropie peut être décrit en termes d'un champ magnétique équivalent, appelé champ d'anisotropie H_{anis} , colinéaire au champ statique appliqué H_a , et dont l'influence dépend de

- l'orientation de chaque cristallite par rapport audit champ statique appliqué. Pour une explication détaillée de ce champ d'anisotropie, on se reportera par exemple à l'ouvrage "Handbook of microwave ferrite materials" édité en 1965 par Wilhelm H. von Aulock, pages 32 à 38. L'étude de ce champ d'anisotropie montre qu'en première approximation il ne dépend que d'une constante d'anisotropie K_1 et d'un angle θ tel que $\theta = (H_a, [100])$ où $[100]$ est l'une des directions cristallographiques principales du réseau cristallin cubique d'un ferrite. Le champ d'anisotropie H_{anis} s'écrit :

$$H_{anis} = \frac{2K_1}{M_s} \mu_0 f(\cos\theta, \sin\theta)$$

- où M_s est l'aimantation à saturation exprimée en unités S.I. et avec K_1 variant avec la température, de sorte que le champ d'anisotropie H_{anis} varie en fonction de la température.

- A titre d'exemple, le champ d'anisotropie pour un ferrite de Nickel est négatif, tandis qu'il est positif pour un ferrite de Cobalt. Dans ces conditions, pour un ferrite de Nickel dopé par des ions de Cobalt, à partir d'un certain taux de dopage et à une température dépendant de ce dopage, le champ d'anisotropie à l'origine négatif devient positif.

- En raison de ce champ d'anisotropie H_{anis} , le champ magnétique H_o à l'intérieur d'un ferrite en forme de disque d'axe Oz est égal à :

$$H_o = H_a + H_{anis} - N_z M_s \mu_0^{-1}$$

- où H_a est le champ statique appliqué
 N_z est le facteur démagnétisant suivant la direction Oz
 M_s est l'aimantation à saturation en unités S.I.
 μ_0 est la perméabilité du vide.

Comme le champ statique appliqué H_a et l'aimantation à saturation M_s varient en fonction de la température, il en résulte

que la largeur de raie de résonance ΔH d'un ferrite monocristallin et la fréquence minimale de fonctionnement $F_{\min}$ ne sont pas stables en fonction de la température. Cette instabilité de la largeur de raie de résonance et de la fréquence minimale de fonctionnement
 5 est gênante pour un circulateur à jonction Y à très large bande de fréquences et à haut niveau de puissance, car il risque de se produire une excitation simultanée des ondes de spin du premier et du deuxième ordres qui est à éviter pour un tel circulateur. Dans ces conditions, il s'avère indispensable de maintenir sensiblement cons-
 10 tantes les positions de ladite largeur de raie de résonance et de ladite fréquence minimale de fonctionnement.

A cet effet, selon l'invention, on compense les variations du champ appliqué H_a et de l'aimantation à saturation M_s en fonction de la température par les variations du champ d'anisotropie H_{anis} en
 15 fonction de la température, le champ d'anisotropie jouant ainsi le rôle d'élément de réglage de la stabilité de la largeur de raie de résonance, et partant de la fréquence minimale de fonctionnement, en fonction de la température. Dès lors, le champ critique hyper-
 fréquence minimum $(h_c)_{\min}$ à la fréquence minimale de fonction-
 20 nement $F_{\min}$ est maintenu constant, assurant le maintien du haut niveau de la puissance de crête admissible.

Cette compensation des différentes variations en fonction de la température par le champ d'anisotropie H_{anis} est obtenue par une orientation particulière du ferrite monocristallin par rapport au
 25 champ statique appliqué H_a . Cette orientation du monocristal est effectuée suivant un axe cristallographique déterminé de telle sorte qu'il corresponde à la valeur la plus stable en fonction de la température du champ magnétique H_0 à l'intérieur du ferrite, défini par :

$$H_0 = H_a + H_{\text{anis}} - N_z M_s \mu_0^{-1}$$

30 L'axe cristallographique d'orientation du monocristal à retenir est obtenu expérimentalement ou par calculs, et est différent selon

le type de ferrite monocristallin utilisé. Ainsi, par exemple pour le ferrite de Nickel pur, dopé avec moins de 1 % d'ions Cobalt à la température ambiante, l'orientation préférentielle du monocristal est l'axe [100] dans le réseau cubique.

