



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.11.2006 Bulletin 2006/48

(51) Int Cl.:
H01P 1/215 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06354015.7**

(22) Date de dépôt: **04.05.2006**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **27.05.2005 FR 0505346**

(71) Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE**
75752 Paris (FR)
Etats contractants désignés:
DE GB IT

(72) Inventeurs:
• **Michel, Jean-Philippe**
38700 Corenc (FR)
• **Lamy, Yann**
38000 Grenoble (FR)
• **Royet, Anne-Sophie**
38950 Saint Martin le Vinoux (FR)
• **Viala, Bernard**
38360 Sassenage (FR)

(74) Mandataire: **Jouvray, Marie-Andrée et al**
Cabinet Hecké
World Trade Center - Europole
5, place Robert Schuman
B.P. 1537
F-38025 Grenoble Cedex 1 (FR)

(54) **Composant microélectronique intégré pour filtrage du bruit électromagnétique et circuit de transmission radiofréquence le comportant**

(57) Le composant microélectronique intégré comporte un conducteur électrique (3), constituant un élément de ligne de transmission pour une onde électromagnétique radiofréquence. Ce conducteur électrique est entouré au moins partiellement par un circuit magnétique (6), de préférence fermé, formé au moins par la superposition d'une couche en matériau ferromagnétique ayant une valeur d'aimantation à saturation (M_s) supé-

rieure ou égale à 800kA/m et d'une couche en matériau magnétique. La couche en matériau magnétique génère alors dans la couche ferromagnétique adjacente une anisotropie magnétique uniaxiale. Il est ainsi possible de combiner une aimantation élevée et une forte anisotropie, permettant ainsi un fonctionnement dans des plages de fréquence élevées, par exemple de l'ordre de 5 à 20GHz.

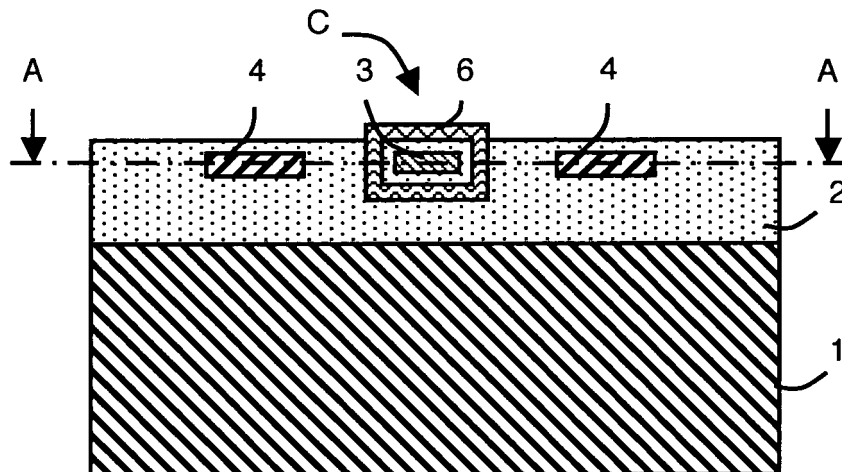


Fig.2

Description

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un composant microélectronique intégré comportant un conducteur électrique, constituant un élément de ligne de transmission pour une onde électromagnétique radiofréquence, et des moyens de filtrage, notamment par résonance magnétique, du bruit électromagnétique, lesdits moyens de filtrage du bruit électromagnétique comportant une couche en matériau ferromagnétique.

Elle concerne également un circuit de transmission radiofréquence comportant un tel composant.

État de la technique

[0002] L'article "Dimensional effects of the Magnetic Film on Coplanar Transmission Line for RF Noise Suppression", de Ki Hyeon Kim et al, IEEE Transactions on Magnetism, vol.40, juillet 2004, p.2847-2849 étudie l'influence du dimensionnement d'un film en matériau magnétique amorphe (CoNbZr) associé à une ligne de transmission coplanaire pour constituer un filtre RF intégré utilisant le principe de la résonance ferromagnétique. Un tel film magnétique, sous forme d'un barreau magnétique, atténue les harmoniques du signal de base dans la bande d'arrêt ("stopband") de la ligne de transmission. Cependant l'atténuation ne dépasse pas -3dB vers 6GHz avec un barreau de 50µm de largeur, 15mm de long et de 2µm d'épaisseur. L'augmentation du volume global du film magnétique permet d'améliorer l'atténuation, tandis que l'augmentation de son épaisseur augmente la fréquence de résonance. Au-delà de 200 µm, la largeur du barreau n'a cependant plus d'influence sur l'atténuation et il n'est alors plus possible de contrôler le mode "stopband", l'ajustement en fréquence ne dépendant plus simplement des dimensions propres du barreau.

[0003] Il a été proposé, dans l'article "RF Integrated Noise Suppressor Using Soft Magnetic Films" de Ki Hyeon Kim et al, IEEE Transactions on Magnetism, Vol. 40, n°4, de juillet 2004, p.2838-2840, d'augmenter la dynamique aux hautes fréquences par un effet capacitif combiné, en surdimensionnant le plan magnétique par rapport à la largeur de ligne. Les parties en recouvrement avec les plans de masse contribuent alors très fortement aux effets capacitifs. Il est cependant difficile d'optimiser ces dispositifs dans la mesure où une fréquence de résonance gyromagnétique élevée nécessite de petites dimensions latérales tandis que l'effet capacitif à haute fréquence nécessite de grandes dimensions.

[0004] En pratique, les dispositifs connus utilisant la résonance ferromagnétique ne permettent pas d'atteindre des plages de fréquence supérieures à 2GHz par le seul effet gyromagnétique. Par ailleurs ils impliquent le recours à des longueurs de lignes relativement importantes, typiquement comprises entre 5 et 15mm, pour satisfaire à une capacité d'absorption suffisante.

[0005] L'article "Iron and Permalloy based magnetic monolithic tunable microwave devices", de Bijoy Kuanr et al, Journal of Applied Physics, vol.93, n°10, du 15 mai 2003, p.8591-8593, décrit la réalisation de filtres fonctionnant à plus haute fréquences sous la forme de composants passifs monolithiques micro-ondes intégrés (MMIC ou "monolithic microwave integrated circuit"). Ces composants utilisent le dépôt par pulvérisation par magnétron de matériaux ferromagnétiques métalliques (fer ou permalloy) permettant d'atteindre une atténuation de l'ordre de 35dB/cm pour une fréquence de résonance de l'ordre de 15 GHz sous l'action d'un champ extérieur de 72kA/m. Ces composants nécessitant donc une source auxiliaire de champ magnétique, non intégrable, cette solution ne peut cependant pas s'appliquer aux systèmes totalement intégrés.

Objet de l'invention

[0006] L'invention a pour but un composant microélectronique intégré ne présentant pas ces inconvénients et, plus particulièrement, permettant un fonctionnement dans des plages de fréquence élevées sans nécessiter de source de champ magnétique auxiliaire.

[0007] Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées et, plus particulièrement par le fait que, le matériau ferromagnétique ayant une valeur d'aimantation à saturation supérieure ou égale à 800kA/m, les moyens de filtrage du bruit électromagnétique sont constitués par un circuit magnétique entourant le conducteur et formé au moins par la superposition de ladite couche en matériau ferromagnétique et d'une couche en matériau magnétique, de manière à ce que la couche en matériau magnétique génère dans la couche en matériau ferromagnétique adjacente une anisotropie magnétique uniaxiale.

[0008] L'invention a également pour objet un circuit de transmission comportant au moins un composant microélectronique de ce type.

Description sommaire des dessins

[0009] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 représente, en coupe, un mode de réalisation particulier d'un composant selon l'invention. Les figures 2 et 3 illustrent, respectivement en coupe selon B-B et selon A-A, un mode de réalisation particulier d'un circuit de transmission comportant un composant selon la figure 1.

Les figures 4 et 5 représentent, en coupe, deux variantes de réalisation de la paroi du circuit magnétique d'un composant selon l'invention.

Les figures 6 et 7 illustrent la variation de la fréquence

ce de résonance ferromagnétique f_{FMR} en fonction des épaisseurs respectives des couches ferromagnétiques et magnétiques constituant la paroi du circuit magnétique d'un composant selon l'invention

Les figures 8 à 10 illustrent le choix du point de fonctionnement sur un diagramme représentant les variations de l'atténuation S_{21} en fonction de la fréquence f pour diverses applications.

