

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 décembre 2012 (27.12.2012)

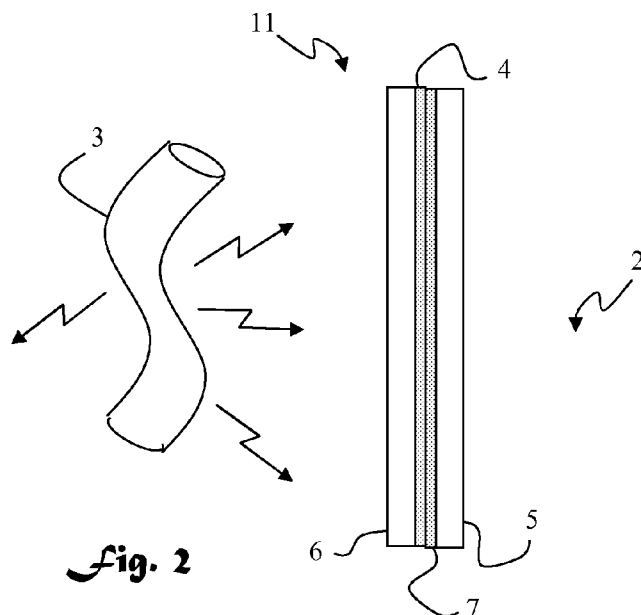
WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/175846 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
H05K 9/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/051328
- (22) Date de dépôt international :
14 juin 2012 (14.06.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1155411 20 juin 2011 (20.06.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **RENAULT SAS** [FR/FR]; 13-15 Quai le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **STAEBLER, Patrick** [FR/FR]; 12 rue du bout du monde, F-78810 Feucherolles (FR).
- (74) Représentant commun : **RENAULT SAS**; Tcr Gra 2 36, 1 avenue du Golf, F-78280 Guyancourt (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : DEVICE FOR PROTECTING A SPACE ADJACENT TO A MAGNETIC SOURCE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SUCH A DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF POUR PROTEGER UN ESPACE A PROXIMITE D'UNE SOURCE MAGNETIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL DISPOSITIF



(57) Abstract : In order to protect a space (2) adjacent to a magnetic source (3) from magnetic energy radiated by said source, the device (11) of the invention includes one or two sheets (4) of ferromagnetic material. Each sheet extends between the space (2) and the source (3). The device further includes one or two sheets (5, 6) of a diamagnetic or paramagnetic electrically-conductive material, one of which extends between the sheet (4) and the space (2) being protected, and the other additional sheet extending between the sheet (4) of ferromagnetic material and the magnetic source (3).

(57) Abrégé : Pour protéger un espace (2) à proximité d'une source magnétique (3), contre une énergie magnétique rayonnée par la source, le dispositif (11) comprend une ou deux feuilles (4) de matériau ferromagnétique. Chaque feuille est déployée entre l'espace (2) et la source (3). Le dispositif comprend de plus une ou deux feuilles (5, 6) de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique, l'une étant déployée entre la feuille (4) et l'espace à protéger (2), l'autre supplémentaire étant déployée entre la feuille (4) de matériau ferromagnétique et la source magnétique (3).

WO 2012/175846 A1

Dispositif pour protéger un espace à proximité d'une source magnétique et procédé de fabrication d'un tel dispositif.

5 L'invention concerne un dispositif qui permet de protéger un espace à proximité d'une source magnétique.

L'énergie magnétique rayonnée dans un espace à proximité d'une source magnétique peut perturber le fonctionnement de dispositifs électroniques
10 (compatibilité électromagnétiques) et/ou présenter un danger pour un être humain qui occupe cet espace lorsque cette énergie résulte d'une puissance élevée même de courte durée ou d'une puissance plus faible mais à laquelle l'être humain est exposé plus longtemps.

15 Généralement un tel dispositif comprend un blindage ou écran multicouche, comme par exemple celui décrit dans le document EP1399929. Le blindage divulgué par ce document est enroulé autour d'un câble électrique. Il comprend au moins deux couches de matériau
20 ferromagnétique.

Ce mode de blindage n'est pas approprié lorsque la source magnétique est de forme plus complexe qu'une simple forme tubulaire rectiligne. Ce peut être le cas lorsque la source magnétique ne se limite pas au câble
25 lui-même mais englobe aussi des bornes de connexion ou divers équipement électroniques de puissance. Ce peut être le cas aussi pour un câble en soi lorsque celui-ci subit certaines courbures en mode statique dans le cheminement d'un équipement électrique à un autre ou en
30 mode dynamique lorsque les câbles sont raccordés à des équipements mobiles. Ces courbures peuvent amener des ruptures dans les couches de matériau ferromagnétique qui ne permettent plus alors de canaliser correctement les

lignes de champ magnétique et qui font alors perdre au blindage ses qualités d'écran magnétique.