5 Le monocristal est ensuite taillé par exemple sous forme d'un ou de plusieurs disques dont l'axe de symétrie est orienté par rapport aux axes cristallographiques du milieu. L'état de surface des disques peut être obtenu soit par un rodage fin, soit par un polissage optique.

10 Les figures 3 et 4 représentent des vues en coupe d'un circulateur à jonction Y du type triplaque.

Ce circulateur comporte deux plans de masse 10 et 11 disposés respectivement de part et d'autre de deux disques (13, 14) en ferrite monocristallin, tel que par exemple en ferrite de Nickel, dopé par
15 des ions de Cobalt, et orienté par exemple suivant l'axe cristallographique [100]. On notera que les deux disques ont la même orientation cristallographique, de sorte que leurs largeurs de raie de résonance respectives se superposent, permettant ainsi d'obtenir la fréquence minimale de fonctionnement la plus basse possible.

20 Dans un souci de clarté, on n'a pas hachuré les coupes des plans de masse 10 et 11 représentés sur la figure 3.

Entre les deux disques de ferrite 13 et 14 est inséré un conducteur central 15 à trois branches formant entre elles un angle de 120°.

25 Comme il apparaît sur la figure 4, chaque branche du conducteur 15 se termine par une languette 17 destinée à être fixée, par exemple par soudage, à un connecteur 19 dont un seul a été représenté sur cette figure.

30 Le champ magnétique de polarisation appliqué aux deux disques de ferrite 13 et 14 est établi par un aimant permanent constitué par des disques 21 logés dans des évidements 22 et 23 pratiqués respectivement dans les plans de masse 10 et 11.

On a représenté en 25 des couronnes en matériau diélectrique intercalées chacune entre un plan de masse et le conducteur central,
35 ces couronnes entourant les disques de ferrite.

REVENDICATIONS

1. Dispositif hyperfréquence non réciproque à large bande de fréquence et à haut niveau de puissance, comportant au moins une pièce en matériau ferrimagnétique et des moyens pour appliquer un champ magnétique de polarisation saturant le matériau, caractérisé
5 en ce que le matériau est un monocristal, et en ce que le monocristal est orienté suivant un axe cristallographique déterminé de telle sorte que la variation du champ d'anisotropie en fonction de la température compense les variations de l'aimantation à saturation et du champ magnétique appliqué en fonction de la température,
10 permettant ainsi de maintenir de façon stable en fonction de la température la largeur de raie de résonance du monocristal et la fréquence minimale de ladite bande.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monocristal est dopé par des ions augmentant sa largeur de raie
15 d'ondes de spin, permettant ainsi d'accroître la puissance de crête du dispositif.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le monocristal est constitué par un ferrite.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le
20 ferrite est un ferrite de Nickel dopé par des ions de Cobalt.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'axe cristallographique d'orientation du ferrite est l'axe [100].

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le monocristal est réalisé sous forme d'un disque
25 dont l'axe de symétrie est orienté par rapport aux axes cristallographiques.

7. Utilisation d'un dispositif hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif constitue un circulateur à jonction comprenant deux pièces en matériau ferrimagnétique.