Les figures 11 et 12 illustrent le choix du point de fonctionnement sur un diagramme représentant, en traits pleins, les variations des pertes magnétiques μ'' et, en pointillés, les variations de la perméabilité μ' en fonction de la fréquence f pour diverses applications.

Les figures 13 à 15 illustrent trois variantes de réalisation d'un composant selon l'invention.

Les figures 16 à 19 représentent divers circuits de transmission utilisant au moins un composant selon l'invention.

Description de modes particuliers de réalisation

[0010] Dans les modes particuliers de réalisation représentés aux figures 1 à 3, le composant microélectronique intégré C, de type MMIC, comporte un substrat 1 sur lequel est déposée une couche 2 en matériau isolant. Un conducteur 3, constituant un élément d'une ligne de transmission de signal, est intégré dans la couche 2. Sur les figures 2 et 3, le composant C est intégré dans un circuit de transmission comportant deux plans de masse 4 coplanaires, parallèles au conducteur 3 et disposés de part et d'autre de celui-ci. Sur la figure 3, le conducteur 3, comme les plans de masse 4 comportent des plots de contact 5 à leurs extrémités.

[0011] Entre les deux plots de contact 5 disposés à ses extrémités, le conducteur 3 est entouré par un circuit magnétique 6 destiné à filtrer le bruit électromagnétique, classiquement constitué par une ou plusieurs fréquences parasites et associé à l'onde traversant la ligne de transmission. Dans le mode de réalisation préféré, représenté sur la figure 2, le circuit magnétique 6 est un circuit magnétique fermé, c'est-à-dire sans entrefer, entourant totalement le conducteur 3. Dans une variante de réalisation (figs 13 et 14), le circuit magnétique 6 peut comporter un ou plusieurs entrefers. Il entoure cependant pratiquement totalement le conducteur 3.

[0012] Dans tous les cas, les parois du circuit magnétique 6 sont constituées par la superposition d'au moins deux couches, à savoir une couche 7 en matériau ferromagnétique f et une couche 8 en matériau magnétique m . L'ordre des couches 7 et 8 par rapport au conducteur électrique 3 est sans importance.

[0013] Comme représenté dans les variantes de réalisation des figures 4 et 5, le circuit magnétique 6 peut être constitué par l'alternance d'une pluralité de couches 7 en matériau ferromagnétique f et de couches 8 en matériau magnétique m . Plus généralement, les parois du circuit magnétique 6 peuvent ainsi, à partir de l'extérieur,

être constituées par la superposition de couches $(f/m)n$ comme représenté à la figure 4, $(m/f)n$ ou $(m/f/m)n$ comme représenté à la figure 5, n étant un entier supérieur ou égal à 1.

[0014] L'association d'une couche 8 en matériau magnétique m et d'une couche 7 en matériau ferromagnétique f génère dans la couche en matériau ferromagnétique f adjacente une anisotropie magnétique uniaxiale ou augmente son anisotropie naturelle, par exemple par effet de couplage d'échange à l'interface dans le cas où m est une couche antiferromagnétique.

[0015] Ce phénomène a été mentionné dans l'article "AF-Biased CoFe Multilayer Films with FMR Frequency at 5 GHz and Beyond" de B. Viala et al., IEEE Transactions on Magnetics, vol.40, n°4, de juillet 2004, p. 1996-1998, qui étudie les propriétés d'une couche fine en matériau ferromagnétique (CoFe), qui n'est pas naturellement doux, entre deux couches fines en matériau antiferromagnétique, dans le cadre d'études liées à l'augmentation de la fréquence de résonance magnétique d'inductances utilisées dans des circuits RF.

[0016] Le circuit magnétique 6, de préférence fermé, entourant le conducteur électrique 3 servant de ligne de transmission RF ou d'élément de ligne de transmission RF constitue ainsi un microrésonateur magnétique reposant sur l'effet de résonance gyromagnétique (dans le mode de fonctionnement illustré à la figure 11) ou sur l'effet de réduction de la longueur d'onde (dans le mode de fonctionnement illustré à la figure 12). Le champ électromagnétique généré par la ligne de transmission est confiné au maximum à l'intérieur du microrésonateur.

[0017] Les matériaux et les alliages conventionnels homogènes ferromagnétiques doux anisotropes classiquement utilisés en microélectronique, notamment pour former des inductances ferromagnétiques, ne permettent que des applications à relativement basse fréquence (jusqu'à 1 GHz). En effet, ces matériaux n'offrent que des fréquences de résonance intrinsèques de l'ordre de 1 GHz au maximum. Par contre, l'association d'une couche en matériau ferromagnétique f et d'une couche en matériau antiferromagnétique m permet d'associer une forte anisotropie uniaxiale H_k , par exemple supérieure ou égale à 40kA/m (soit $H_k \geq 500$ Oe en unités C.G.S. car $1 \text{ Oe} = (1000/4\pi) \text{ A/m}$), et une très forte aimantation à saturation $M_s \geq 800 \text{ kA/m}$ (soit $4\pi M_s \geq 10 \text{ kOe}$) et, de préférence, de l'ordre de la valeur maximale de 1920kA/m (soit $4\pi M_s = 24 \text{ kOe}$), ce qui permet d'obtenir des fréquences de résonance intrinsèques supérieures ou égales à 10GHz.

[0018] Les deux couches 7 et 8 ont des fonctions bien séparées. Ainsi, la couche 7, en matériau ferromagnétique f , a tout d'abord pour fonction d'assurer une aimantation à saturation aussi élevée que possible. Le matériau ferromagnétique n'a pas besoin d'être doux et est, de préférence, constitué par des alliages CoFe, de cobalt et de fer, qui présentent les plus fortes aimantations connues actuellement. Or, ces matériaux étaient jusqu'ici écartés pour les applications RF car ils ne sont pas na-

turellement doux. En effet, ils possèdent un champ coercitif H_c trop élevé, de l'ordre de 3kA/m (soit 40 Oe), alors que les matériaux doux conventionnels, comme le permalloy par exemple, sont caractérisés par des valeurs typiquement inférieures ou égales à environ 80A/m (1 Oe). Les alliages de fer et de cobalt, qui ne possèdent pas non plus d'anisotropie magnétique uniaxiale, naturelle ou induite par des procédés classiques de dépôt sous champ magnétique, ne présentent donc initialement pas les propriétés dynamiques recherchées pour la génération d'un effet de résonance ferromagnétique.

[0019] Le matériau ferromagnétique constituant la couche 7 est, de préférence, choisi parmi le fer, le cobalt, les alliages à base de fer et/ou de cobalt. Il est avantageusement constitué par un alliages à base de fer et de cobalt, tel que $Fe_{65}Co_{35}$, $Co_{50}Fe_{50}$ et $Co_{90}Fe_{10}$. Actuellement, l'alliage $Fe_{65}Co_{35}$ offre l'aimantation à saturation M_s la plus élevée, de l'ordre de 1920kA/m (soit $4\pi M_s = 24kOe$)

[0020] Dans un mode particulier de réalisation, la couche 7 en matériau ferromagnétique est rendue électriquement isolante par mélange des alliages précités avec une faible quantité, avantageusement moins de 1% en poids, d'un matériau diélectrique, par exemple d'alumine (Al_2O_3). Le matériau est alors de préférence sous forme granulaire.

[0021] La couche 8, en matériau magnétique m, a pour fonction d'assurer l'anisotropie de la couche ferromagnétique 7. Dans un mode de réalisation préférentiel, le matériau magnétique est un matériau antiferromagnétique. Les matériaux antiferromagnétiques utilisés sont, de préférence, des alliages à base de manganèse (Mn) et d'un élément choisi parmi le nickel (Ni), le fer (Fe), le platine (Pt) et l'iridium (Ir). Ils peuvent avantageusement être réalisés à partir d'oxydes de nickel et/ou de fer et/ou de cobalt.

