

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 918 762

②1 N° d'enregistrement national : **07 56395**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 R 33/09 (2006.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.07.07.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.01.09 Bulletin 09/03.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère industriel et commercial* — FR.

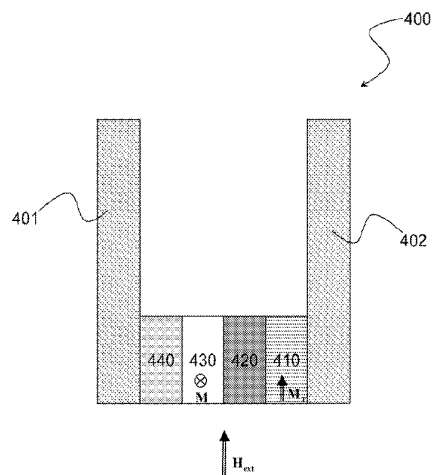
⑦2 Inventeur(s) : DIENY BERNARD.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤4 **CAPTEUR DE CHAMP MAGNETIQUE A FAIBLE BRUIT UTILISANT UN TRANSFERT DE SPIN LATÉRAL.**

⑤7 La présente invention concerne un capteur magnéto-résistif comprenant une première couche magnétique d'aimantation piégée (410), dite couche piégée, et une couche magnétique d'aimantation libre (430), dite couche sensible, dont l'aimantation, en absence de champ extérieur, est sensiblement orthogonale à l'aimantation de la couche piégée, lesdites couches piégée et sensible étant séparées par une première couche séparatrice (420) de découplage magnétique. Le capteur comprend en outre une couche (440), dite de couplage latéral, située du côté de la couche sensible opposé à celui de la couche séparatrice, et permettant de contrôler le transfert de spin latéral.



FR 2 918 762 - A1



**CAPTEUR DE CHAMP MAGNÉTIQUE À FAIBLE BRUIT UTILISANT UN
TRANSFERT DE SPIN LATERAL**

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine des capteurs de champ magnétique et plus particulièrement celui des vanes de spin à géométrie de courant perpendiculaire au plan des couches.

10 Elle trouve notamment application dans le domaine de l'enregistrement magnétique.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les capteurs de champ magnétique sont utilisés dans de nombreuses applications, têtes de lecture de disques durs d'ordinateurs, dispositifs de lecture de 15 pistes magnétiques, d'encre magnétique, codeurs de position, codeurs angulaires, compas électroniques, etc.

Les capteurs de champ magnétique ont fait l'objet 20 de recherches considérables ces dernières années afin de suivre l'augmentation rapide de la densité d'enregistrement sur les disques durs.

Depuis 1992, les capteurs de champ magnétique utilisés dans les têtes de lecture de disques durs 25 d'ordinateurs sont de type magnétorésistif. Dans un capteur de ce type, les variations de champ magnétique modifient la résistance d'un matériau magnétorésistif, ce qui se traduit par des variations de tension aux bornes du capteur.

Les premiers capteurs magnétorésistifs exploitaient l'anisotropie de la magnétorésistance d'une couche mince magnétique, c'est-à-dire la dépendance de la résistance d'une telle couche en fonction de l'angle entre l'aimantation et le courant qui lui était appliqué.

Les capteurs magnétorésistifs plus récents sont basés sur des vannes de spin. Une vanne de spin est généralement définie comme une structure constituée de deux couches magnétiques séparées par une fine couche de métal non magnétique. L'aimantation d'une des couches magnétiques, dite couche piégée, est maintenue fixe par interaction d'échange avec un matériau anti-ferromagnétique. L'aimantation de l'autre couche magnétique, dite couche libre ou sensible, est libre de suivre les variations du champ magnétique qui lui est appliqué. La variation d'orientation relative des aimantations respectives des deux couches magnétiques induit un changement de résistance électrique au sein de la couche non magnétique (effet dit de magnétorésistance géante). On trouvera une description des vannes de spin par exemple dans l'article de B. Dieny intitulé « Giant magnetoresistance in spin-valve multilayers », publié dans Journ. Magn. Mater. 136, (1994), pp. 335-359.

Les premières vannes de spin utilisaient une géométrie de courant parallèle au plan des couches selon une configuration dite CIP (*Current In Plane*). La réduction de la taille des bits sur les disques durs (environ 100nm x 40nm en 2006) a conduit à développer des vannes de spin à configuration CPP (*Current*

Perpendicular to Plane) présentant à la fois un plus haut niveau d'intégration et une plus forte variation de magnéto-résistance.

Selon cette configuration, les écrans qui encadrent l'élément magnéto-résistif servent également à l'amenée du courant et la prise de tension. On trouvera notamment une description d'une vanne de spin à configuration CPP dans la demande WO-A-97/44781.

La Fig. 1 illustre schématiquement un capteur magnéto-résistif utilisant une vanne de spin 100 à configuration CPP.

Les deux écrans métalliques 101 et 102 servent à délimiter la zone de mesure du champ magnétique ainsi qu'à l'amenée de courant et la prise de tension. La largeur d de cette zone donne la résolution maximale de lecture. La vanne de spin est essentiellement constituée d'une couche antiferromagnétique 110, d'une couche magnétique 120 dont l'aimantation est piégée par la couche 110, d'une couche mince non magnétique 130, et d'une couche magnétique 140 dont l'aimantation est libre de suivre le champ magnétique extérieur. Un champ magnétique de biais (*bias magnetic field*) peut être appliqué à la couche libre 140 au moyen d'un couple d'aimants permanents latéraux (non représentés) de sorte à lui donner une orientation d'aimantation prédéterminée, en l'absence de champ magnétique extérieur.

La résistance de la vanne de spin est faible si les directions des aimantations de la couche libre 140 et de la couche piégée 120 sont parallèles, et élevée dans le cas où elles sont antiparallèles. Lorsqu'un

champ magnétique à mesurer est appliqué dans le plan des couches, ce champ produit une rotation de l'aimantation de la couche libre dans ledit plan. L'orientation relative de l'aimantation de la couche libre par rapport à celle de la couche piégée détermine la résistance de la vanne de spin.

Les vannes de spin à configuration CPP présentent une très faible résistance, du fait de la faible épaisseur des couches qui les constituent et de leur caractère métallique. Afin de réaliser des capteurs d'impédance adaptée à l'impédance d'entrée typique d'un préamplificateur (\sim quelques dizaines d'Ohms), on est conduit à utiliser des matériaux magnétorésistifs possédant une forte résistance surfacique (mesurée en $\Omega \cdot \mu\text{m}^2$). A cette fin, il a été proposé d'introduire dans la couche séparatrice non magnétique une couche d'oxyde discontinue destinée à confiner les lignes de courant. Cette approche conduit cependant à des densités de courant très élevées et, par suite, à des phénomènes d'électromigration préjudiciables à la durée de vie du capteur. Enfin, la technique la plus prometteuse semble être celle fondée sur l'utilisation de jonctions tunnels magnétorésistives ou MTJs (*Magnetic Tunnel Junctions*). Une jonction MTJ se distingue d'une vanne de spin à configuration CPP en ce que la couche séparatrice est en matériau isolant, par exemple de l'alumine ou de la magnésie (MgO).

Une autre limitation des vannes de spin provient du bruit affectant le signal de lecture. Celui-ci est d'origine diverse. Comme indiqué dans l'article de N. Smith et al. intitulé « *White-noise magnetization*

fluctuations in magnetoresistive heads », publié dans Appl. Phys. Lett. 78 (2001), pp. 1148-1150, lorsqu'une vanne de spin présente une faible variation relative de magnétorésistance, c'est-à-dire un faible rapport $\Delta R/R$, où ΔR est la variation de résistance entre les états parallèle et antiparallèle, la source prédominante de bruit est d'origine électrique, plus précisément le bruit Johnson résultant du mouvement brownien des électrons de conduction. En revanche, si ce rapport est élevé, la source prédominante de bruit est d'origine magnétique. En effet, dans ce cas, les fluctuations de l'aimantation dans la couche sensible peuvent engendrer des fluctuations importantes de la résistance du capteur. Ces fluctuations de l'aimantation peuvent être induites par l'agitation thermique ou résulter du piégeage de parois ou de l'instabilité de domaines magnétiques. Pour une même puissance dissipée, les fluctuations thermiques seront d'autant plus importantes que la taille du capteur sera faible.