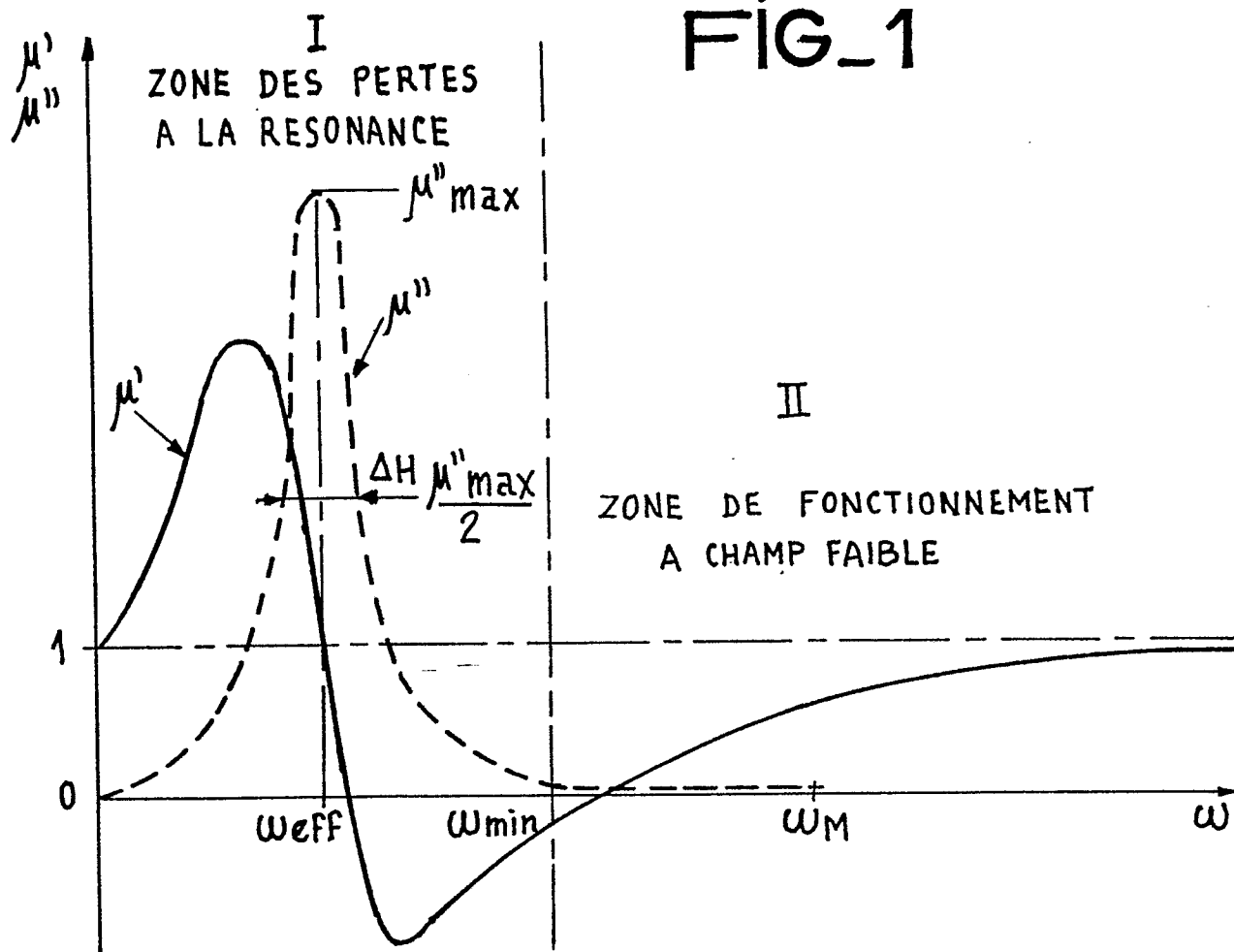
5 8. Utilisation selon la revendication 7, caractérisée en ce que le circulateur est du type triplaque à jonction Y à trois portes.

10 9. Utilisation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le circulateur comporte un conducteur central (15) à trois branches formant entre elles un angle sensiblement égal à 120° , le conducteur étant inséré entre deux disques (13, 14) en matériau ferrimagnétique, deux plans de masse (10, 11) disposés de part et d'autre des deux disques, respectivement, le champ magnétique de polarisation étant établi par des aimants permanents (21) logés dans des évidements pratiqués dans les plans de masse.