[0022] La couche 8, en matériau magnétique m, peut également être en matériau magnétique dur, de type aimant permanent. À titre d'exemple, le matériau de cette couche peut alors être choisi parmi les alliages fer/samarium (Fe/Sm), cobalt/samarium (Co/Sm), cobalt/platine (Co/Pt), cobalt/chrome (Co/Cr) et fer/néodyme/bore ($FeNdB$).

[0023] Les couches magnétiques et ferromagnétiques sont avantageusement formées par pulvérisation ("sputtering"), par exemple par pulvérisation cathodique, évaporation ou pulvérisation ionique.

[0024] Les figures 6 et 7 illustrent la variation de la fréquence de résonance ferromagnétique f_{FMR} en fonction des épaisseurs respectives des couches 7 en matériau ferromagnétique et 8 en matériau magnétique pour un circuit magnétique fermé 6 comportant une couche 7 en $CoFe$ (respectivement en $Fe_{65}Co_{35}$, $Co_{50}Fe_{50}$ et $Co_{90}Fe_{10}$) entre deux couches 8 en $NiMn$. Sur la figure 6, l'épaisseur e_{AF} des couches 8 en matériau antiferromagnétique est maintenue constante, à 500Å. La fréquence de résonance ferromagnétique varie alors de 3GHz à 10GHz, lorsque l'épaisseur e_F de la couche min-

ce 7 en matériau ferromagnétique passe de 2000Å à 100Å. Sur la figure 7, l'épaisseur e_F de la couche 7 en matériau ferromagnétique est maintenue constante, à 500Å. La fréquence de résonance ferromagnétique, initialement comprise entre 1,8 et 3,5GHz (en fonction de l'alliage $CoFe$ particulier choisi), augmente jusqu'à environ 5GHz, lorsque l'épaisseur e_{AF} de la couche 8 en matériau antiferromagnétique passe de 100Å à 600Å.

[0025] En tenant compte de ces variations, les épaisseurs respectives des couches en matériau magnétique et en matériau ferromagnétique peuvent être choisies en fonction des applications visées, de manière à adapter les fréquences en jouant sur les épaisseurs des couches 7 et 8. Les différentes couches 7 et 8 peuvent avoir toutes la même épaisseur ou des épaisseurs différentes.

[0026] Les figures 8 à 10 illustrent le choix du point de fonctionnement (représenté par un point noir) sur un diagramme représentant les variations de l'atténuation S_{21} en fonction de la fréquence f pour diverses applications. À titre d'exemple, sur la figure 8, les épaisseurs respectives des couches 7 et 8 sont choisies de manière à ce qu'un pic de résonance unique soit centré sur une fréquence à filtrer, pour réaliser une fonction de filtrage coupe-bande unique. Sur la figure 9, les épaisseurs respectives des couches 7 et 8 sont choisies de manière à ce que des pics de résonance séparés, sans chevauchement, soient respectivement centrés sur différentes fréquences à filtrer, pour réaliser une fonction de filtrage coupe-bande multiple ou une fonction passe-bande. Le choix de deux ou trois épaisseurs adéquates permet notamment de définir deux ou trois pics de résonance séparés pour des fonctions de filtrage coupe-bande double ou triple.

[0027] Ces différents types de fonctions de filtrage peuvent notamment être utilisées dans :

- les mélangeurs de fréquences dont on cherche à nettoyer la bande spectrale d'au moins une fréquence parasite associée à la fréquence propre d'un oscillateur local,
- les circuits de transmission dans lesquels on cherche à éliminer au moins une harmonique du signal de base,
- les systèmes de transmission multicanaux dont on cherche à améliorer l'isolation intercanal,
- les oscillateurs dont on cherche à améliorer la pureté spectrale...

[0028] La figure 10 illustre la combinaison de pics de résonance multiples avec chevauchement pour la réalisation de fonctions de filtrage destinées à éliminer la transmission de signaux dans la bande spectrale supérieure, notamment pour des filtres passe-bas et des filtres suppresseurs de bruit ("noise suppressor").

[0029] Les figures 11 et 12 illustrent le choix du point de fonctionnement sur un diagramme représentant, en traits pleins, les variations des pertes magnétiques μ'' en fonction de la fréquence f , avec trois pics de résonance

séparés, correspondant chacun à une perméabilité μ' différente, représentée en pointillés.

[0030] Comme représenté sur la figure 11, le composant, dans lequel le conducteur électrique 3 constitue un élément d'une ligne de transmission RF ou une ligne de transmission RF, peut être utilisé dans sa bande d'absorption, avec un point de fonctionnement centré sur la fréquence de résonance magnétique. Il peut également, comme représenté à la figure 12, être utilisé avant sa bande d'absorption pour augmenter l'inductance et le facteur de qualité de la ligne et/ou réduire la longueur de la ligne grâce à la diminution de la longueur d'onde du signal. Un tel élément de ligne de transmission peut alors être utilisé dans une ligne de transmission pour des applications micro-ondes. Ceci permet notamment d'améliorer les performances et la compacité de circuits existants (filtres RLC, lignes demi-onde et quart d'onde...) et de créer de nouvelles fonctionnalités.

[0031] Par ailleurs, l'association de couches 7 et 8 permet d'exploiter à des fins dynamiques la rotation cohérente de l'aimantation à 90° de la direction de piégeage résultant du couplage d'échange. L'aimantation de la couche 7 en matériau ferromagnétique est maintenue dans un état quasi-saturé en raison du fort piégeage dû au couple d'échange. Les couches sont donc naturellement du type à domaine unique (monodomaine) et il est ainsi possible de s'affranchir des problèmes classiquement liés à la répartition de l'aimantation en domaines. Le comportement théorique dissipatif est alors quasi-optimal, la rotation de l'aimantation à 90° de la direction de piégeage s'apparentant au cas idéal théorique dans lequel la répartition du moment est homogène et les couches sans domaine.

[0032] Les différentes couches 7 en matériau ferromagnétique peuvent avoir des directions de piégeage identiques ou opposées en fonction des applications visées. Ces directions de piégeage peuvent également être orientées, de façon identique ou différente, selon les besoins.

[0033] Il est ainsi possible de réaliser des adaptations en fréquence en jouant indépendamment sur les épaisseurs des différentes couches, en matériau magnétique et/ou ferromagnétique, et/ou sur les directions et/ou sur les orientations angulaires de piégeage des couches dans leur plan. Il est notamment possible d'obtenir une adaptabilité en fréquence allant typiquement de 5 à 20GHz en jouant simplement sur les épaisseurs respectives des couches 7 et 8.

[0034] Le composant peut être fabriqué par des procédés standard de fabrication utilisés en microélectronique. Les figures 13 à 15 illustrent, en coupe, trois variantes de réalisation possibles pour réaliser le circuit magnétique 6 entourant le conducteur électrique 3.

[0035] Dans la variante de réalisation de la figure 13, une cavité est formée dans le substrat 1. Cette cavité comporte un fond plat et deux parois latérales planes inclinées, s'évasant vers le haut de la cavité. Si la cavité est formée dans un substrat 1, en silicium Si<100> par

exemple, par gravure anisotrope (KOH), les parois latérales inclinées de la cavité font un angle de 54°7 avec l'horizontale. Le fond et les parois de la cavité sont recouverts par le matériau isolant 2. Une partie inférieure du circuit magnétique 6 est ensuite formée par dépôt successif des différentes couches 7 et 8 le constituant sur le fond et les parois de la cavité. Après un nouveau dépôt de matériau isolant 2, le conducteur électrique 3 est formé à l'intérieur de la cavité par dépôt du conducteur, puis planarisation. Une couche de matériau isolant 2, dont l'épaisseur contrôle l'épaisseur de l'entrefer du circuit magnétique 6, est ensuite déposée à plat sur la cavité. Puis, une paroi plane constituant la partie supérieure du circuit magnétique 6 est formée par dépôt des différentes couches 7 et 8 au-dessus de cette dernière couche d'isolant. Comme représenté sur la figure 13, le circuit magnétique 6, entourant la quasi-totalité du conducteur 3, comporte ainsi 2 entrefers entre ses parties inférieure et supérieure.