En vue de remédier aux problèmes de l'état antérieur de la technique, l'invention a pour objet un dispositif
5 pour protéger un espace à proximité d'une source magnétique, contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source, comprenant une première feuille de matériau ferromagnétique déployée entre ledit espace et
10 ladite source. Le dispositif est remarquable en ce qu'il comprend une première feuille de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique qui est déployée entre ladite première feuille de matériau ferromagnétique et ledit espace à protéger.

Particulièrement, le dispositif comprend une
15 deuxième feuille de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique qui est déployée entre ladite première feuille de matériau ferromagnétique et ladite source magnétique.

Plus particulièrement, le dispositif comprend une
20 deuxième feuille de matériau ferromagnétique qui est déployée entre ladite première feuille de matériau ferromagnétique et ladite première feuille de matériau électriquement conducteur.

Avantageusement, la ou les dites feuilles de
25 matériau électriquement conducteur est ou sont de superficie supérieure à celle de la ou les feuilles de matériau ferromagnétique de manière à couvrir intégralement la ou les dites feuilles de matériau ferromagnétique.

30 De préférence, le matériau ferromagnétique a une perméabilité magnétique relative de valeur élevée supérieure à 100 000.

Particulièrement, le matériau ferromagnétique est un alliage amorphe à base de fer et à structure nanocristalline non orientée.

5 Plus particulièrement, ledit alliage comprend un élément chimique d'un groupe comprenant le cobalt et le nickel.

Plus particulièrement encore, au moins une feuille de matériau ferromagnétique est recouverte d'au moins une couche de matériau électriquement isolant.

10 De préférence aussi, le matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique comprend de l'aluminium.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un dispositif pour protéger un espace à 15 proximité d'une source magnétique contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source. Le procédé est remarquable en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- façonner une première feuille de matériau 20 électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique de façon à pouvoir la déployer avec une première face en regard dudit espace à protéger ;

- déployer une ou plusieurs feuilles de matériau 25 ferromagnétique sur une deuxième face de ladite première feuille de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique, opposée à ladite première face de ladite première feuille de matériau électriquement conducteur.

Particulièrement, le procédé de fabrication comprend 30 en outre des étapes consistant à :

- façonner une deuxième feuille de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou

paramagnétique de façon à pouvoir la déployer avec une première face en regard de la source magnétique ;

- positionner ladite deuxième feuille de matériau électriquement conducteur de sorte que la ou les feuilles de matériau ferromagnétique sont déployées sur une deuxième face de ladite deuxième feuille de matériau électriquement conducteur, opposée à ladite première face de ladite deuxième feuille de matériau électriquement conducteur.

L'invention couvre spécialement un objet mobile comprenant au moins un organe électrique qui est une source de rayonnement magnétique. L'objet mobile est marquant en ce qu'il comprend un dispositif selon l'invention de façon à assurer une protection de masse faible contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source.

Notamment, l'objet mobile couvert par l'invention est un véhicule automobile comprenant un habitacle qui comporte un espace à proximité du dit organe. De manière avantageuse, le dispositif conforme à l'invention est disposé dans le véhicule automobile entre l'organe et l'habitacle.

L'invention est particulièrement intéressante pour toute application où la légèreté, en d'autres termes le gain de masse est important, par exemple tous véhicules (aéronefs, trains, ...), systèmes portatifs ou autres objets mobiles.

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif conforme à l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique d'un autre dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 3 est une vue éclatée de composants façonnés et combinés conformément au procédé selon l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique d'un véhicule automobile conforme à l'invention.

La figure 1 montre un dispositif 1 pour protéger un espace 2 à proximité d'une source magnétique 3, contre une énergie magnétique rayonnée par la source 3.

Un tel dispositif est nécessaire dans de nombreux domaines pour protéger un être humain contre l'énergie magnétique rayonnée par des appareils qui lui sont utiles par ailleurs.

Notamment, le véhicule 22 représenté en figure 4 comprend des roues 24, 25 et une machine 23 pour entraîner tout ou partie de ces roues. La machine 23 est contrôlée par un bloc d'alimentation électrique 13.

Lorsque la machine 23 est un moteur thermique, le bloc d'alimentation électrique 13, d'une première nature, génère par exemple des séquences d'allumage dans le cas d'une combustion essence et/ou des séquences de commande d'injecteurs dans le cas d'une combustion essence ou diesel.

Lorsque la machine 23 est une machine électrique, le bloc d'alimentation électrique 13, d'une deuxième nature, génère notamment le courant électrique qui fait fonctionner la machine 23 en moteur ou en génératrice selon le sens positif ou négatif du courant. Le bloc d'alimentation électrique 13 regroupe alors une batterie et une électronique de puissance.