De la même façon, pour un capteur à jonction MTJ à faible rapport $\Delta R/R$, la source de bruit prédominante est d'origine électrique, à savoir le bruit de grenaille (*shot noise*) de la jonction tunnel, alors qu'à rapport $\Delta R/R$ élevé, le bruit est essentiellement d'origine magnétique comme indiqué précédemment.

Ainsi, pour les capteurs magnétorésistifs à vannes de spin ou à jonctions tunnel magnétiques de très grande sensibilité (c'est-à-dire à rapport $\Delta R/R$ élevé), le rapport signal à bruit (*SNR*) est

essentiellement conditionné par le bruit d'origine magnétique.

On a représenté en Fig. 2 la courbe typique de densité de bruit (normalisée par RI^2 où R est la
5 résistance du capteur et I le courant le traversant) affectant le signal de mesure dans un capteur magnétorésistif (à base de vanne de spin CPP ou de jonction tunnel magnétique) en fonction de la fréquence f du champ magnétique mesuré.

10 On distingue trois régimes de bruit distincts :

Dans une zone de basse fréquence, notée zone (I), allant de 0 à quelques centaines de MHz, le bruit de mesure est la somme d'un bruit blanc, partiellement d'origine électrique (bruit Johnson ou bruit de
15 grenaille) et partiellement d'origine magnétique (fluctuations thermiques d'aimantation dans la couche sensible du capteur), et d'un bruit en $1/f$ provenant d'une polarisation magnétique insuffisante de la couche sensible par le champ magnétique de biais. En effet,
20 une polarisation insuffisante peut donner naissance dans la couche sensible à des parois susceptibles de se déplacer de façon irréversible ou encore à des domaines magnétiques instables dont l'aimantation peut sauter lors de la rotation de l'aimantation de la couche
25 sensible.

Dans une zone de haute fréquence, notée zone (III), s'étendant typiquement de 1.5 GHz environ à quelques dizaines de GHz, l'allure de la courbe de bruit est due à un phénomène de résonance
30 ferromagnétique dite FMR (*Ferromagnetic Resonance*). Les excitations FMR activées thermiquement sont

naturellement amplifiées lorsque leur fréquence correspond à la fréquence naturelle de précession de l'aimantation de la couche sensible.

5 Une zone intermédiaire, notée zone (II), sépare les zones de basse et de haute fréquence. Dans cette zone, le bruit est essentiellement blanc, le bruit en $1/f$ et la résonance FMR sont quasi-absents.

10 Le but de la présente invention est par conséquent de proposer une structure de capteur magnétorésistif de très hautes performances (grande sensibilité, faibles dimensions) tout en ayant un haut niveau de rapport signal à bruit dans une plage de fréquence d'intérêt.

15 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention est définie par un capteur magnétorésistif comprenant une première couche magnétique d'aimantation piégée, dite couche piégée, et une couche magnétique d'aimantation libre, dite couche
20 sensible, dont l'aimantation, en absence de champ extérieur, est sensiblement orthogonale à l'aimantation de la couche piégée, lesdites couches piégée et sensible étant séparées par une première couche séparatrice de découplage magnétique.

25 Selon un premier mode de réalisation, le capteur magnétorésistif comprend en outre une couche, dite de couplage latéral, située du côté de la couche sensible opposé à celui de la couche séparatrice et adaptée à rétrodiffuser, avec conservation de spin, les électrons
30 vers la couche sensible, ainsi que des moyens pour

faire circuler un courant continu de la couche de couplage latéral à la couche piégée.

Selon une première variante, la couche séparatrice est une première couche isolante, formant
5 une première barrière tunnel.

Selon une seconde variante, la couche séparatrice est une première couche isolante discontinue adaptée à confiner le courant qui la traverse selon une pluralité de chemins de courant.

10 Selon une troisième variante, la couche séparatrice est une première couche métallique non magnétique.

Selon la première ou seconde variante, la couche de couplage latéral peut avantageusement comprendre une
15 seconde couche isolante ou semiconductrice formant une seconde barrière tunnel et de résistivité surfacique inférieure à celle de la couche séparatrice.

Alternativement, la couche de couplage latéral peut comprendre une seconde couche isolante discontinue
20 adaptée à confiner le courant qui la traverse et de résistivité surfacique inférieure à celle de la couche séparatrice.

Le capteur magnétorésistif peut en outre comprendre une seconde couche métallique, directement
25 en contact avec la couche sensible, ladite seconde couche métallique incorporant ou étant adjointe à une troisième couche métallique de plus forte résistivité que la seconde couche métallique.

Selon un second mode de réalisation, le capteur
30 magnétorésistif comprend une couche de couplage latéral, située du côté de la couche sensible opposé à

celui de la couche séparatrice et adaptée à réduire la diffusion latérale des électrons et/ou à produire une perte de mémoire de spin, ainsi que des moyens pour faire circuler un courant continu de la couche piégée à la couche de couplage latéral.

Selon une première variante, la couche séparatrice est une première couche isolante, formant une première barrière tunnel.

Selon une seconde variante, la couche séparatrice est une première couche isolante discontinue adaptée à confiner le courant qui la traverse selon une pluralité de chemins de courant.

Selon une troisième variante, la couche séparatrice est une première couche métallique non magnétique.

Selon la première ou seconde variante, la couche de couplage latéral peut être de résistivité élevée et telle que le libre parcours moyen des électrons à l'intérieur de cette couche soit inférieur à la dimension latérale caractéristique des zones d'aimantation uniforme de la couche sensible.

Alternativement, selon l'une des trois variantes, la couche de couplage latéral peut être une seconde couche métallique de faible résistivité et comprendre des impuretés adaptées à provoquer un basculement de spin.

La seconde couche métallique peut présenter une résistivité inférieure à celle de la première couche métallique.

La première couche séparatrice peut être en alumine, en MgO, ou en TiO_x.

La première couche métallique peut être en Cu.

La seconde couche isolante peut être en alumine,
5 en MgO, ou en TiO_x, ou encore une nanocouche de TaO.

La seconde couche isolante peut être réalisée par oxydation d'un alliage ou d'une bicouche AlCu.

La seconde couche métallique peut être en Cu et la troisième couche métallique appartient au groupe
10 constitué par Ta, Ru, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, W, Re.

La couche de couplage latéral peut être en Ta, Ru ou Cr.

La couche de couplage latéral est en alliage NiFeCr ou NiCoFeCr.

15 La couche de couplage latéral peut encore être constituée d'une lamination de monocouches atomiques de Ta et Cu.

Les impuretés adaptées à provoquer un basculement peuvent appartenir au groupe constitué par Mn, Pd, Ru,
20 Pt, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Au.

Le capteur magnétorésistif selon la première ou la seconde variante peut comprendre en outre une couche ferrimagnétique synthétique, constituée d'une première et d'une seconde sous-couches magnétiques prenant en
25 sandwich une sous-couche de couplage antiferromagnétique, la première sous-couche magnétique étant piégée par une couche antiferromagnétique de piégeage, la seconde sous-couche magnétique constituant ladite couche piégée.

30

La couche ferrimagnétique synthétique peut être CoFe/Ru/CoFe où les sous-couches magnétiques de CoFe ont une épaisseur entre 1 et 5nm et la première sous-couche de couplage antiferromagnétique de Ru a une épaisseur de 0.5 à 1 nm.

Alternativement, la couche ferrimagnétique synthétique peut être CoFe/Ru/CoFeB ou CoFe/Ru/CoFe où les sous-couches magnétiques de CoFe et CoFeB ont une épaisseur entre 1 et 5nm et la première sous-couche de couplage antiferromagnétique de Ru a une épaisseur de 0.5 à 1 nm et la seconde sous-couche magnétique est en alliage CoFeB ou CoFe à structure cubique centrée.

La couche antiferromagnétique de piégeage peut être en PtMn, PtPdMn, ou IrMn, par exemple PtMn avec une épaisseur de 15 à 25 nm.

La couche sensible peut être en alliage CoFe, en particulier $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$.

Alternativement, la couche sensible peut être constituée de deux sous-couches, l'une de Co ou d'alliage CoFe, d'une épaisseur de 0.5nm à 2nm, directement à l'interface avec la couche séparatrice, l'autre, de NiFe d'épaisseur de 1.5 à 5nm.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

La Fig. 1 illustre schématiquement un capteur magnétorésistif à vanne de spin en configuration CPP, connu de l'état de la technique ;

La Fig. 2 représente la densité de bruit affectant le signal de mesure dans le capteur magnétorésistif de la Fig.1 ;

Les Figs. 3A à 3D illustrent de manière schématique l'effet de transfert de spin latéral dans une couche magnétique ;

La Fig. 4 illustre schématiquement un capteur magnétorésistif selon l'invention ;

Les Figs. 5A et 5B illustrent schématiquement le détail du capteur magnétorésistif selon deux variantes d'un premier mode de réalisation de l'invention.