[0036] Dans la variante de réalisation de la figure 14, une cavité est formée dans une couche de matériau isolant 2 recouvrant le substrat 1. Comme sur la figure 13, cette cavité comporte un fond plat et deux parois latérales inclinées s'évasant vers le haut. Elle est formée dans le matériau isolant 2 par gravure à partir d'une résine lithographiée (par exemple PFRIX420 19Cp) présentant des flancs en bord de motifs faisant un angle compris entre 10° et 45° avec l'horizontale. L'ajustement de cet angle est possible, par exemple en utilisant une technique d'insolation de proximité avec une distance contrôlée entre le masque et la résine. Cette distance contrôlée est typiquement comprise entre 10 et 100µm. Une autre technique possible consiste à utiliser des masques à contraste de phase. Comme sur la figure 13, la partie inférieure du circuit magnétique 6 est ensuite formée par dépôt successif des différentes couches 7 et 8 le constituant sur le fond et les parois de la cavité. Après un nouveau dépôt de matériau isolant 2, le conducteur électrique 3 est formé à l'intérieur de la cavité par dépôt du conducteur, puis planarisation. Une couche de matériau isolant 2, dont l'épaisseur contrôle l'épaisseur de l'entrefer du circuit magnétique 6, est ensuite déposée à plat sur la cavité. Puis, une paroi plane constituant la partie supérieure du circuit magnétique 6 est formée par dépôt des différentes couches 7 et 8 au-dessus de cette dernière couche d'isolant.

[0037] Dans la variante de réalisation de la figure 15, la partie inférieure du circuit magnétique 6 est constituée par une paroi plane formée, sur une couche 2 en matériau isolant, par dépôt successif des différentes couches 7 et 8. Après dépôt d'une nouvelle couche de matériau isolant 2 et planarisation, le conducteur électrique 3 est formé à l'intérieur d'un caisson réalisé dans le matériau isolant. Il est ensuite recouvert par le matériau isolant. Le matériau isolant est ensuite gravé, jusqu'à la partie inférieure du circuit magnétique 6, avec une forme de trapèze, délimité par une paroi supérieure plane et par deux parois latérales inclinées, se rétrécissant vers le haut. Comme

dans le mode de réalisation de la figure 14, le trapèze est formé dans le matériau isolant 2 par gravure à partir d'une résine lithographiée (par exemple PFRIX420 19Cp) présentant des flancs en bord de motifs faisant un angle compris entre 10° et 45° avec l'horizontale. L'ajustement de cet angle est possible, par exemple en utilisant une technique d'insolation de proximité avec une distance contrôlée, typiquement comprise entre 10 et 100 µm, entre le masque et la résine ou en utilisant des masques à contraste de phase. La partie supérieure du circuit magnétique est ensuite formée par dépôt successif des différentes couches 7 et 8 le constituant sur la paroi supérieure plane et sur les parois latérales inclinées du trapèze. La partie supérieure du circuit 6 est en contact avec sa partie inférieure, réalisant ainsi un circuit magnétique 6 fermé.

[0038] Les variantes de réalisation des figures 14 et 15 sont avantageuses par rapport à la variante de réalisation de la figure 13 car elles permettent de réduire les angles formés par les parois latérales inclinées et l'horizontale à des valeurs comprises entre 10° et 45°. Ceci permet de garantir les performances dynamiques (perméabilité élevée) du matériau magnétique déposé sur ces parois latérales inclinées.

[0039] La variante de réalisation selon la figure 15 est d'autant plus avantageuse qu'elle est la seule à permettre la réalisation d'un circuit magnétique 6 fermé, avec une partie inférieure optimale en ce qui concerne la pente des parois inclinées et une partie supérieure optimale constituée par une paroi plane. Une partie supérieure constituée par une paroi plane n'est, par contre, pas réalisable avec les procédés de réalisation utilisés dans les variantes de réalisation des figures 13 et 14 si l'on veut un circuit magnétique fermé.

[0040] Dans une autre variante, les parties latérales du circuit magnétique 6 du composant de la figure 15 peuvent être omises, formant ainsi (comme sur les figures 13 et 14) un circuit magnétique avec 2 entrefers.

[0041] Le composant selon l'invention forme ainsi un microrésonateur magnétique pouvant être utilisé indifféremment en topologie coplanaire, microruban ou tri-plaque. La fabrication d'un tel composant est compatible avec les techniques de la microélectronique et avec différents types de substrats (Si, SOI, céramique, PCB, Kapton®...).

[0042] À titre d'exemple, dans le domaine du filtrage, le composant selon l'invention permet, en topologie coplanaire, d'ajuster la fréquence centrale d'un filtre de 2 à 20 GHz, avec une atténuation maximale de -30 dB/mm et des pertes d'insertion inférieures à -3 dB/mm.

[0043] À titre d'exemple, un composant C selon la figure 1 peut comporter :

- un conducteur électrique 3 et des plans de masse 4 de 5 à 150 µm de large, de 100 à 1000 µm de long et de 0,5 à 5 µm d'épaisseur,
- un isolant 2, constitué par une résine à base de benzocyclobutène (BCB), de moins de 1 µm d'épaisseur

entre le conducteur électrique 3 et le circuit magnétique fermé 6,

- un empilement de couches 7 et 8 (f/m)ⁿ comme représenté à la figure 4, avec n compris entre 1 et 100, dans lequel les couches 7 en alliage FeCo ont chacune une épaisseur comprise entre 0,01 et 0,5 µm et les couches 8 en alliage NiMn ont chacune une épaisseur comprise entre 0,01 et 0,05 µm, ou
- un empilement de couches 7 et 8 (m/f/m)ⁿ selon la figure 5, de 0,1 à 1 µm d'épaisseur.

[0044] Les figures 16 à 18 illustrent diverses variantes de réalisation d'un circuit de transmission radiofréquence utilisant au moins un composant C.

[0045] Le circuit de transmission selon la figure 16 se distingue du circuit de transmission selon la figure 3 par le fait que le circuit magnétique 6 du composant C est mis à la masse, par exemple au moyen de connexions électriques transversales 9, connectant le circuit magnétique 6 aux plans de masse 4 disposés de part et d'autre du composant C. Ceci permet d'augmenter la capacité d'absorption du circuit. Dans la variante de réalisation illustrée à la figure 16, trois connexions électriques transversales 9 sont associées à chaque plan de masse. Deux de ces connexions 9 d'extrémités connectent les extrémités du circuit magnétique 6 aux extrémités du plan de masse associé, tandis qu'une troisième connexion 9, centrale, est disposée entre les deux autres.

[0046] Le circuit selon la figure 17 se distingue du circuit selon la figure 16 par la suppression de la partie des plans de masse 4 qui est disposée entre les deux connexions électriques 9 d'extrémités.

[0047] Dans les circuits selon les figures 16 et 17, comme sur la figure 3, le conducteur 3 du composant C appartient à une ligne de transmission centrale, disposée entre deux plans de masse 4 latéraux.

[0048] Un circuit de transmission peut comporter plusieurs composants C. Les circuits selon les figures 18 et 19, par exemple, se distinguent du circuit selon la figure 3 par le fait qu'ils comportent deux composants (C1, C2), disposés respectivement entre une ligne de transmission centrale (10) et les plans de masse (4) latéraux. Sur la figure 18, il n'y a pas de liaison électrique entre la ligne de transmission centrale (10) et les conducteurs 3 des composants C1 et C2, tandis que sur la figure 19, les conducteurs électriques 3 des composants C1 et C2 sont connectés électriquement, par des connexions 11, au niveau de leurs extrémités, à la ligne de transmission centrale. Plusieurs composants C1 (ou C2) peuvent également être disposés, par exemple côte à côte ou l'un au-dessus de l'autre, entre la ligne de transmission centrale 10 et l'un des plans de masse 4.