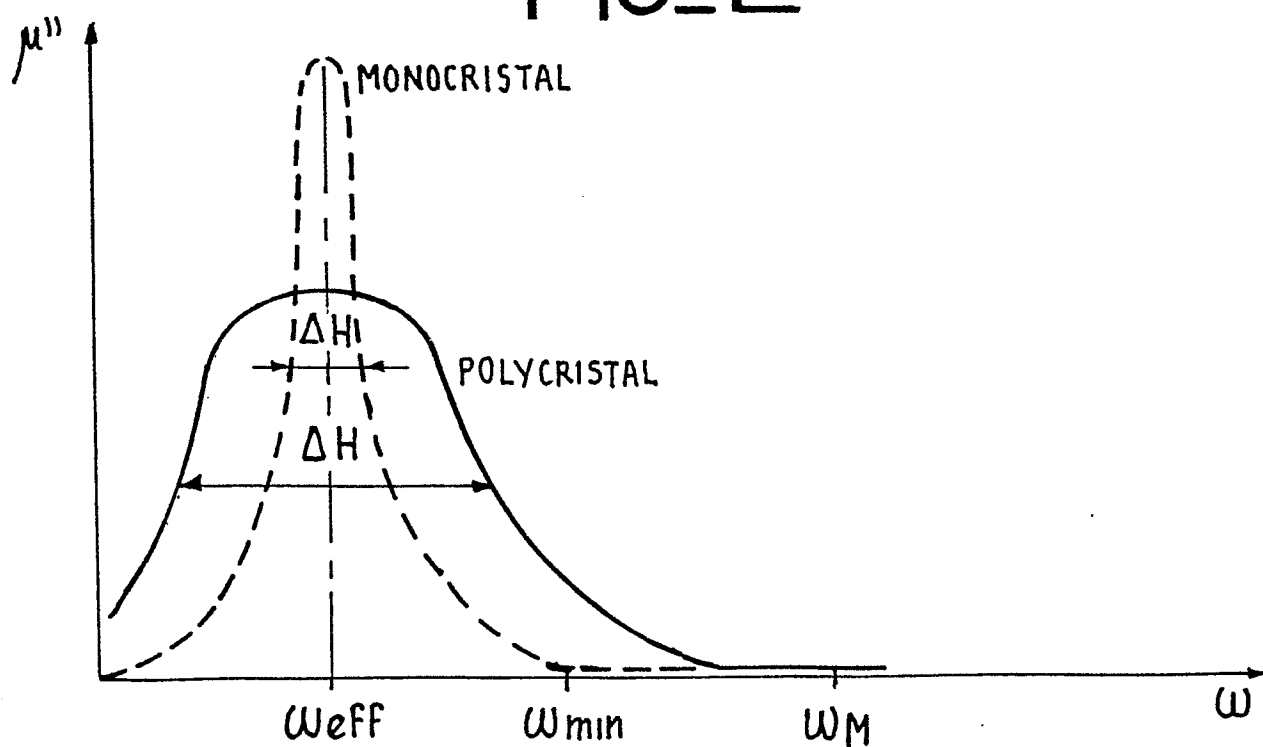
15 10. Utilisation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les deux disques (13, 14) en matériau ferrimagnétique ont la même orientation cristallographique.