Le bloc d'alimentation électrique 13 et notamment le ou les câbles 33 qui relie le bloc d'alimentation

électrique à la machine 23, sont des organes qui constituent une source de champ magnétique, statique ou, notamment lorsque le courant varie, rayonné.

5 D'autres organes dans un véhicule automobile ou dans d'autres environnements, peuvent aussi constituer une source 3 de champ magnétique statique ou rayonné.

Le véhicule 22 comprend un habitacle équipé de sièges 26, 27 pour accueillir respectivement un conducteur et au moins un passager. De façon à réduire le plus possible l'encombrement du véhicule ici représenté, 10 le siège 27 est placé au dessus des organes 13, 23, 33. La partie de l'habitacle occupée par le siège 27, comporte ainsi un espace 12 à proximité de la source magnétique. L'espace 12 nécessite un dispositif 21 qui 15 fait écran au rayonnement magnétique de façon à ne pas exposer le passager à des champs magnétiques qui peuvent être préjudiciable à sa santé.

D'autres espaces peuvent nécessiter une protection pour éviter d'exposer des personnes à des champs 20 magnétiques, par exemple à titre purement illustratif et non limitatif à proximité de postes de transformation électrique ou de lignes de distribution électrique en courants forts dans une usine.

De manière générale, le dispositif 1 de la figure 1 25 comprend une feuille 4 de matériau ferromagnétique déployée entre l'espace 2 et la source magnétique 3.

On a cherché à obtenir les meilleures performances possibles de réduction de champ magnétique à proximité de 30 la source au meilleur coût et en gardant à l'esprit la nécessité de limiter le poids du dispositif 1. En effet la légèreté est un critère d'importance fondamentale dans

de nombreuses réalisations techniques, notamment dans les véhicules automobiles.

On rappelle que le théorème d'Ampère énonce de manière connue en régime permanent ou quasi permanent, un
5 lien de proportionnalité entre la circulation du champ magnétique B sur une courbe fermée et le courant électrique traversant la surface délimitée par cette courbe fermée.

On sait que dans le vide, le coefficient de
10 proportionnalité est égal à la perméabilité magnétique du vide μ_0 qui vaut $4\pi \times 10^{-7}$ Tm/A. La perméabilité magnétique μ d'un milieu différent du vide est obtenue en multipliant la perméabilité du vide par un coefficient de proportionnalité μ_r nommé perméabilité relative qui
15 caractérise le milieu.

En régime dynamique, c'est le théorème d'Ampère Maxwell qui énonce la relation entre le champ magnétique et le courant électrique en faisant intervenir les variations temporelles de champ électrique.

20 On a utilisé les connaissances ci-dessus énoncées pour faire varier un courant électrique dans la source 3 de façon à obtenir un champ magnétique généré par la source magnétique, à des fréquences qui décrivent un spectre variant de quelques Hz à plusieurs MHz.

25 En relevant l'énergie magnétique rayonnée cumulée sur une plage de fréquences inférieures à un seuil donné, on a constaté une augmentation brutale d'énergie rayonnée cumulée pour une valeur de seuil comprise entre 10 et 100 Hz puis une augmentation plus progressive pour des
30 valeurs de seuil comprises entre 100 Hz et 1000 Hz. L'énergie magnétique cumulée augmente ensuite faiblement

en tendant vers une valeur asymptotique pour des valeurs de seuil comprises entre 1000 Hz et 10 MHz.

Fort de cette constatation, on a recherché à configurer le dispositif 1 de manière à atténuer le plus
5 fortement possible les champs magnétiques compris dans une plage de fréquences variant de 10 Hz à 1kHz, voire jusqu'à 10 kHz.

Dans ces bandes de fréquences, les matériaux qui conviennent le mieux pour faire écran aux champs
10 magnétiques, sont a priori les matériaux ferromagnétiques.

Si on sait que les matériaux électriquement conducteurs paramagnétiques tels que l'aluminium permettent d'atténuer de manière appréciable les champs
15 magnétiques à fréquences élevées, ils conviennent mal pour faire écran aux champs magnétiques à basse fréquence. Alors qu'une plaque d'aluminium de dimensions limitées et de 1 mm d'épaisseur a permis d'obtenir une atténuation de -58 dB dans une bande de fréquences
20 comprises entre 100 kHz et 2 MHz, cette même plaque n'a permis qu'une atténuation limitée à seulement -2 dB pour des fréquences inférieures à 100 Hz et à seulement -7 dB pour des fréquences proches de 400 Hz.