15

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'idée à la base de l'invention est d'utiliser l'effet dit de transfert de spin latéral pour réduire le bruit d'origine magnétique dans un capteur magnétorésistif.

L'effet de transfert de spin latéral, aussi appelé « *self-torque* » dans la littérature, a été décrit dans l'article de M.D. Stiles *et al.* intitulé « Phenomenological theory of current-induced magnetization precession » publié dans Phys. Rev. B. Vol. 69, 054408 (2004) ainsi que dans l'article de M.L. Polianski *et al.* intitulé « Current-induced transverse spin wave instability in a thin nanomagnet » publié dans Phys. Rev. Lett. Vol. 92, Number 2, 026602 (2004).

30

Les Figs. 3A à 3C illustrent de manière schématique le phénomène de transfert de spin latéral.

On a représenté sur ces figures l'interface entre une couche magnétique libre, ou couche sensible 310, et
5 une couche non magnétique métallique 320.

On distingue le cas où l'aimantation \mathbf{M} à l'intérieur de la couche sensible est supposée parfaitement uniforme en Figs. 3A et 3B et où elle présente des fluctuations en Figs. 3C et 3D.

10 En Figs. 3A et 3C, un courant spin circule de la couche sensible vers la couche non magnétique, c'est-à-dire que les électrons vont de la couche non magnétique à la couche sensible. *A contrario*, en Figs. 3B et 3D, un courant polarisé en spin circule de la couche non-
15 magnétique vers la couche sensible, c'est-à-dire que les électrons vont de la couche sensible à la couche non magnétique.

Dans la configuration de la Fig. 3A, les électrons provenant de la couche non magnétique et possédant un
20 spin \mathbf{s} antiparallèle à l'aimantation \mathbf{M} sont réfléchis par la couche sensible. Les électrons réfléchis diffusent ensuite latéralement et sont ramenés à nouveau à l'interface par le champ électrique, tout en gardant leur direction en spin. Leur interaction avec
25 l'aimantation de la couche sensible est par conséquent latéralement invariante. L'équilibre de la couche sensible est toutefois instable comme nous le verrons plus loin en Fig. 3C.

Dans la configuration de la Fig. 3B, les électrons
30 provenant de la couche sensible ont leurs spins \mathbf{s} polarisés selon la direction de l'aimantation \mathbf{M} et

pénètrent dans la couche non magnétique sous l'action du champ électrique. Certains de ces électrons, dans leur mouvement brownien, sont rétrodiffusés vers l'interface mais, étant donné que leurs spins restent
5 parallèles à \mathbf{M} , leur interaction avec la couche sensible est invariante latéralement.

Dans la configuration de la Fig. 3C, un électron provenant de la couche non magnétique ayant un spin \mathbf{s} antiparallèle à l'aimantation locale \mathbf{M}_1 d'une première
10 zone \mathbf{Z}_1 de la couche sensible est réfléchi à l'interface, puis diffuse latéralement avant de revenir vers une autre zone \mathbf{Z}_2 de la couche sensible d'aimantation locale \mathbf{M}_2 , d'orientation distincte de celle de \mathbf{M}_1 . Son spin \mathbf{s} se réoriente alors de manière
15 antiparallèle à \mathbf{M}_2 , en transférant son moment magnétique à la couche sensible. Ce transfert accentue la désorientation de \mathbf{M}_2 par rapport à \mathbf{M}_1 . L'effet de spin latéral déstabilise la couche sensible par accroissement des fluctuations de son aimantation.

20 A l'inverse, en Fig. 3D, un électron issu d'une première zone \mathbf{Z}_1 de la couche sensible, polarisé selon l'aimantation locale \mathbf{M}_1 de cette zone, a une probabilité non négligeable, dans son mouvement brownien, d'être rétrodiffusé vers l'interface au sein
25 de la couche non-magnétique. S'il revient vers une zone \mathbf{Z}_2 de la couche sensible d'aimantation locale \mathbf{M}_2 , distincte de \mathbf{M}_1 , son spin \mathbf{s} s'oriente de manière parallèle à \mathbf{M}_2 , en transférant son moment magnétique à la couche sensible. Ce transfert est équivalent à un

couple qui tend à aligner l'aimantation \mathbf{M}_2 dans la direction de \mathbf{M}_1 . Dans ce cas, l'effet transfert de spin latéral stabilise la couche sensible par uniformisation de son aimantation.

5 L'effet de transfert de spin latéral est un transfert de spin qu'exerce la couche sensible sur elle-même, grâce au couplage latéral exercé par les électrons ayant traversé ou ayant été réfléchis par l'interface.

10

La Fig. 4 illustre la structure d'un capteur selon l'invention.

Le capteur 400 comprend deux écrans métalliques 401 et 402 servant à délimiter la zone de mesure du champ magnétique, à amener un courant continu et à récupérer la tension de mesure.

Il comprend en outre essentiellement, comme dans l'art antérieur, une première couche magnétique 410, dont l'aimantation est piégée par une couche antiferromagnétique (non représentée), et une couche magnétique libre 430, constituant la couche sensible. Une couche séparatrice non magnétique 420 permet le découplage de la couche piégée et de la couche sensible. La couche séparatrice peut être une couche métallique, typiquement en Cu, éventuellement arrangée en sandwich avec une couche d'oxyde discontinue pour confiner les lignes de courant, ou encore une fine couche isolante, par exemple de l'alumine ou de la magnésie (MgO). On obtient respectivement une vanne de spin, une vanne de spin à confinement de courant, ou une jonction tunnel magnétique.

La couche antiferromagnétique peut être constituée en alliage IrMn, PtMn, PtPdMn. La couche piégée est par exemple une couche simple de CoFe 3nm ou bien fait partie d'une structure antiferromagnétique synthétique
5 CoFe/Ru/CoFe comme on le verra plus loin.

La première couche magnétique piégée, 410, possède une aimantation \mathbf{M}_T orientée selon une direction fixe, sensiblement parallèle à la direction du champ magnétique extérieur \mathbf{H}_{ext} que l'on cherche à mesurer. La
10 couche magnétique libre possède, en absence de champ magnétique extérieur, une aimantation \mathbf{M} dans le plan de celle-ci, orthogonale à l'aimantation de la première couche. Cette orientation orthogonale peut être obtenue en appliquant un champ magnétique de biais (*bias magnetic field*)
15 au moyen d'un couple d'aimants permanents latéraux, par exemple en alliage CoCr, situés de part et d'autre de l'élément magnétorésistif. Alternativement, dans le cas où cet élément est une jonction tunnel, l'orientation orthogonale de
20 l'aimantation de la couche libre peut être obtenue par une couche d'aimant permanent située dans l'empilement (*in-stack bias*) entre la jonction tunnel et les écrans métalliques servant à l'amenée du courant. L'aimantation de la couche d'aimant permanent est
25 choisie dans le plan des couches et orthogonale à celle de la couche piégée. En se refermant en partie à travers la couche libre de la jonction tunnel, le champ magnétique généré par la couche d'aimant permanent polarise la couche libre dans la direction souhaitée.

30 Le choix d'une polarisation orthogonale dans la couche sensible permet d'obtenir une réponse linéaire

du capteur, la magnétorésistance de la vanne de spin ou de la jonction tunnel variant alors comme le cosinus de l'angle entre les aimantations de la couche sensible et de la couche piégée.

5 A la différence de l'art antérieur, le capteur 400 comprend en outre une seconde couche 440, dénommée ci-après couche de couplage latéral, destinée à contrôler l'effet de transfert de spin latéral sur la couche sensible.

10 Selon un premier mode de réalisation, le capteur comprend des moyens (par exemple une source de courant, non représentée) pour faire circuler un courant continu de la couche de couplage latéral à la couche piégée, c'est-à-dire que les électrons vont de la couche
15 sensible à la couche de couplage latéral comme dans la Fig. 3D.

 Selon le premier mode de réalisation, la couche de couplage latéral est adaptée à favoriser la rétrodiffusion des électrons vers la couche sensible
20 avec conservation du spin lors de cette rétrodiffusion. De manière générale, la couche de couplage latéral 440 comprend une couche rétrodiffusante 445, éventuellement incorporée ou adjointe à une couche métallique 443, comme illustré respectivement en Figs. 5A et 5B.
25 L'effet de spin latéral stabilise l'aimantation de la couche sensible et le bruit d'origine magnétique dans le capteur est par suite réduit lorsqu'il est utilisé dans la zone (I) de la Fig. 2.