1/2

FIG_1

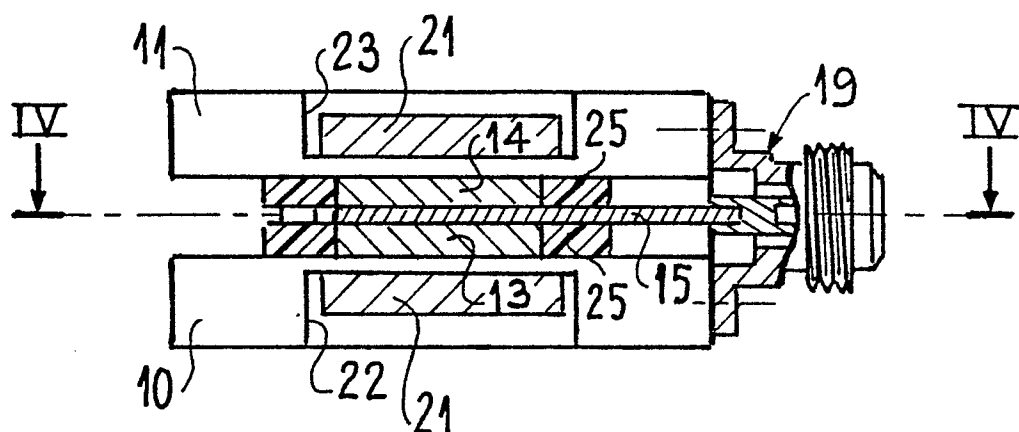


FIG_2

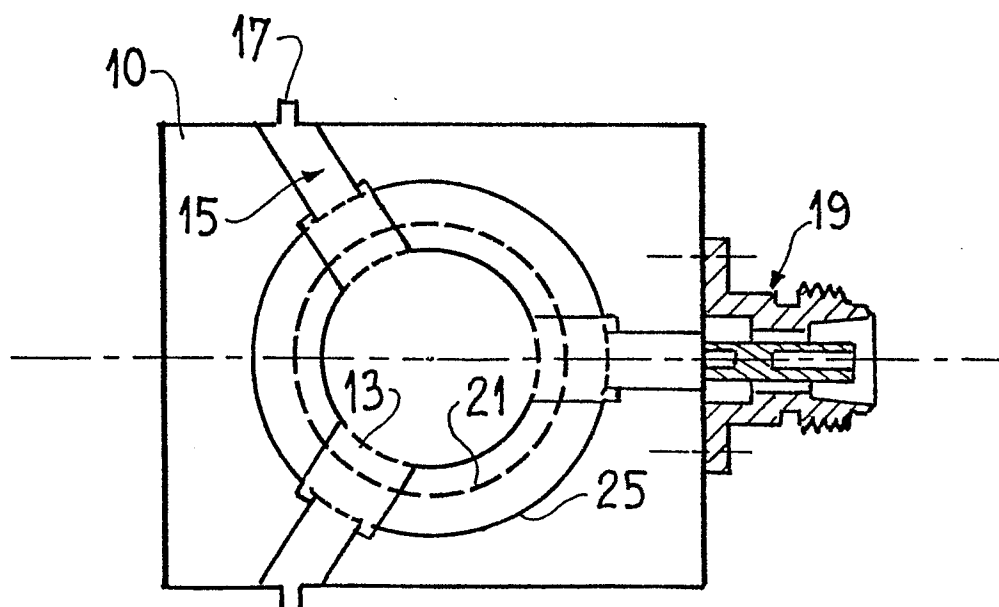


2/2

FIG_3



FIG_4



0082752



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 82 40 2239

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. 3)
Y	1976 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM, 14-16 juin 1976, pages 260-262, New York (USA); Y.TOKUMITSU et al.: "A new temperature stabilized waveguide circulator". *En entier*	1-6	H 01 P 1/387
Y	--- SOVIET PHYSICS JOURNAL, février 1971, pages 273-275, New York (USA); N.Z.MIRYASOV et al.: "Ferromagnetic resonance study of the anisotropy of an Ni-Cu-Co ferrite single crystal". *En entier*	1-6	
D,A	--- FR-A-2 344 141 (THOMSON-CSF) *En entier*	7-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
A	--- L.THOUREL: "Dispositifs à ferrites pour micro-ondes", 1969, Masson et Cie, Editeurs, Paris (FR); *Paragraphe 1.2.4, pages 8-10; page 14, milieu de la page; page 157, figures 6.4, 6.5*	1-10	H 01 P
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-03-1983	Examineur LAUGEL R.M.L.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			