Pour le matériau ferromagnétique, on a recherché un
25 matériau ferromagnétique possédant une perméabilité magnétique relative μ_r de valeur élevée, en d'autres termes supérieure à 100 000 de façon à obtenir une bonne efficacité à basses fréquences.

C'est par exemple le cas du mu métal composé de
30 sensiblement 77 à 80% de Nickel, de sensiblement 15% de fer complété par du cuivre et ou du molybdène. Ce matériau a la particularité d'avoir une perméabilité relative de l'ordre de 150 000 qui favorise la déviation

des lignes de champ magnétique à basse fréquence et une température de Curie de l'ordre de 420 °C qui convient très bien à des environnements chauds comme on peut en rencontrer à proximité d'un moteur.

5 En faisant évoluer la fréquence de 10 Hz à 10 MHz, on a d'une part mesuré le champ magnétique entre la source 3 et le dispositif 1 et on a d'autre part mesuré le champ magnétique dans l'espace 2 au-delà du dispositif 1 à endroits fixes de part et d'autre du dispositif 1 de
10 façon à pouvoir comparer les mesures. Pour chaque fréquence, le rapport entre les deux mesures donne une atténuation procurée par le dispositif écran.

 Une feuille de mu métal permet d'obtenir une atténuation sensiblement constante variant
15 alternativement faiblement autour de -7,5 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, diminuant jusqu'à sensiblement -17 dB dans la plage de 1 à 4 kHz puis restant sensiblement constante autour de cette dernière valeur au-delà de 4 kHz. Ces valeurs dépendent également
20 de la taille de la feuille.

 On a aussi étudié les possibilités d'utiliser un alliage amorphe à base de fer et à structure nanocristalline non orientée comme matériau ferromagnétique en vue d'augmenter les performances
25 d'atténuation. Pour distinguer cette classe de celle du mu métal, nous désignerons dans la suite de la description les matériaux qui lui appartiennent par l'acronyme ANFM (Amorphe Nanocristallin Ferro Magnétique).

30 Dans cette classe de matériaux, le NANOPERM™ est un alliage à base de fer comprenant du silicium et en quantités plus faible du cuivre, du niobium et du bore. Il permet d'atteindre une perméabilité magnétique de

200 000 selon son fournisseur. Le descriptif fournisseur indique un coefficient de magnétostriction inférieur à 0,5 ppm.

Dans cette classe de matériaux, le FINEMET™ est un alliage à base de fer qui comprend aussi un élément chimique d'un groupe comprenant le silicium. Le descriptif fournisseur indique une perméabilité magnétique relative μ_r de l'ordre de 70 000 et un coefficient de magnétostriction très faible de l'ordre de 10^{-7} . Ce coefficient de magnétostriction faible est bénéfique dans la lutte contre le bruit généré par les champs magnétiques oscillant dans les bandes de fréquence audibles.

Une feuille de FINEMET™ est une feuille de matériau ferromagnétique recouverte sur chacune de ses faces par une couche de matériau électriquement isolant.

Chaque couche de matériau électriquement isolant comporte un film de PET (Polyéthylène Téréphtalate) sur une épaisseur de 25 μm relié à la feuille de matériau ferromagnétique par une couche de matériau adhésif une épaisseur de 25 μm . L'épaisseur du matériau ferromagnétique quant à elle, étant égale à 18 μm , on obtient ainsi une feuille de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur.

En répétant la même expérience qu'avec le mu métal, une feuille de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, a permis d'obtenir une atténuation sensiblement constante variant alternativement faiblement autour de -2 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, évoluant jusqu'à sensiblement -14 dB dans la plage de 1 à 5 kHz puis restant sensiblement constante autour de cette dernière valeur au-delà de 5 kHz.

Une superposition de deux feuilles de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, a permis d'obtenir une atténuation sensiblement constante variant alternativement faiblement autour de -4 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, évoluant jusqu'à sensiblement -15 dB dans la plage de 1 à 3 kHz puis restant sensiblement constante autour de cette dernière valeur au-delà de 3 kHz. On constate que le doublement des feuilles procure une amélioration de performance purement proportionnelle à basses fréquences et une amélioration quasiment nulle à hautes fréquences.

Une superposition de trois feuilles de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, a permis d'obtenir une atténuation sensiblement constante variant alternativement faiblement autour de -6 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, atteignant sensiblement -10 dB dans la plage de 1 à 2 kHz puis restant sensiblement constante autour de cette dernière valeur au-delà de 2 kHz. On constate que le triplement des feuilles procure une faible amélioration de performance à basses fréquences et une dégradation à hautes fréquences.