 Le choix de la couche de couplage latéral dépend
30 de la nature de la couche séparatrice 420. En effet, la résistance de la couche de couplage latéral est en

série avec la magnétorésistance de l'empilement couche piégée/couche séparatrice/couche sensible (vanne de spin ou jonction tunnel). Or, la résistance de la couche de couplage est sensiblement indépendante du champ magnétique mesuré, ce qui réduit la variation relative de résistance $\Delta R/R$ du capteur et donc sa sensibilité. On choisit donc avantageusement une couche de couplage latéral de résistance sensiblement plus faible que celle de l'empilement couche piégée/couche séparatrice/couche sensible.

Par exemple, si la couche séparatrice est une barrière tunnel, la couche rétrodiffusante 445 pourra être selon le cas :

- a) une seconde barrière tunnel plus fine et/ou ayant une plus faible hauteur de barrière que la première barrière tunnel, isolante ou semiconductrice ;
- b) une couche de confinement de courant, c'est à dire une couche isolante discontinue assurant le confinement des chemins de courant ;
- c) une couche métallique de plus forte résistivité que la couche métallique 443, directement en contact avec la couche sensible.

La résistivité surfacique de la seconde barrière tunnel/couche de confinement de courant sera choisie sensiblement inférieure à celle de la première barrière tunnel.

Si la couche séparatrice est une couche à confinement de courant, la couche rétrodiffusante 445 pourra être selon le cas :

- a) une très fine barrière tunnel, isolante ou semiconductrice ;
- b) une seconde couche à confinement de courant ;
- c) une couche métallique de plus forte résistivité
5 que la couche métallique 443, directement en contact avec la couche sensible.

La résistivité surfacique de la barrière tunnel/
seconde couche de confinement de courant sera choisie
sensiblement inférieure à celle de la première couche
10 de confinement de courant.

Enfin, si la couche séparatrice est une couche
métallique, la couche rétrodiffusante 445 est de
préférence une couche métallique de plus forte
15 résistivité que la couche métallique 443, qui
l'incorpore ou qui lui est adjointe, et qui est
directement en contact avec la couche sensible.

Pour que les électrons conservent autant que
possible leur spin au cours de leur mouvement de
20 rétrodiffusion, il faut éviter d'introduire dans la
couche de couplage latéral des éléments tendant à
produire un basculement du spin (spin-flip) comme le
Pd, Pt, Mn, Au.

25 Selon un second mode de réalisation de
l'invention, le capteur comprend des moyens (par
exemple une source de courant non représentée) pour
faire circuler un courant continu de la couche piégée à
la couche de couplage latéral, c'est-à-dire que les
30 électrons vont de la couche de couplage latéral à la
couche sensible comme dans la Fig. 3C.

Selon le second mode de réalisation, la couche de couplage latéral est adaptée à réduire la diffusion latérale des électrons (réfléchis par la couche sensible) et/ou à produire une perte de mémoire de spin des électrons rétrodiffusés. De cette manière, les fluctuations d'aimantation dans la couche sensible ne sont pas amplifiées par l'effet de transfert de spin latéral. Ceci permet de maintenir à un niveau relativement peu élevé le bruit d'origine magnétique dans le capteur magnétorésistif.

Le choix de la couche de couplage latéral dépend là aussi de la nature de la couche séparatrice.

Par exemple, si la couche séparatrice est une barrière tunnel ou une couche à confinement de courant, la couche de couplage latéral pourra comprendre selon le cas :

a) une couche de résistivité électrique élevée, dans laquelle les électrons auront un court libre parcours moyen. Par court libre parcours moyen, on entend un libre parcours moyen inférieur à la dimension latérale caractéristique des zones d'aimantation uniforme de la couche sensible ;

b) une couche métallique de faible résistivité mais contenant des impuretés provoquant un basculement de spin des électrons.

Enfin, si la couche séparatrice est une couche métallique, la couche de couplage latéral pourra comprendre une couche métallique de faible résistivité

contenant des impuretés provoquant un basculement de spin.

Le capteur magnétorésistif selon l'invention peut
5 être réalisé de la manière suivante.

On procède tout d'abord, de préférence, au dépôt
d'une couche tampon non-magnétique sur une électrode
d'amenée de courant, par exemple l'un des écrans
métalliques délimitant la zone de mesure. Cette couche
10 tampon a pour but de promouvoir la croissance de la
structure et peut être constituée par exemple par
NiFeCr 5nm. On réalise ensuite successivement :

(a) une première couche antiferromagnétique de
15 piégeage par exemple en PtMn, PtPdMn, ou IrMn,
préférentiellement en PtMn d'épaisseur 15 à 25nm ;

puis, soit l'option (b1) ou l'option (b2)
suivante :

20

(b1) une couche magnétique simple directement en
contact avec la couche antiferromagnétique, par exemple
une couche en alliage CoFe, riche en Co, d'épaisseur
typique de l'ordre de 3nm. Cette couche simple
25 constitue alors la couche magnétique piégée du capteur
selon l'invention ; ou bien

(b2) une couche composite ferrimagnétique
artificielle constituée par :

30 - une première sous-couche piégée en contact avec
la couche antiferromagnétique, par exemple une couche

en alliage CoFe riche en Co d'épaisseur typique de l'ordre de 3nm ;

- une couche de couplage antiferromagnétique de Ru d'épaisseur typique entre 0.5 et 1nm ;

5 - une seconde sous-couche piégée qui constitue en fait la couche magnétique piégée 410 du capteur 400. Cette seconde sous-couche piégée peut être en CoFe, riche en Co. Elle peut aussi être en CoFeB ou en CoFe, de structure cubique centrée, si la couche séparatrice
10 est isolante, en MgO ;

(c) une couche non magnétique constituant la couche séparatrice du capteur selon l'invention. Elle peut être isolante, par exemple en alumine ou en MgO ou
15 en TiO_x , pour réaliser une barrière tunnel. Elle peut être aussi métallique, par exemple en Cu, pour réaliser une vanne de spin. Elle peut être enfin une couche composite d'isolant et de métal, par exemple produite
20 par oxydation d'une fine couche d'alliages $Al_{1-x}Cu_x$ avec x entre 0.005 et 0.05 volumique, pour réaliser une structure à confinement de courant ;

(d) une couche en alliage CoFe, riche en Co, en particulier $Co_{90}Fe_{10}$, constituant la couche sensible du
25 capteur selon l'invention. Cette couche peut être alternativement formée par l'association de deux sous-couches Co et Fe, d'épaisseur totale 1nm, directement en contact avec la première couche séparatrice puis une
couche NiFe 3nm pour augmenter la douceur magnétique de
30 la couche précédente.

Cependant, si la première couche séparatrice sous-jacente est en MgO avec une structure cubique centrée, on préférera utiliser un alliage CoFe présentant la même structure ou un alliage CoFeB amorphe que l'on recuira ensuite. On réduit ainsi les défauts d'appariement de réseau à l'interface ;

(e) une couche de couplage latéral dont on distinguera la composition selon le mode de réalisation de l'invention.

Dans le cas du premier mode de réalisation, la composition de la couche de couplage dépend, comme on a vu précédemment, de la nature de la couche séparatrice.

Si la couche séparatrice forme une barrière tunnel, la couche de couplage latéral peut comprendre, selon le cas :

e₁) une seconde barrière tunnel très fine, par exemple une couche isolante de même matériau que la première barrière tunnel, mais de plus faible épaisseur, par exemple entre 0.3 et 0.6 nm ;

e₂) une couche isolante discontinue, permettant le confinement de chemins de courant, par exemple une couche de TiO_x, ou une nanocouche d'oxyde non magnétique, par exemple TaO. Cette couche isolante discontinue peut être aussi réalisée par oxydation d'un alliage ou d'une bicouche AlCu comprenant quelques % de Cu ;

e₃) une bicouche métallique comprenant une première sous-couche d'un métal de faible résistivité

directement en contact avec la couche sensible,
et une seconde sous-couche d'un métal de plus
forte résistivité que celui de la première
sous-couche, ou dont l'interface avec la
5 première sous-couche présente une forte
résistivité ou une marche de potentiel pour les
électrons, par exemple une première sous-couche
en Cu et une seconde sous-couche en
Ta, Ru, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, W ou Re.