Revendications

1. Composant microélectronique intégré comportant

- au moins un conducteur électrique (3), constituant un élément de ligne de transmission pour une onde électromagnétique radiofréquence, et des moyens de filtrage du bruit électromagnétique, lesdits moyens de filtrage du bruit électromagnétique comportant une couche (7) en matériau ferromagnétique, composant **caractérisé en ce que**, le matériau ferromagnétique ayant une valeur d'aimantation à saturation (M_s) supérieure ou égale à 800kA/m, les moyens de filtrage du bruit électromagnétique sont constitués par un circuit magnétique (6), entourant le conducteur (3) et formé au moins par la superposition de ladite couche (7) en matériau ferromagnétique et d'une couche (8) en matériau magnétique, de manière à ce que la couche en matériau magnétique (8) génère dans la couche (7) en matériau ferromagnétique adjacente une anisotropie magnétique uniaxiale.
2. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit magnétique (6) entourant le conducteur (3) est un circuit magnétique fermé.
 3. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit magnétique (6) entourant le conducteur (3) comporte au moins un entrefer.
 4. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le matériau ferromagnétique a une valeur d'aimantation à saturation (M_s) de l'ordre de 1920kA/m.
 5. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le circuit magnétique (6) est constitué par l'alternance d'une pluralité de couches (7) en matériau ferromagnétique et de couches (8) en matériau magnétique.
 6. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le matériau magnétique est un matériau antiferromagnétique.
 7. Composant selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le matériau antiferromagnétique est choisi parmi les alliages à base de manganèse et d'un élément choisi parmi le nickel, le fer, le platine et l'iridium.
 8. Composant selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le matériau antiferromagnétique est réalisé à partir d'oxydes de nickel et/ou de fer et/ou de cobalt.
 9. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le matériau magnétique est un matériau magnétique dur.
 10. Composant selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le matériau magnétique est choisi parmi les alliages fer/samarium, cobalt/samarium, cobalt/platine, cobalt/chrome et fer/néodyme/bore.
 11. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le matériau ferromagnétique est choisi parmi le fer, le cobalt, les alliages à base de fer et/ou de cobalt.
 12. Composant selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le matériau ferromagnétique est choisi parmi $Fe_{65}Co_{35}$, $Co_{50}Fe_{50}$ et $Co_{90}Fe_{10}$.
 13. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les épaisseurs respectives des couches (7, 8) en matériau magnétique et en matériau ferromagnétique sont choisies de manière à ce qu'un pic de résonance unique soit centré sur une fréquence à filtrer.
 14. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les épaisseurs des couches (7, 8) en matériau magnétique et en matériau ferromagnétique sont choisies de manière à ce que des pics de résonance séparés soient respectivement centrés sur différentes fréquences à filtrer.
 15. Composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** le circuit magnétique (6) est mis à la masse.
 16. Circuit de transmission comportant au moins une ligne de transmission centrale et deux plans de masse (4) latéraux, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins un composant selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.
 17. Circuit selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** le conducteur (3) du composant appartient à la ligne de transmission centrale.
 18. Circuit selon la revendication 16, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux composants (C1, C2), disposés respectivement entre la ligne de transmission centrale (10) et les plans de masse (4) latéraux.