En vue de remédier aux dégradations de performances à hautes fréquences, on a déployé une feuille d'aluminium entre la source et la ou les feuilles de matériau ferromagnétique. La feuille de matériau électriquement conducteur, éliminant ou pour le moins réduisant fortement les composantes à hautes fréquences du champ magnétique, soulage ainsi la fonction d'écran à remplir par le matériau ferromagnétique en ne lui transmettant essentiellement que les composantes à basses fréquences du champ magnétique.

En déployant une feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur entre la source 3 et une feuille de matériau

ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, on a obtenu une atténuation évoluant de -3 dB à -17 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, puis restant sensiblement constante autour de -25 dB au-delà de 2 kHz. On constate que le

5 déploiement d'une feuille de matériau électriquement conducteur de nature paramagnétique, procure une amélioration de performance à hautes fréquences et déjà notable à relativement basses fréquences dès 700 Hz où on obtient une atténuation de -15 dB.

10 En déployant la feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur entre la source 3 et deux feuilles de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, on a obtenu une atténuation évoluant de -4 dB à -18 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, puis restant sensiblement

15 constante autour de -30 dB au-delà de 3 kHz. On constate que le déploiement de la feuille de matériau électriquement conducteur de nature paramagnétique entre la source 3 et deux feuilles de matériau ferromagnétique, procure une faible amélioration de performance par

20 rapport au déploiement de la feuille d'aluminium entre la source 3 et une seule feuille de matériau ANFM.

De façon surprenante, en déployant la feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur sur la face de la feuille de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur qui est opposée à

25 la face en regard de la source 3, on a obtenu une atténuation évoluant de -3 dB à -22 dB dans la plage de fréquences de 100 Hz à 1000 Hz, puis restant sensiblement constante autour de -25 dB au-delà de 2 kHz. On constate que le déploiement d'une feuille de matériau

30 électriquement conducteur de nature paramagnétique derrière la feuille de matériau ferromagnétique par rapport à la source 3, procure une amélioration de performance à basses fréquences qui est nettement

supérieure à celle obtenue avec les deux expériences qui précèdent ci-dessus. Cette configuration permet d'obtenir avec une seule feuille de matériau ANFM, des performances supérieures à celles obtenues avec deux feuilles de matériau ANFM dans la configuration opposée. Tous paramètres étant égaux par ailleurs, l'atténuation augmente lorsque l'épaisseur de la ou les feuille(s) d'aluminium croît ou croissent.

Ce résultat n'est pas évident a priori car dans cette dernière configuration, la soumission de la feuille de matériau ferromagnétique à la totalité du champ magnétique avant propagation vers la feuille de matériau paramagnétique, devrait tendre à favoriser les phénomènes de saturation dans le matériau ferromagnétique.

Ce résultat est avantageux car il augmente les performances tout en divisant par deux les coûts impactés par ceux des feuilles de matériau ANFM, or ces derniers sont relativement élevés.

En déployant la feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur sur deux feuilles de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur à l'opposé de la source 3, on a obtenu une atténuation évoluant de -8 dB à -22 dB dans la plage de fréquences de 10 Hz à 1000 Hz, puis restant sensiblement constante autour de -30 dB au-delà de 3 kHz. On constate que le déploiement de la feuille de matériau électriquement conducteur de nature paramagnétique sur deux feuilles de matériau ferromagnétique à l'opposé de la source 3, ne procure quasiment pas d'amélioration de performance par rapport au déploiement de la feuille d'aluminium sur une seule feuille de matériau ANFM.

On obtient donc un premier optimum en termes d'efficacité et de coûts en déployant une feuille de matériau électriquement conducteur non ferromagnétique

sur la face d'une seule feuille de matériau ferromagnétique qui est opposée à la face en regard de la source magnétique.

Dans le dispositif de la figure 1, on se félicite du
5 déploiement d'une feuille 5 de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique entre la feuille 4 et l'espace à protéger 2.

Néanmoins, on a essayé de trouver d'autres voies pour améliorer encore les performances.

10 De façon surprenante encore, en déployant une deuxième feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur sur l'autre face d'une seule feuille de matériau ANFM de 0,12 mm d'épaisseur, on a obtenu une atténuation évoluant de -5 dB à -35 dB dans la plage de fréquences de 100 Hz à
15 600 Hz, évoluant ensuite plus progressivement pour atteindre -37 dB à 1000 Hz puis restant sensiblement constante autour de -37 dB au-delà de 1 kHz. On constate que le déploiement d'une feuille de matériau électriquement conducteur de nature paramagnétique de
20 part et d'autre de la feuille de matériau ferromagnétique par rapport à la source 3, procure une amélioration de performance à basses fréquences qui est nettement supérieure à la somme de celles obtenues avec les expériences qui précèdent et qui utilisent une feuille de
25 matériau électriquement conducteur non ferromagnétique. Cette configuration permet d'obtenir avec une seule feuille de matériau ANFM, des performances supérieures à celles obtenues avec les expériences précédentes. Ici
30 encore, on note que tous paramètres étant égaux par ailleurs, l'atténuation augmente lorsque l'épaisseur de la feuille d'aluminium croît.