10

Si la couche séparatrice est une couche à
confinement de courant, la couche de couplage latéral
peut être également selon l'une des options (e₁), (e₂) ou
(e₃) précédentes. Pour les options (e₁) et (e₂), la
15 barrière tunnel/ seconde couche de confinement doit
être de plus faible résistivité que celle de la
première couche à confinement de courant.

Si la couche séparatrice est une couche
20 métallique, la couche de couplage latéral comprendra de
préférence une première sous-couche métallique de
faible résistivité directement en contact avec la
couche sensible, ainsi qu'une seconde sous-couche
métallique de plus forte résistivité que la première ou
25 dont l'interface avec la première sous-couche présente
une forte résistance ou une marche de potentiel pour
les électrons. Par exemple, la première sous-couche
sera en Cu et la seconde sous-couche en Ta, Ru, Cr, Zr,
Nb, Mo, Hf, W ou Re.

30

Dans le cas du second mode de réalisation, la composition de la couche de couplage dépend, comme on l'a vu précédemment, de la nature de la couche séparatrice.

5 Si la couche séparatrice est une barrière tunnel ou une couche à confinement de courant, la couche de couplage latéral pourra comprendre, l'une ou l'autre des deux options ci-dessous (e4 et e5) :

10 e₄) une couche de résistivité électrique élevée et de 0.2nm à quelques nm d'épaisseur. Cette couche peut être par exemple en Ta, Ru, Cr ou en des alliages NiFeCr ou NiCoFeCr, conférant aux électrons un court libre parcours moyen. Cette couche peut également être constituée
15 d'une lamination de monocouches atomiques de Ta et Cu ;

e₅) une couche métallique de faible résistivité mais contenant des impuretés provoquant un basculement de spin des électrons. On pourra
20 utiliser comme impuretés des ions magnétiques tels que Mn, et/ou des éléments présentant un fort couplage spin-orbite, tels que Pd, Ru, Pt, Hf, Ta, W, Re, Ir, Au.

25 Ces deux options peuvent aussi être combinées par l'adjonction dans une couche de forte résistivité telle que décrite dans l'option (e₄), d'impuretés provoquant un basculement du spin des électrons comme indiqués dans l'option (e₅).

30

Enfin, si la couche séparatrice est métallique, la couche de couplage latéral sera alors réalisée comme dans l'option (e₅) ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Capteur magnétorésistif comprenant une première couche magnétique d'aimantation piégée (410), dite couche piégée, et une couche magnétique d'aimantation libre (430), dite couche sensible, dont l'aimantation, en absence de champ extérieur, est sensiblement orthogonale à l'aimantation de la couche piégée, lesdites couches piégée et sensible étant séparées par une première couche séparatrice (420) de découplage magnétique, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche (440), dite de couplage latéral, située du côté de la couche sensible opposé à celui de la couche séparatrice et adaptée à rétrodiffuser, avec conservation de spin, les électrons vers la couche sensible, ainsi que des moyens pour faire circuler un courant continu de la couche de couplage latéral à la couche piégée.

2. Capteur magnétorésistif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche séparatrice est une première couche isolante, formant une première barrière tunnel.

3. Capteur magnétorésistif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche séparatrice est une première couche isolante discontinue adaptée à confiner le courant qui la traverse selon une pluralité de chemins de courant.

4. Capteur magnétorésistif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche séparatrice est une première couche métallique non magnétique.

5 5. Capteur magnétorésistif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la couche de couplage latéral comprend une seconde couche isolante ou semiconductrice formant une seconde barrière tunnel et de résistivité surfacique inférieure à celle de la
10 couche séparatrice.

6. Capteur magnétorésistif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la couche de couplage latéral comprend une seconde couche isolante
15 discontinue adaptée à confiner le courant qui la traverse et de résistivité surfacique inférieure à celle de la couche séparatrice.

7. Capteur magnétorésistif selon la revendication
20 2,3 ou 4, caractérisé en ce qu'elle comprend une seconde couche métallique (443), directement en contact avec la couche sensible, ladite seconde couche métallique incorporant ou étant adjointe à une troisième couche métallique (445) de plus forte
25 résistivité que la seconde couche métallique.

8. Capteur magnétorésistif comprenant une première couche magnétique d'aimantation piégée (410), dite couche piégée, et une couche magnétique
30 d'aimantation libre (430), dite couche sensible, dont l'aimantation, en absence de champ extérieur, est

sensiblement orthogonale à l'aimantation de la couche piégée, lesdites couches piégée et sensible étant séparées par une première couche séparatrice (420) de découplage magnétique, caractérisé en ce qu'il
5 comprend en outre une couche (440), dite de couplage latéral, située du côté de la couche sensible opposé à celui de la couche séparatrice et adaptée à réduire la diffusion latérale des électrons et/ou à produire une perte de mémoire de spin, ainsi que des moyens pour
10 faire circuler un courant continu de la couche piégée à la couche de couplage latéral.

9. Capteur magnétorésistif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche séparatrice est une
15 première couche isolante, formant une première barrière tunnel.

10. Capteur magnétorésistif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche
20 séparatrice est une première couche isolante discontinue adaptée à confiner le courant qui la traverse selon une pluralité de chemins de courant.

11. Capteur magnétorésistif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche
25 séparatrice est une première couche métallique non magnétique.

12. Capteur magnétorésistif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que la couche
30 de couche de couplage latéral est de résistivité

élevée, telle que le libre parcours moyen des électrons à l'intérieur de cette couche soit inférieur à la dimension latérale caractéristique des zones d'aimantation uniforme de la couche sensible.

5

13. Capteur magnétorésistif selon la revendication 9, 10 ou 11 caractérisé en ce que la couche de couplage latéral est une seconde couche métallique de faible résistivité et comprend des impuretés adaptées à provoquer un basculement de spin.

10

14. Capteur magnétorésistif selon les revendications 11 et 13, caractérisée en ce que la seconde couche métallique présente une résistivité inférieure à celle de la première couche métallique.

15

15. Capteur magnétorésistif selon la revendication 2 ou 9, caractérisé en ce que la première couche séparatrice est en alumine, en MgO, ou en TiO_x .

20

16. Capteur magnétorésistif selon la revendication 4 ou 11, caractérisé en ce que la première couche métallique est en Cu.

25

17. Capteur magnétorésistif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la seconde couche isolante est en alumine, en MgO, ou en TiO_x .

18. Capteur magnétorésistif selon les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la seconde couche isolante est en TiO_x ou une nanocouche de TaO.

30

5 **19.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la seconde couche isolante est réalisée par oxydation d'un alliage ou d'une bicouche AlCu.

10 **20.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la seconde couche métallique est en Cu et que la troisième couche métallique appartient au groupe constitué par Ta, Ru, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, W, Re.

15 **21.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la couche de couplage latéral est en Ta, Ru ou Cr.

20 **22.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la couche de couplage latéral est en alliage NiFeCr ou NiCoFeCr.

25 **23.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la couche de couplage latéral est constituée d'une lamination de monocouches atomiques de Ta et Cu.

30 **24.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdites impuretés appartiennent au groupe constitué par Mn, Pd, Ru, Pt, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Au.

25. Capteur magnétorésistif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche ferrimagnétique synthétique, constituée d'une première et d'une seconde sous-couches magnétiques prenant en sandwich une sous-couche de couplage antiferromagnétique, la première sous-couche magnétique étant piégée par une couche antiferromagnétique de piégeage, la seconde sous-couche magnétique constituant ladite couche piégée (410).

10

26. Capteur magnétorésistif selon la revendication 25, caractérisé en ce que la couche ferrimagnétique synthétique est CoFe/Ru/CoFe où les sous-couches magnétiques de CoFe ont une épaisseur entre 1 et 5nm et la première sous-couche de couplage antiferromagnétique de Ru a une épaisseur de 0.5 à 1 nm.

15

27. Capteur magnétorésistif selon la revendication 25, caractérisé en ce que la couche ferrimagnétique synthétique est CoFe/Ru/CoFeB ou CoFe/Ru/CoFe où les sous-couches magnétiques de CoFe et CoFeB ont une épaisseur entre 1 et 5nm et la première sous-couche de couplage antiferromagnétique de Ru a une épaisseur de 0.5 à 1 nm et la seconde sous-couche magnétique est en alliage CoFeB ou CoFe à structure cubique centrée.

20

25

28. Capteur magnétorésistif selon la revendication 25, 26 ou 27, caractérisé en ce que la

30

couche antiferromagnétique de piégeage est en PtMn, PtPdMn, ou IrMn.