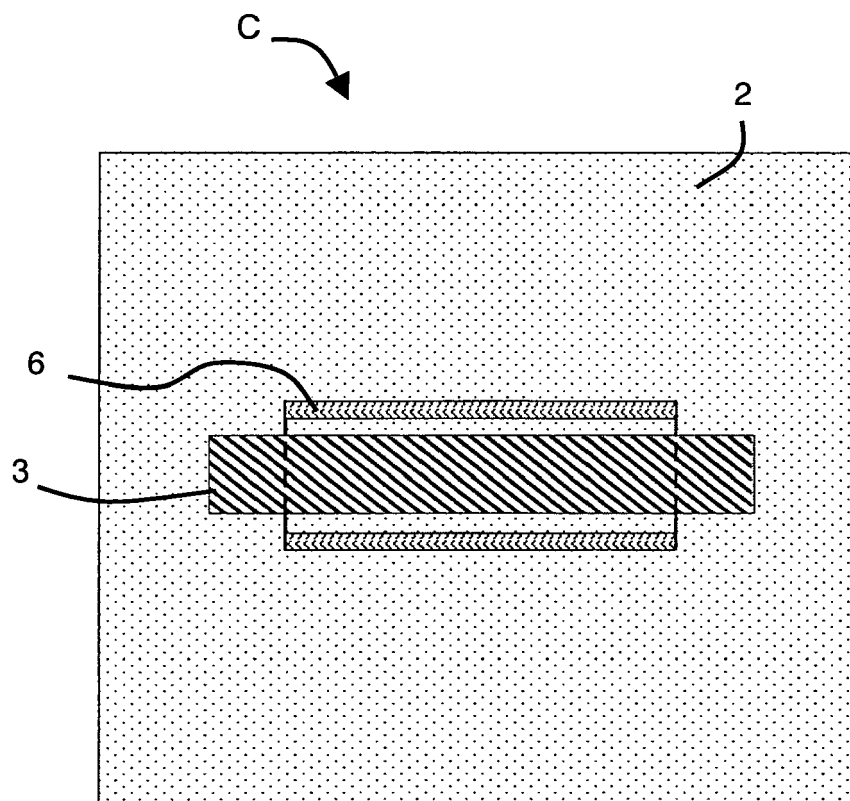


Figure 1

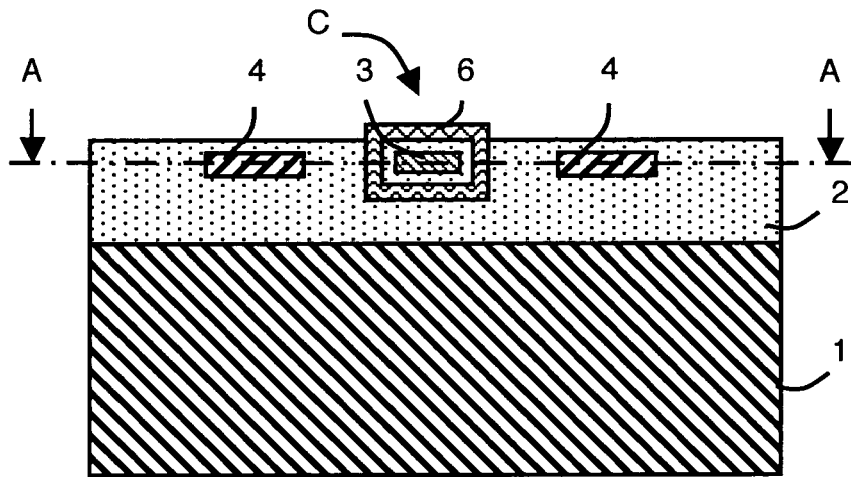


Fig.2

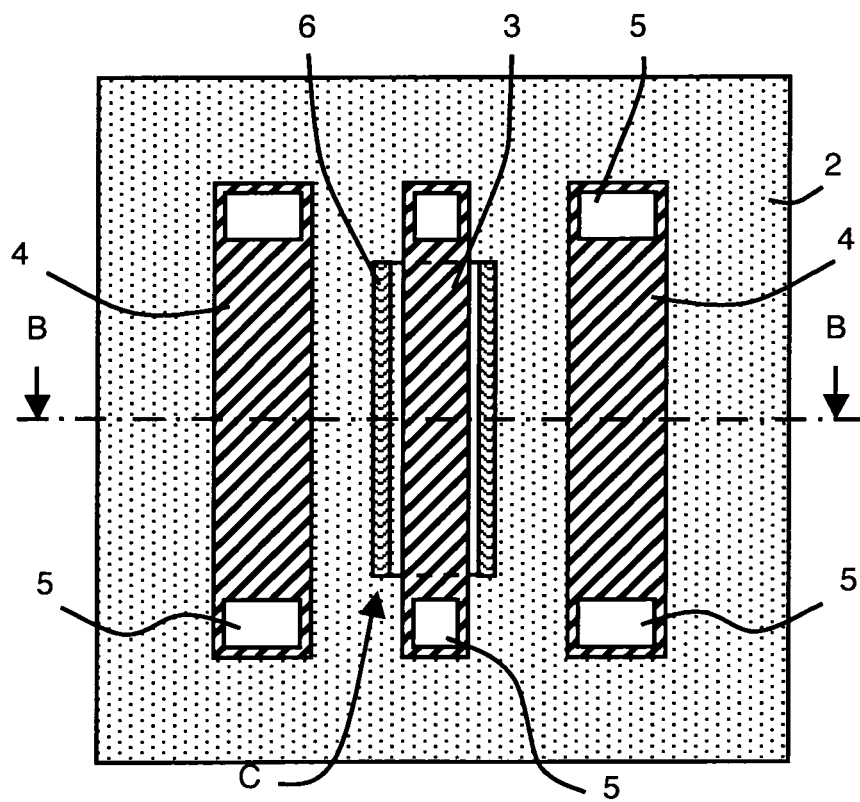


Fig.3

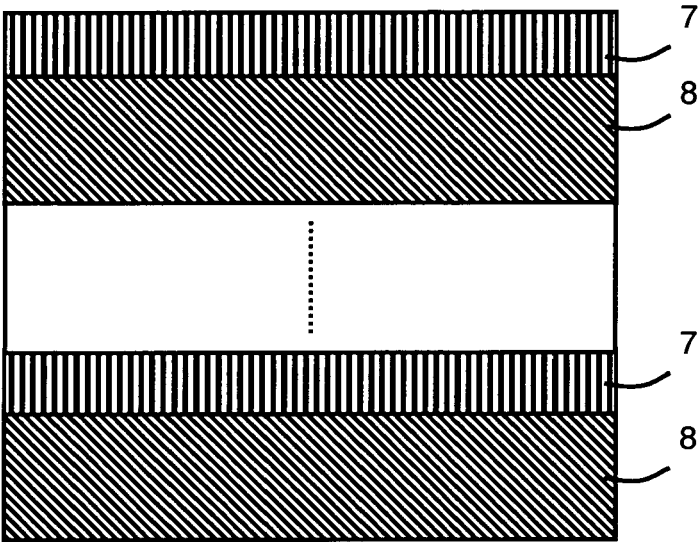


Fig.4

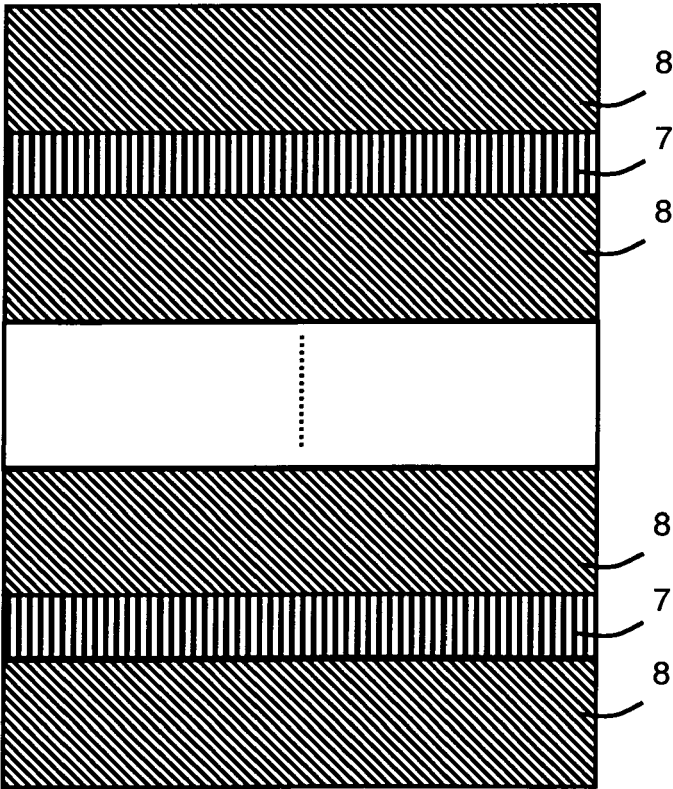


Fig.5

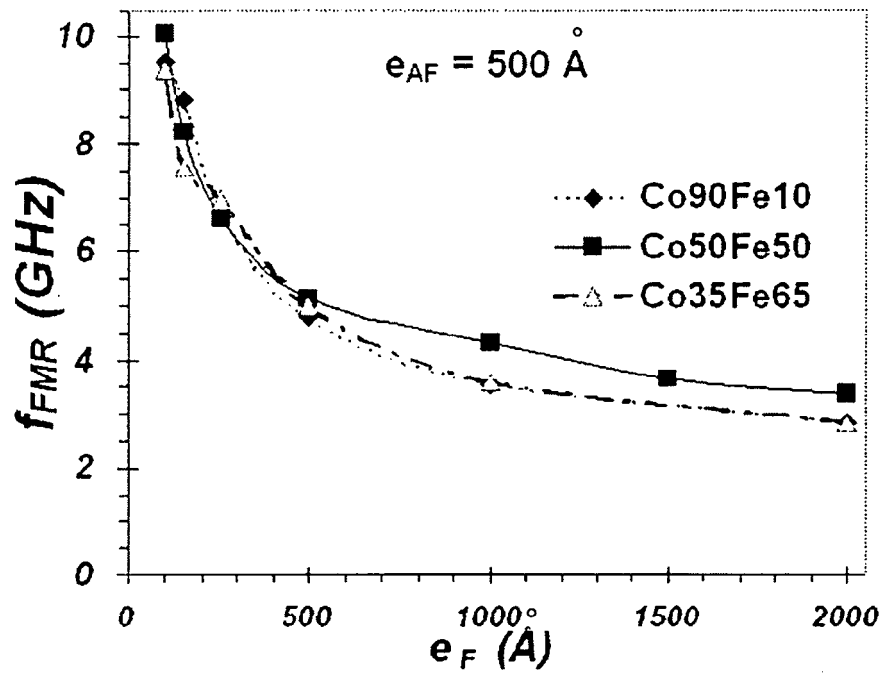


Fig.6

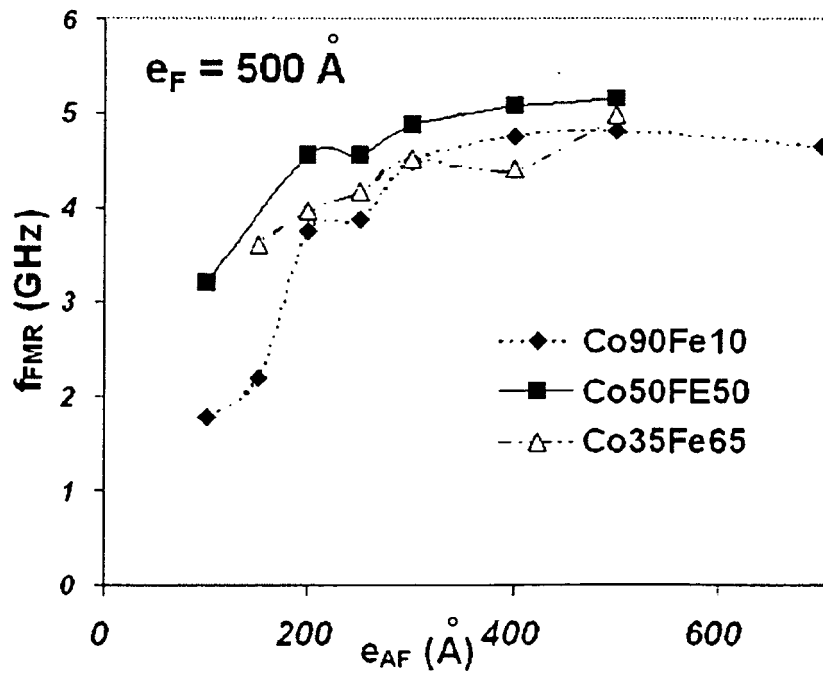


Fig.7

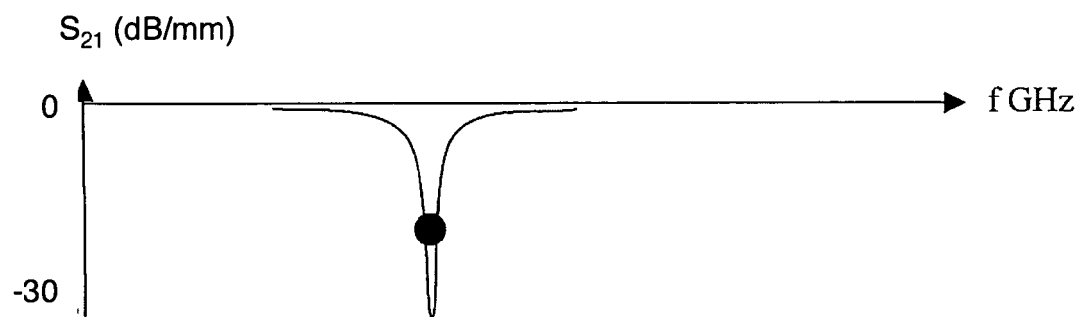


Fig.8

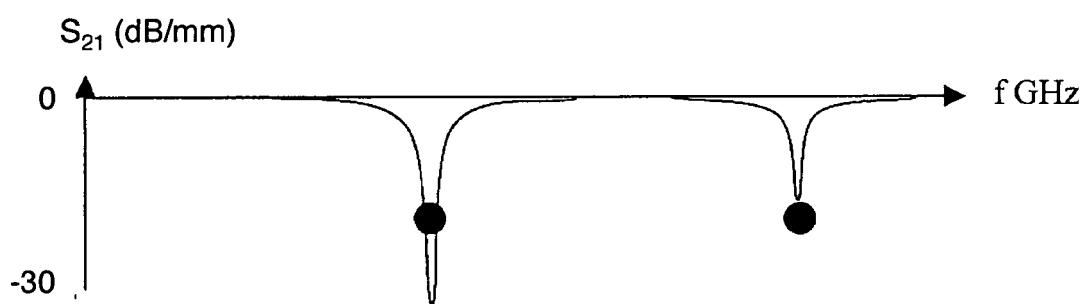


Fig.9

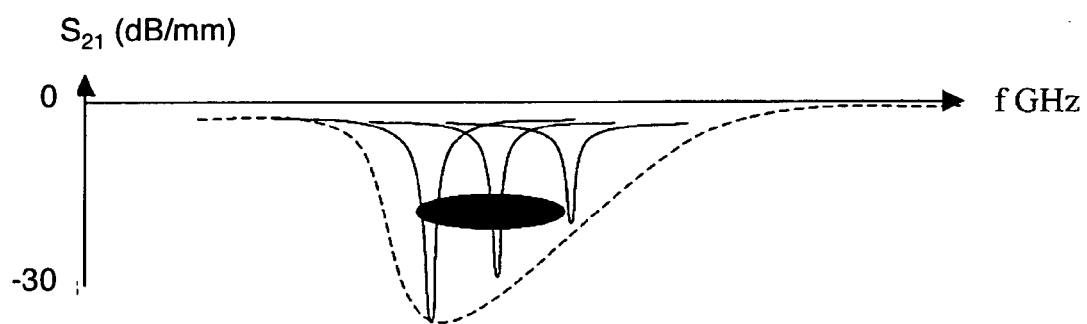


Fig.10

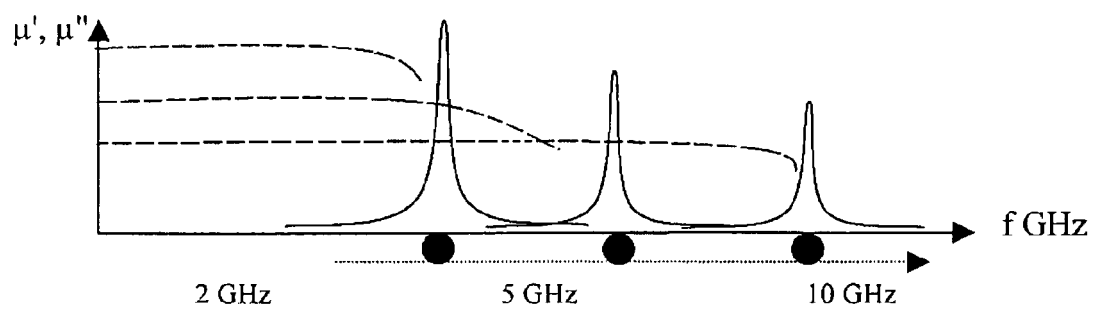


Fig.11

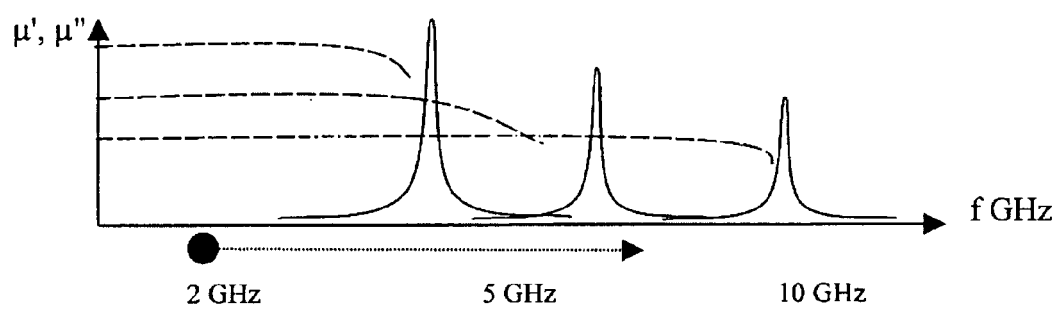


Fig.12

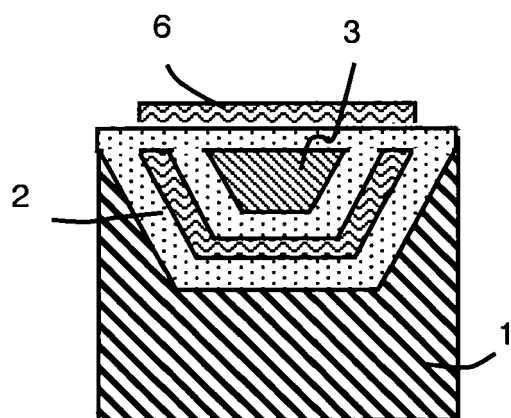


Figure 13

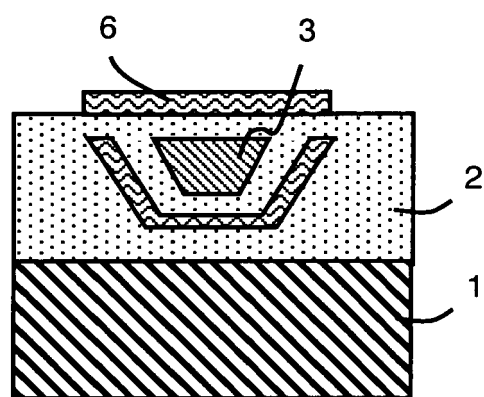


Figure 14

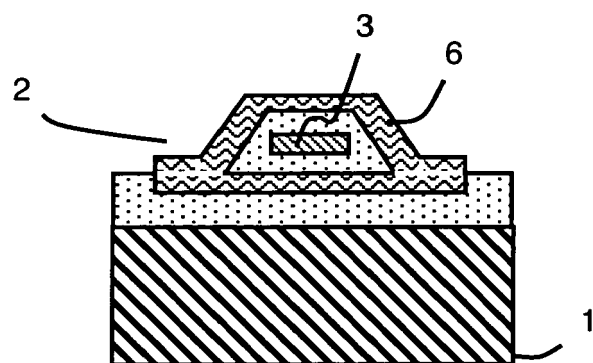


Figure 15

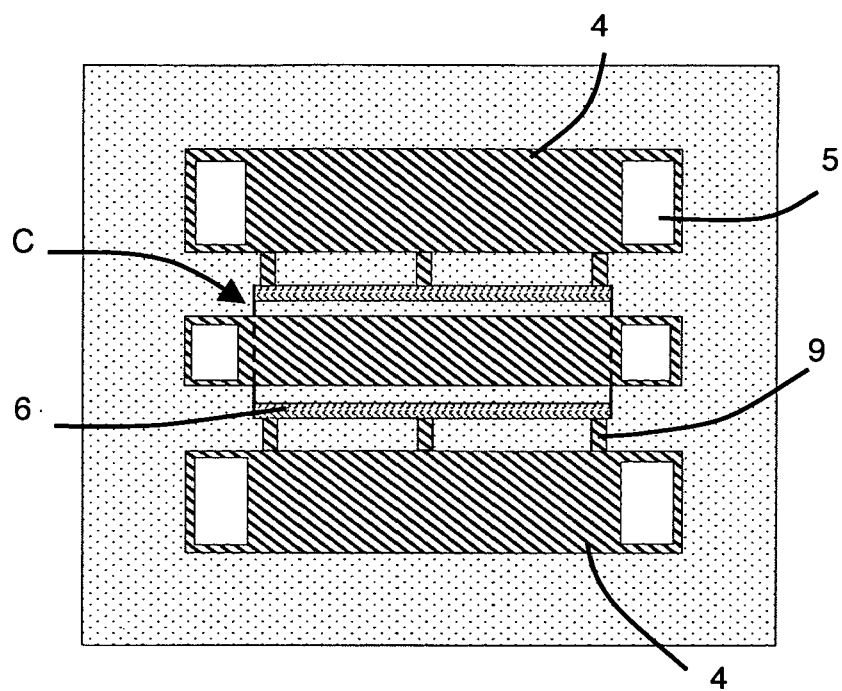


Figure 16

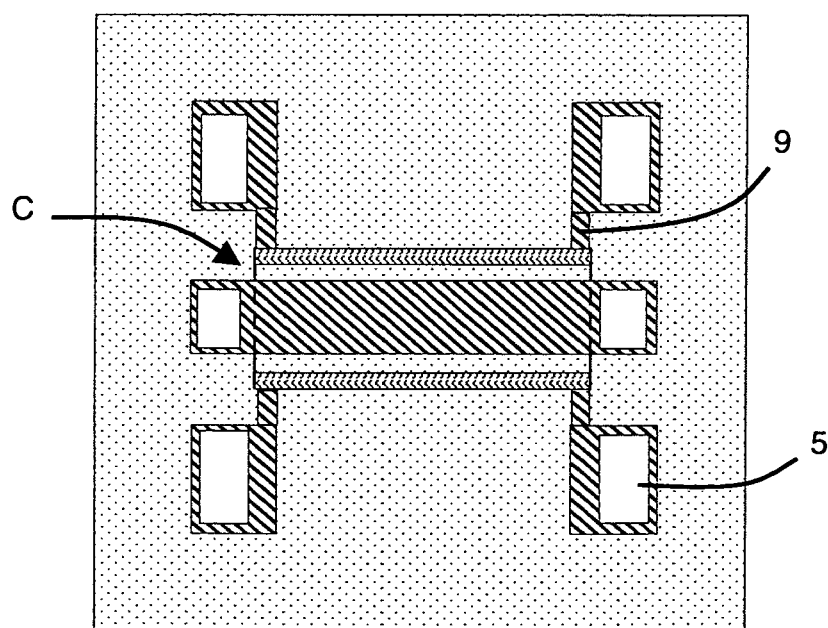


Figure 17

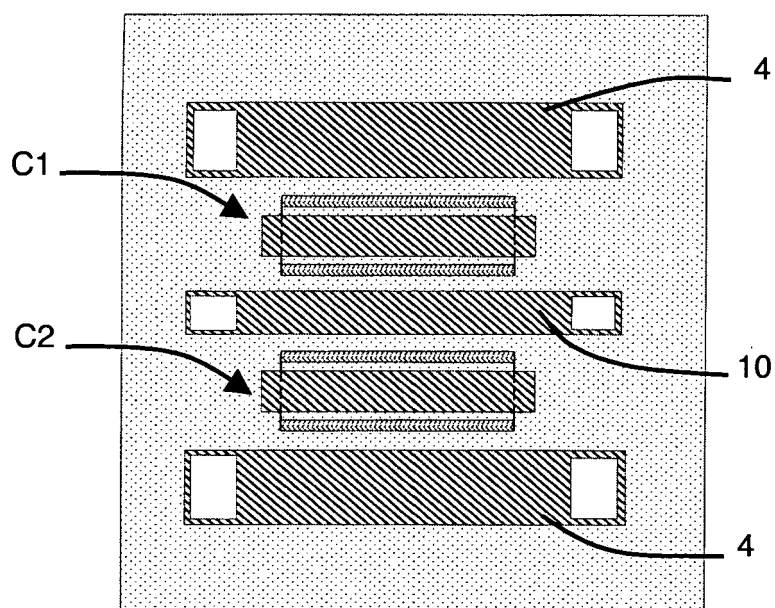


Figure 18

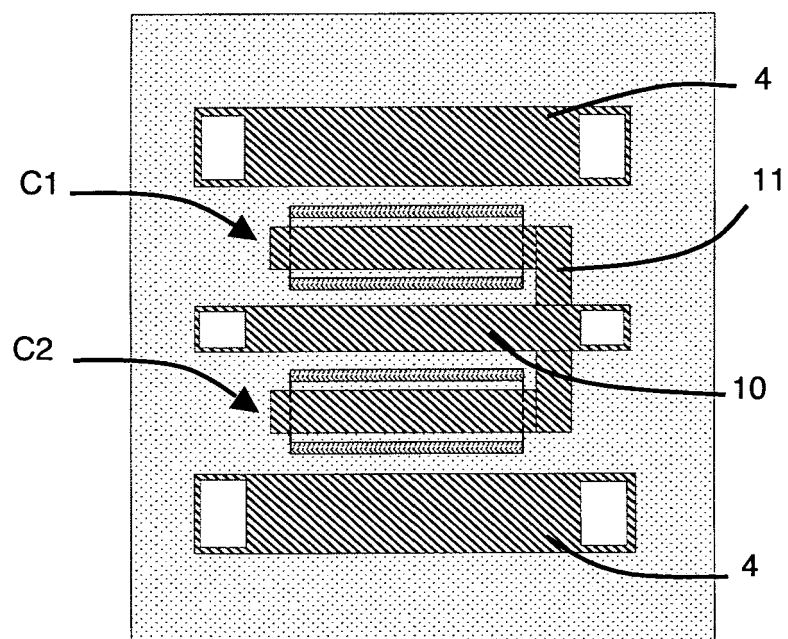


Figure 19