Ce résultat n'est pas évident a priori car dans cette dernière configuration, l'effet technique d'écran aux champs magnétiques, procuré par la combinaison des feuilles tel qu'il est observé, est considérablement
5 supérieur à la somme des effets procurés par chacune des feuilles et même à la somme des combinaisons de feuilles deux à deux.

Bien entendu, l'ajout d'une feuille de métal non ferromagnétique supplémentaire peut avoir des
10 répercussions de coût et de poids, ce dernier constituant un facteur de choix important, notamment dans une application mobile. Selon l'intensité admissible d'énergie magnétique rayonnée, on pourra se contenter d'une seule feuille de matériau électriquement conducteur
15 non ferromagnétique superposée sur la face d'une feuille de matériau ferromagnétique du côté de l'espace à protéger.

Cependant, lorsque l'intensité des champs magnétiques justifie une légère augmentation de coût et
20 de poids, sachant que l'aluminium est un métal relativement léger en comparaison de certains autres et de coût nettement inférieur à celui des feuilles de matériaux combinant forte perméabilité magnétique, niveau élevé de seuil de saturation magnétique et faible
25 magnétostriction comme c'est le cas du FINEMET™, l'invention enseigne une préférence marquée pour l'utilisation de deux feuilles de métal non ferromagnétique, plus précisément de métal paramagnétique.

30 Ainsi, le dispositif 1 de la figure 1 comprend une deuxième feuille 6 de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique qui est

déployée entre la feuille 4 de matériau ferromagnétique et la source magnétique 3.

Il ressort des essais ci-dessus exposés qu'une multiplication de feuilles de matériau ferromagnétique, apporte peu de gain en performances.

Néanmoins, on a pratiqué des essais en intercalant plusieurs feuilles de matériau ferromagnétique entre deux feuilles de métal non ferromagnétique.

Une superposition de deux feuilles de FINEMET™ de 0,12 mm d'épaisseur entre deux feuilles d'aluminium de 1 mm d'épaisseur, a permis d'obtenir une atténuation évoluant avec une forte pente de -7 dB pour une fréquence de 50 Hz jusqu'à -35 dB pour une fréquence de 350 Hz, évoluant encore mais avec une faible pente jusqu'à sensiblement -37 dB à 1 kHz puis restant sensiblement constante autour de -36 dB au-delà de 5 kHz. Contrairement aux essais précédents, on constate que le doublement des feuilles procure une amélioration de performance notable à basses fréquences et une légère tendance à s'inverser à hautes fréquences.

Une superposition de trois feuilles de FINEMET™ de 0,12 mm d'épaisseur entre deux feuilles d'aluminium de 1 mm d'épaisseur, a permis d'obtenir une atténuation évoluant encore avec une forte pente quasi identique de -10 dB pour une fréquence de 50 Hz jusqu'à -35 dB pour une fréquence de 400 Hz, puis restant sensiblement constante autour de -33 dB au-delà de 1 kHz. On constate que le doublement des feuilles procure une amélioration de performance notable à basses fréquences et une légère tendance à s'inverser à hautes fréquences.

Une solution optimale apparaît être celle de la figure 2 sur laquelle le dispositif 11 comprend une deuxième feuille 7 de matériau ferromagnétique qui est

déployée entre la première feuille 4 de matériau ferromagnétique et la première feuille 5 de matériau électriquement conducteur.

La figure 3 permet d'expliquer un procédé de fabrication du dispositif pour protéger l'espace à proximité de la source magnétique contre l'énergie magnétique rayonnée par la source.

Une première étape consiste à façonner une première feuille 15 de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique. Le façonnage comprend des actions de déformation sous presse d'une tôle, par exemple de 1 mm d'épaisseur comprenant de l'aluminium ou des actions de moulage d'une plaque lorsque le matériau se prête difficilement à l'emboutissage. De façon à pouvoir déployer la feuille 15 avec une première face en regard de l'espace à protéger, on découpe, on plie et/ou on usine des oreillettes 8, 10 dans lesquelles on perce des trous qui permettront de fixer la feuille en bordure de l'espace à protéger. On peut aussi façonner une languette 18 non percée en vue d'un mode de fixation par collage ou pour toute autre fonction.