5 **29.** Capteur magnétorésistif selon la revendication 28, caractérisé en ce que la couche antiferromagnétique de piégeage est en PtMn avec une épaisseur de 15 à 25 nm.

10 **30.** Capteur magnétorésistif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche sensible est en alliage CoFe, en particulier $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$.

15 **31.** Capteur magnétorésistif selon l'une des revendications 1 à 29, caractérisé en ce que la couche sensible est constituée de deux sous-couches, l'une de Co ou d'alliage CoFe, d'une épaisseur de 0.5nm à 2nm, directement à l'interface avec la couche séparatrice, l'autre, de NiFe d'épaisseur de 1.5 à 5nm.

20

1/8

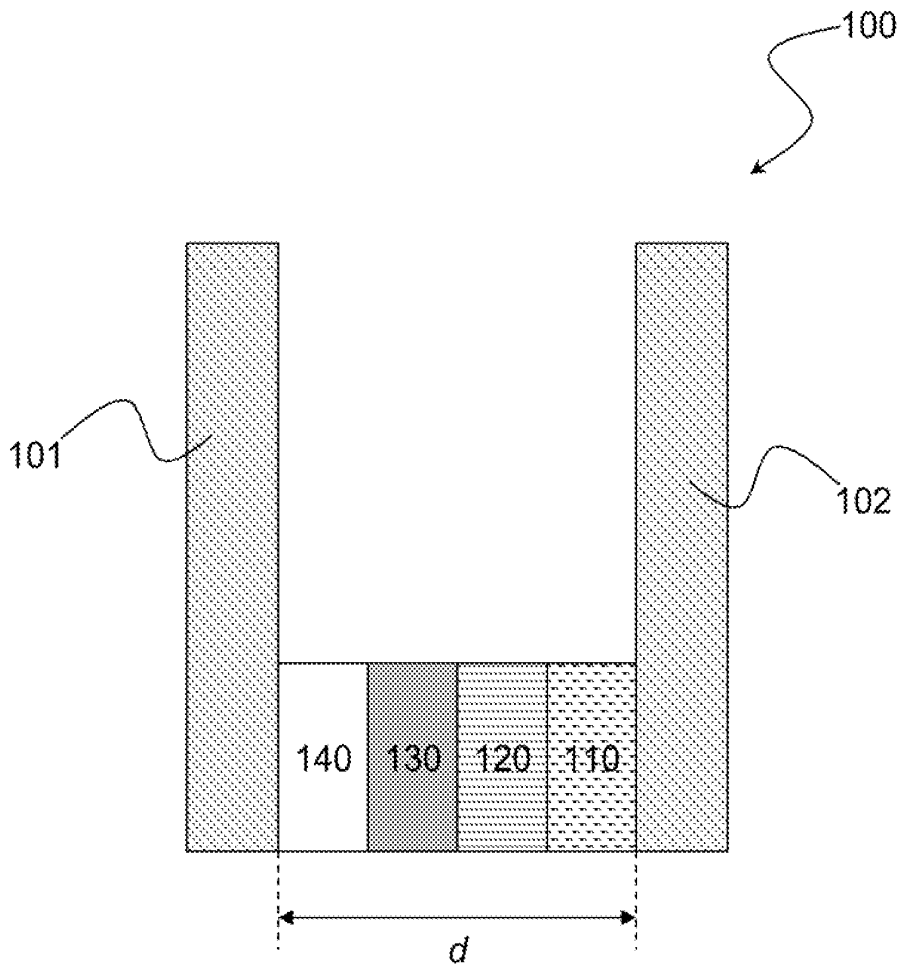
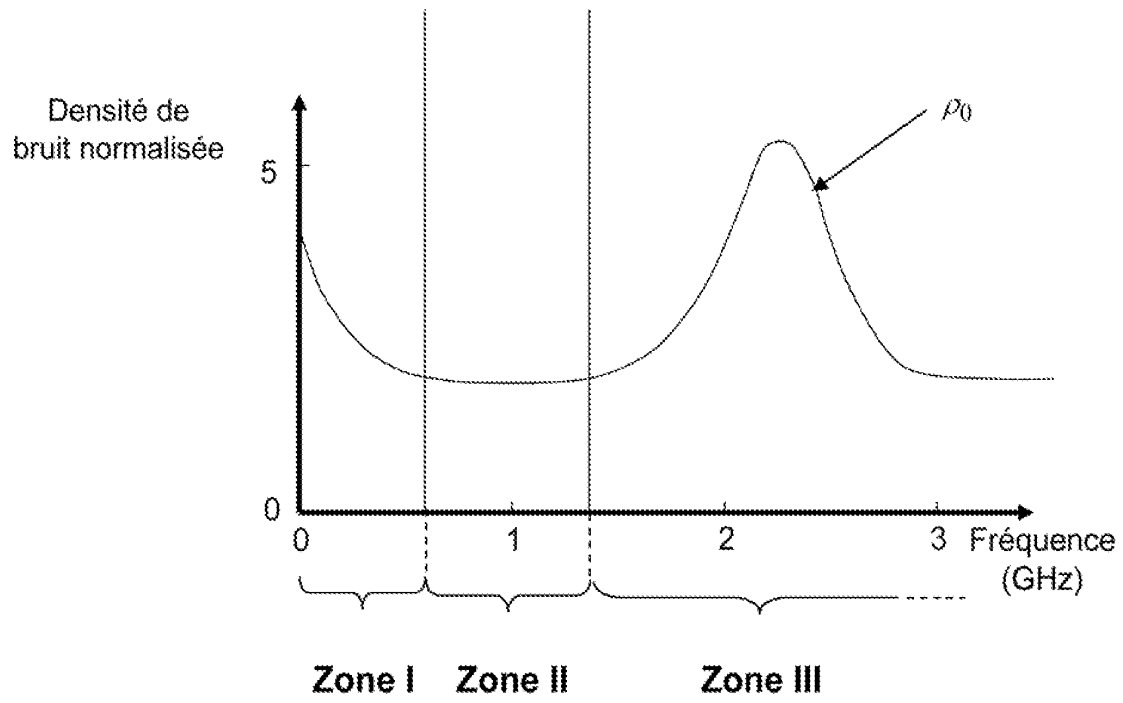
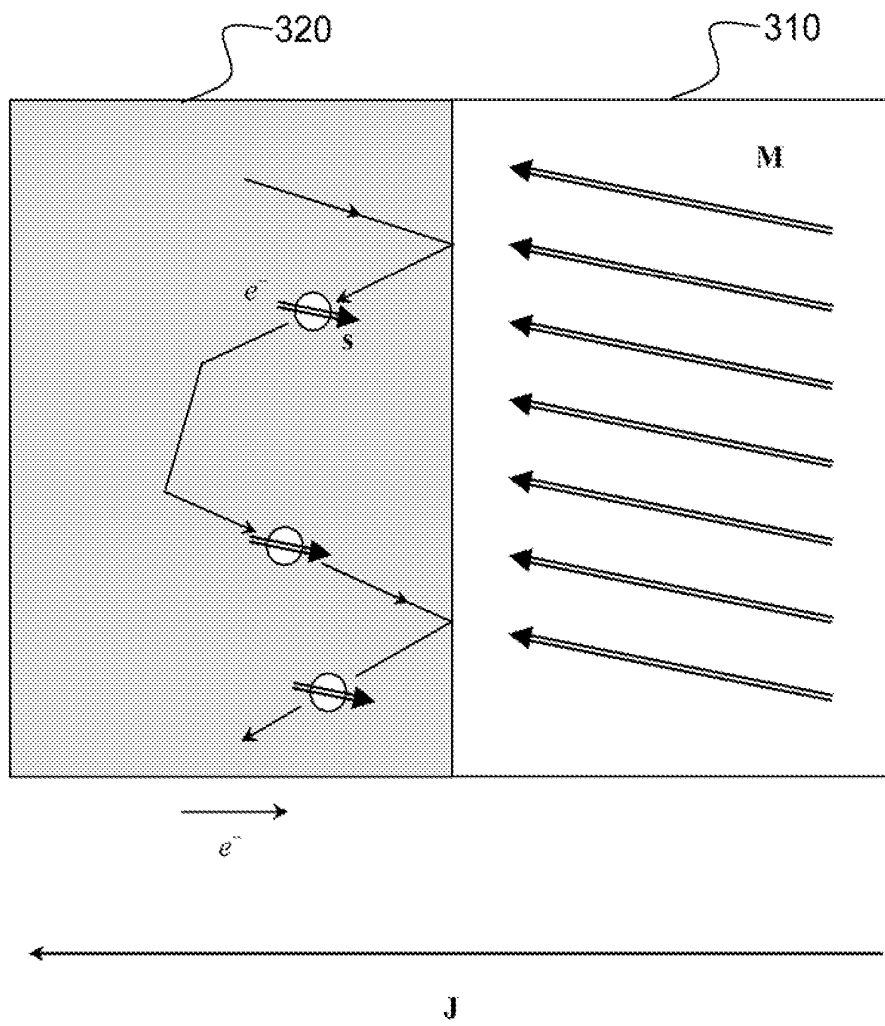