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	KI HYEON KIM ET AL: "MODELING FOR RF NOISE SUPPRESSOR USING A MAGNETIC FILM ON COPLANAR TRANSMISSION LINE" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 39, no. 5, PART 2, septembre 2003 (2003-09), pages 3031-3033, XP001174441 ISSN: 0018-9464 * page 3033, colonne de gauche, ligne 20 - colonne de droite, ligne 3; figure 6 *	1	INV. H01P1/215
A	US 5 847 628 A (UCHIKOBA ET AL) 8 décembre 1998 (1998-12-08) * colonne 13, ligne 12-27; figures 10,11 *	1	
A	EP 0 862 237 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 2 septembre 1998 (1998-09-02) * colonne 4, ligne 9-42; figures 1,2 *	1	
A	US 4 980 657 A (STITZER ET AL) 25 décembre 1990 (1990-12-25) * colonne 4, ligne 46-51 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
D,A	B. VIALA ET AL.: "AF-BASED COFE MULTILAYER FILMS WITH FMR FREQUENCY AT 5 GHZ AND BEYOND" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. 40, no. 4, juillet 2004 (2004-07), pages 1996-1998, XP002352238 * page 1996, colonne de droite, ligne 18-31 *	1	H01P H03G H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 24 juillet 2006	Examineur Den Otter, A
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 06 35 4015