Une deuxième étape consiste à façonner une deuxième feuille 16 de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique de manière semblable à celle de la première étape. De façon à pouvoir déployer la feuille 16 avec une première face en regard de la source magnétique, on découpe, on plie et/ou on usine des oreillettes 9, 20 superposables aux oreillettes 8, 10 et dans lesquelles on perce des trous qui permettront de fixer la feuille 16 avec la feuille 15. On peut aussi façonner une languette 19 non percée en vue de coopérer avec la languette 18.

Une troisième étape consiste à déployer une ou plusieurs, de préférence deux, feuilles 14, 17 de matériau ferromagnétique sur une deuxième face de la première feuille 15 de matériau électriquement conducteur, opposée à la première face de la première feuille 15. La superficie de chacune des feuilles 14, 17 est de préférence inférieure à celle de chacune des feuilles 15, 16 de matériau électriquement conducteur de manière à pouvoir être couvertes intégralement par les feuilles 15, 16. Notamment, les feuilles 14, 17 ne se prêtant qu'à une déformation par cintrage dans une seule direction, elles ne sont pas mises en contact avec les oreillettes 8, 9, 10, 20 pour éviter de les rompre lors d'un pliage qui serait destructeur.

Une quatrième étape consiste à positionner la deuxième feuille 16 de matériau électriquement conducteur de sorte que la ou les feuilles 14, 17 de matériau ferromagnétique sont déployées sur une deuxième face de la deuxième feuille 16 de matériau électriquement conducteur, opposée à la première face de la deuxième feuille 16 de matériau électriquement conducteur.

Le procédé que l'on vient de décrire est celui d'un mode de réalisation. L'homme du métier envisagera de lui-même différentes manières de le modifier sans sortir du cadre de la présente invention. Notamment, il pourra supprimer les deuxième et quatrième étapes lorsqu'il préférera se contenter d'une seule feuille d'aluminium. Il pourra inverser l'ordre des étapes, les deux premières pouvant être exécutées indifféremment l'une avant l'autre ou en parallèle. De même la quatrième étape peut être exécutée avant la troisième en positionnant les feuilles 14 et 17 sur la feuille 16 puis en venant ensuite positionner la feuille 15 sur l'empilement ainsi obtenu.

De manière synthétique, dans la configuration exposée, principalement une feuille supplémentaire de FINEMET réduit la fréquence de coupure basse tandis que l'épaisseur d'aluminium augmente l'atténuation.

REVENDICATIONS :

1. Dispositif (1, 11, 21) pour protéger un espace (2, 12) à proximité d'une source magnétique (3, 33),
5 contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source, comprenant une première feuille (4, 14) de matériau ferromagnétique déployée entre ledit espace (2, 12) et ladite source (3, 33) et une première feuille (5, 15) de matériau électriquement conducteur de nature
10 diamagnétique ou paramagnétique qui est déployée entre ladite première feuille (4, 14) et ledit espace à protéger (2, 12), caractérisé en ce que le matériau ferromagnétique est un alliage amorphe à base de fer et à structure nanocristalline non orientée.

15

2. Dispositif (1, 11, 21) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une deuxième feuille (6, 16) de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou
20 paramagnétique qui est déployée entre ladite première feuille (4, 14) de matériau ferromagnétique et ladite source magnétique (3, 33).

3. Dispositif (11, 21) selon l'une des
25 revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une deuxième feuille (7, 17) de matériau ferromagnétique qui est déployée entre ladite première
feuille (4, 14) de matériau ferromagnétique et ladite première feuille (5, 15) de matériau électriquement
30 conducteur.

4. Dispositif (21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ou les dites

feuilles (15, 16) de matériau électriquement conducteur est ou sont de superficie supérieure à celle de la ou les feuilles (14, 17) de matériau ferromagnétique de manière à couvrir intégralement la ou les dites feuilles de
5 matériau ferromagnétique.

5. Dispositif (1, 11, 21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau ferromagnétique a une perméabilité magnétique
10 relative (μ_r) de valeur élevée supérieure à 100 000.

6. Dispositif (1, 11, 21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit alliage comprend un élément chimique d'un groupe
15 comprenant le silicium.

7. Dispositif (1, 11, 21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins une feuille (4, 14, 7, 17) de matériau ferromagnétique
20 est recouverte d'au moins une couche de matériau électriquement isolant.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau
25 électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique comprend de l'aluminium.

9. Procédé de fabrication d'un dispositif pour protéger un espace à proximité d'une source magnétique
30 contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source, caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- façonner une première feuille (15) de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique de façon à pouvoir la déployer avec une première face en regard dudit espace à protéger ;

5 - déployer sur une deuxième face de ladite première feuille (15) de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique, opposée à ladite première face de ladite première feuille (15) de matériau électriquement conducteur, une ou plusieurs feuilles (14,
10 17) de matériau ferromagnétique comportant un alliage amorphe à base de fer et à structure nanocristalline non orientée.