Fig. 1

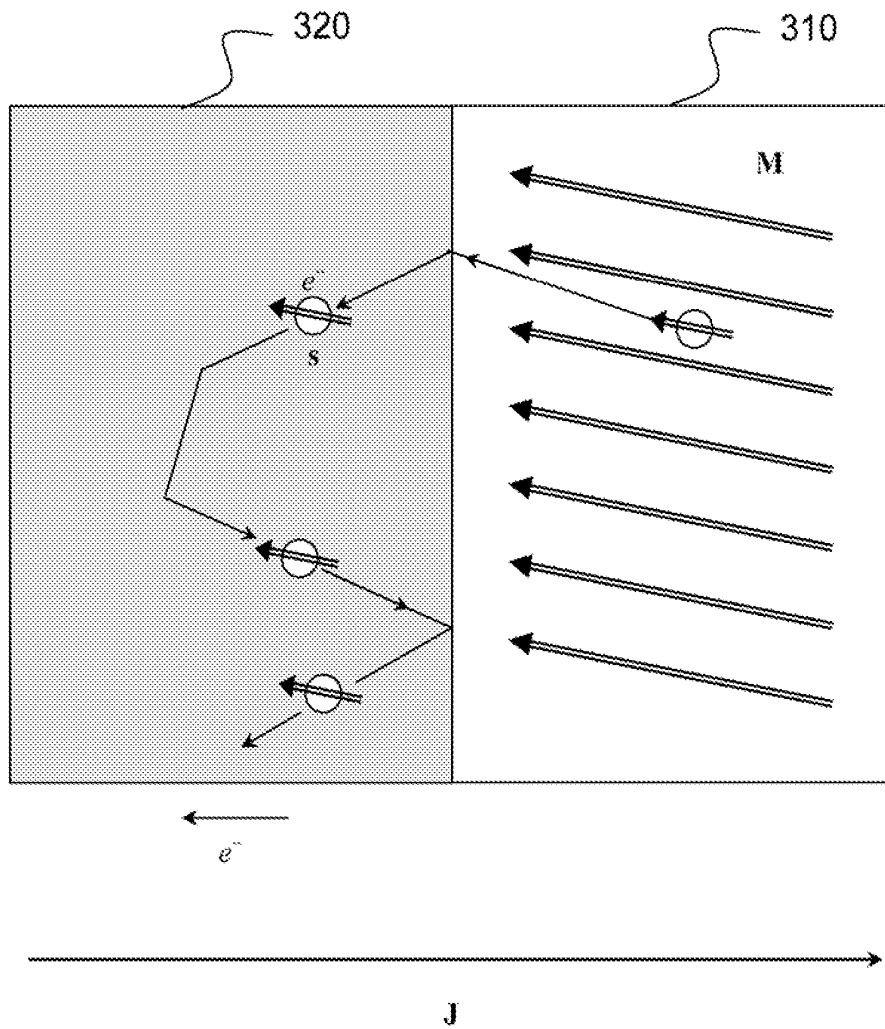
2/8

**Fig. 2**

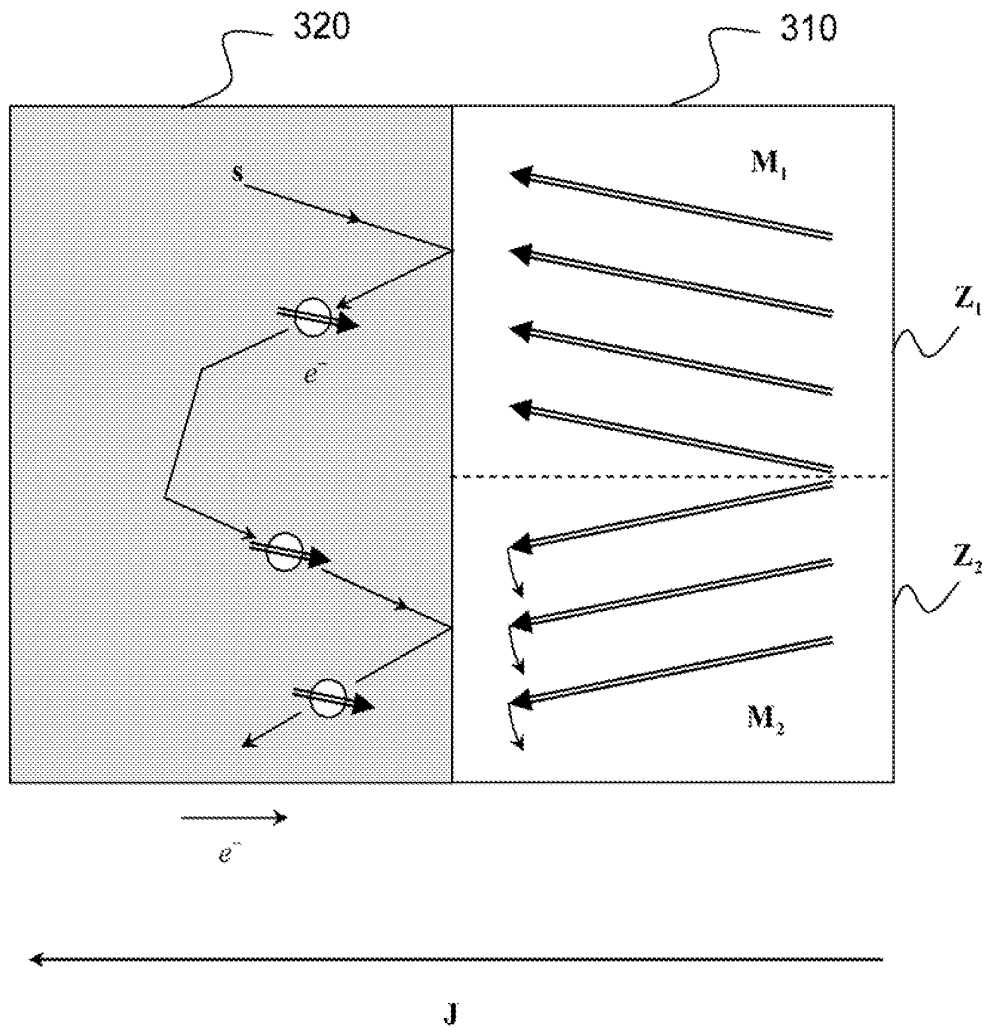
3/8

**Fig. 3A**

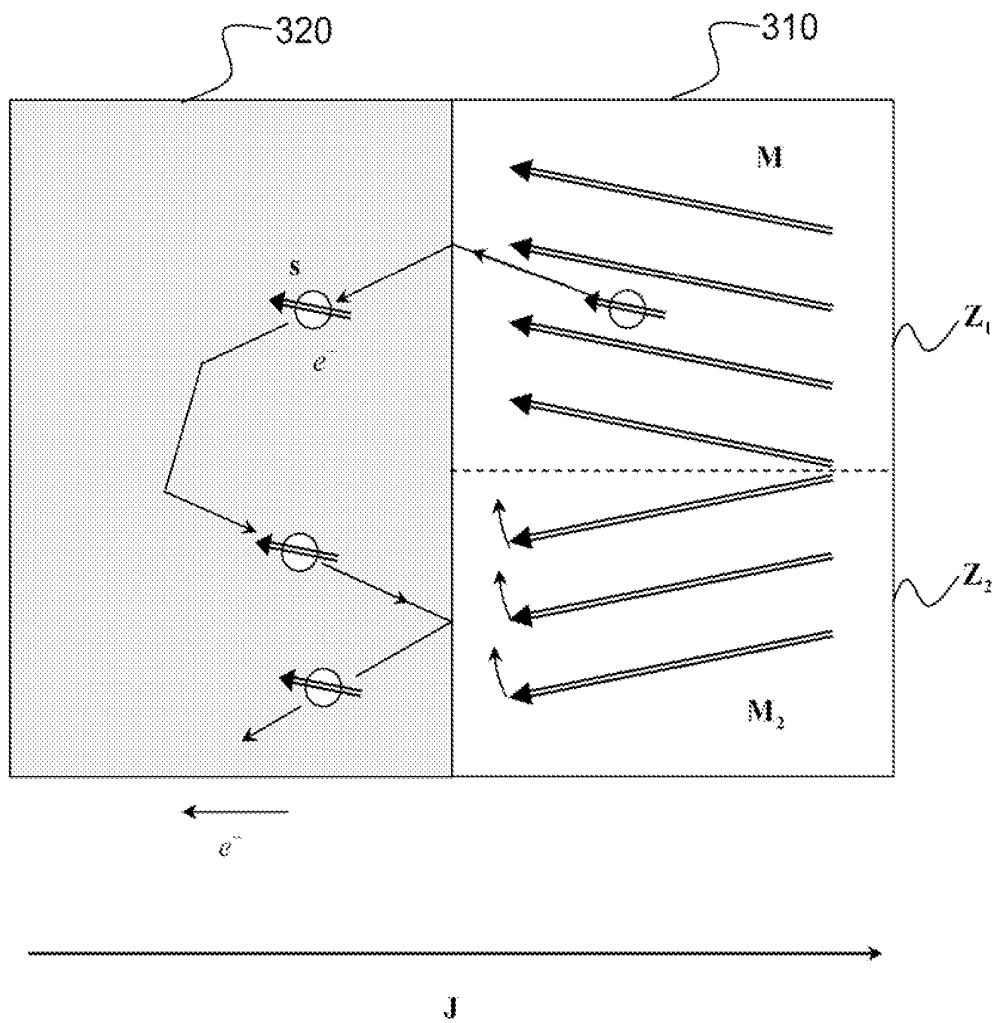
4/8

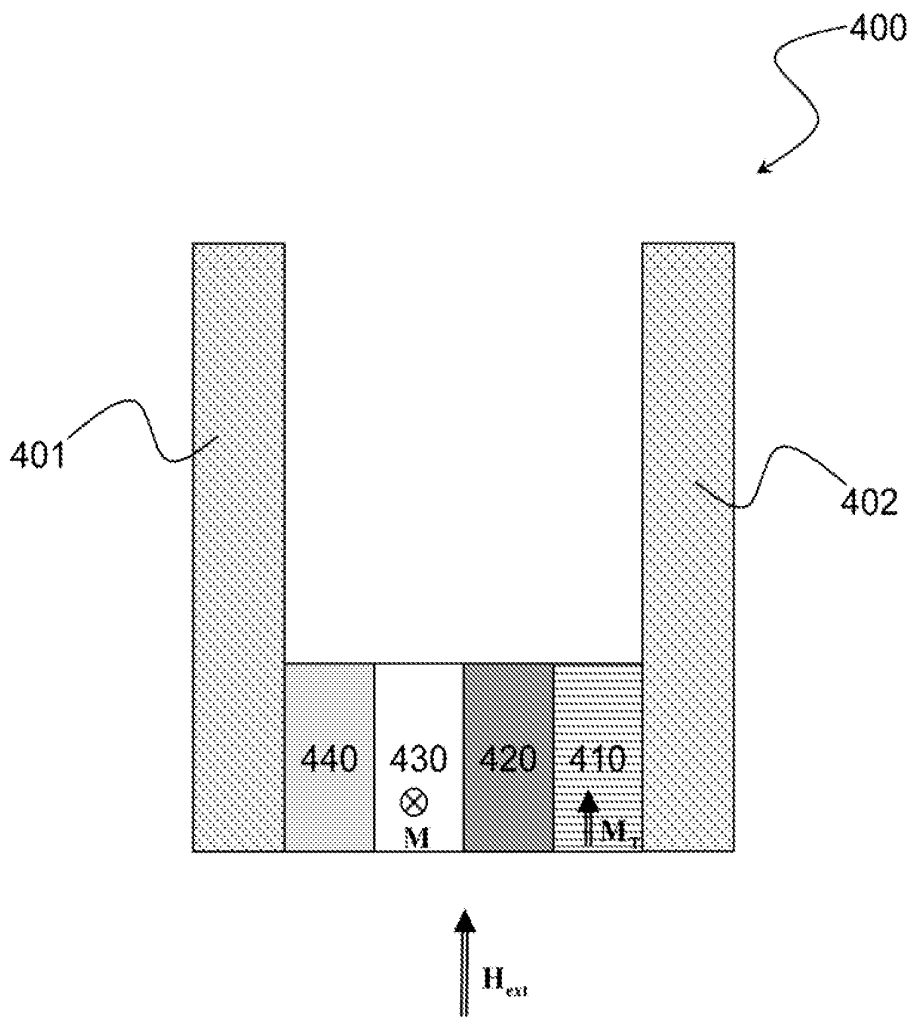
**Fig. 3B**

5/8

**Fig. 3C**

6/8

**Fig. 3D**

**Fig. 4**

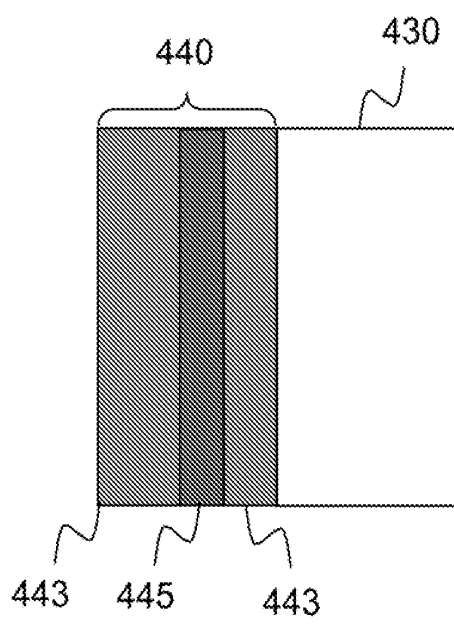


Fig. 5A

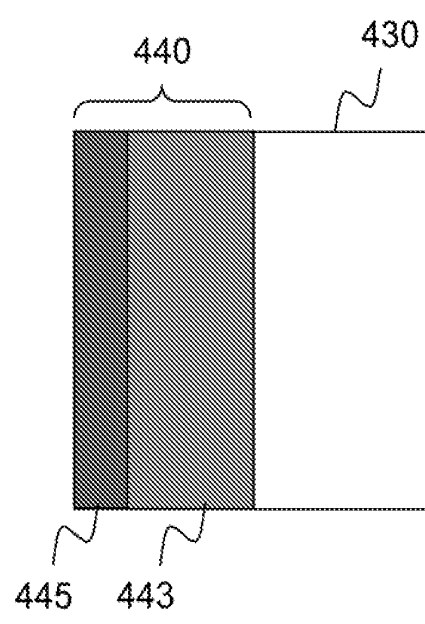


Fig. 5B



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 694546
FR 0756395

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2006/050446 A1 (ISHIZONE MASAHIKO [JP] ET AL) 9 mars 2006 (2006-03-09)	1,4,8,9, 11-13, 15-17, 21, 24-26, 28,30,31	G01R33/09
A	* alinéa [0103] - alinéa [0119] *		
Y	-----	3,7,10, 14, 18-20, 22,23, 27,29	
X	US 2005/280958 A1 (SAITO MASAMICHI [JP] ET AL) 22 décembre 2005 (2005-12-22)		
Y	-----	8,9, 11-13, 15-17, 21, 24-26, 28,30,31	
A	* alinéa [0011] - alinéa [0031] *		
		7,10,14, 18-20, 22,23, 27,29	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01R G11B
X	US 2005/041342 A1 (HUAI YIMING [US] ET AL) 24 février 2005 (2005-02-24)	1,4,8,9, 11-13, 15-17, 21, 24-26, 28,30,31	
A	* alinéa [0058] - alinéa [0060] *		
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 juin 2008		Böhm-Pélissier, A	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 694546
FR 0756395

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>POLIANSKI M L ET AL: "Current-induced transverse spin-wave instability in a thin nanomagnet" PHYSICAL REVIEW LETTERS APS USA, vol. 92, no. 2, 16 janvier 2004 (2004-01-16), pages 026602/1-4, XP002483059 ISSN: 0031-9007 * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-31	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 juin 2008		Böhm-Pélissier, A	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0756395 FA 694546**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 05-06-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006050446 A1	09-03-2006	US 2006250727 A1	09-11-2006
US 2005280958 A1	22-12-2005	JP 2006005185 A	05-01-2006
US 2005041342 A1	24-02-2005	AUCUN	