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-07-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5847628	A	08-12-1998	AUCUN	

EP 0862237	A	02-09-1998	DE 69800217 D1	24-08-2000
			DE 69800217 T2	08-03-2001
			JP 3247863 B2	21-01-2002
			JP 10308601 A	17-11-1998
			US 5892412 A	06-04-1999

US 4980657	A	25-12-1990	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Littérature non-brevet citée dans la description

- **KI HYEON KIM et al.** Dimensional effects of the Magnetic Film on Coplanar Transmission Line for RF Noise Suppression. *IEEE Transactions on Magnet-ics*, Juillet 2004, vol. 40, 2847-2849 [0002]
- **KI HYEON KIM et al.** RF Integrated Noise Suppres-sor Using Soft Magnetic Films. *IEEE Transactions on Magnet-ics*, Juillet 2004, vol. 40 (4), 2838-2840 [0003]
- **BIJOY KUARNR et al.** Iron and Permalloy based mag-netic monolithic tunable microwave devices. *Journal of Applied Physics*, 15 Mai 2003, vol. 93 (10), 8591-8593 [0005]
- **B. VIALA et al.** AF-Biased CoFe Multilayer Films with FMR Frequency at 5 GHz and Beyond. *IEEE Trans-actions on Magnet-ics*, Juillet 2004, vol. 40 (4), 1996-1998 [0015]