10. Procédé de fabrication selon la revendication
15 9, caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- façonner une deuxième feuille (16) de matériau électriquement conducteur de nature diamagnétique ou paramagnétique de façon à pouvoir la déployer avec une
20 première face en regard de la source magnétique ;

- positionner ladite deuxième feuille (16) de matériau électriquement conducteur de sorte que la ou les feuilles (14, 17) de matériau ferromagnétique sont déployées sur une deuxième face de ladite deuxième
25 feuille (16) de matériau électriquement conducteur, opposée à ladite première face de ladite deuxième feuille (16) de matériau électriquement conducteur.

11. Objet mobile comprenant au moins un organe
30 électrique (13, 33) qui est une source de rayonnement magnétique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (21) selon l'une des revendications 1 à 8 de

façon à assurer une protection de faible masse contre une énergie magnétique rayonnée par ladite source.

12. Objet mobile selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il est un véhicule automobile
5 comprenant un habitacle qui comporte un espace (12) à proximité du dit organe, et en ce que ledit dispositif est disposé entre ledit organe et l'habitacle.

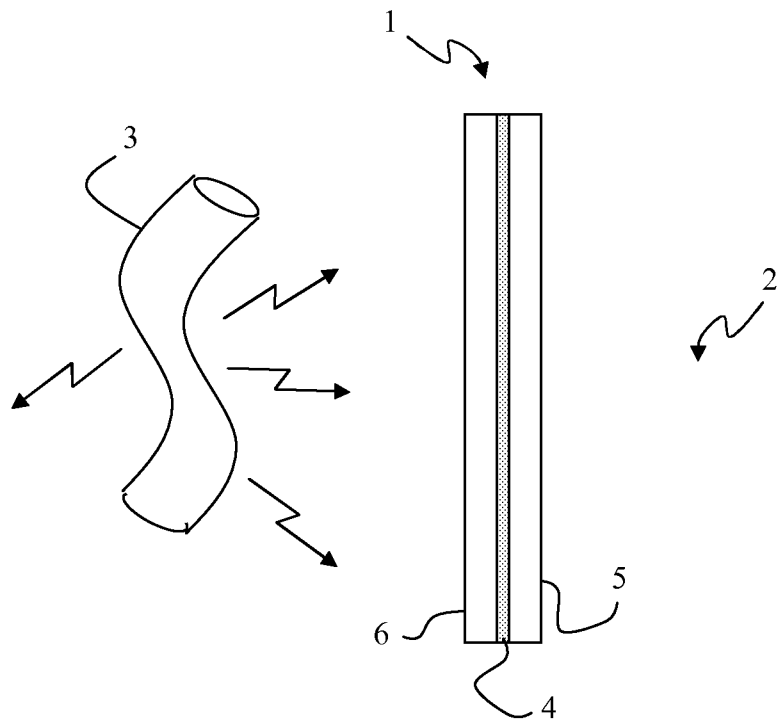


fig. 1

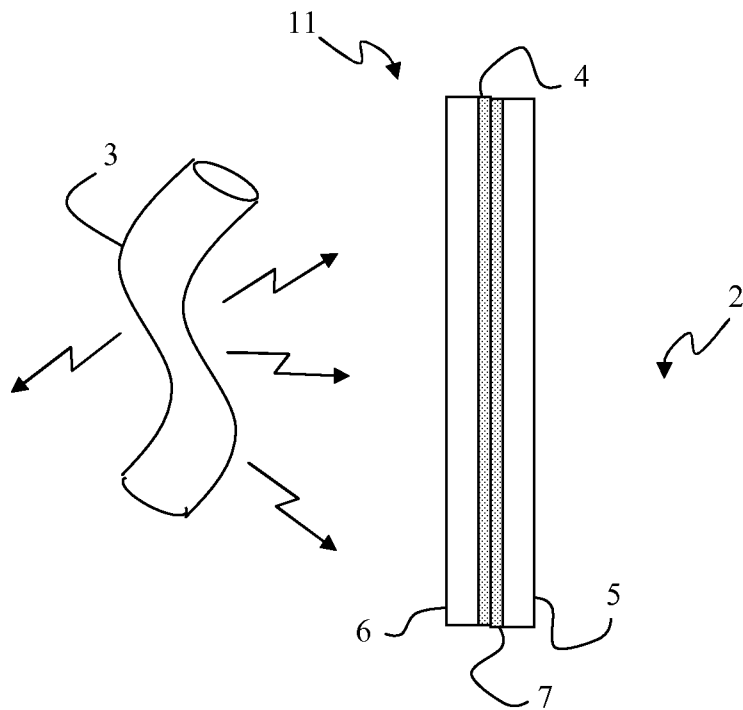
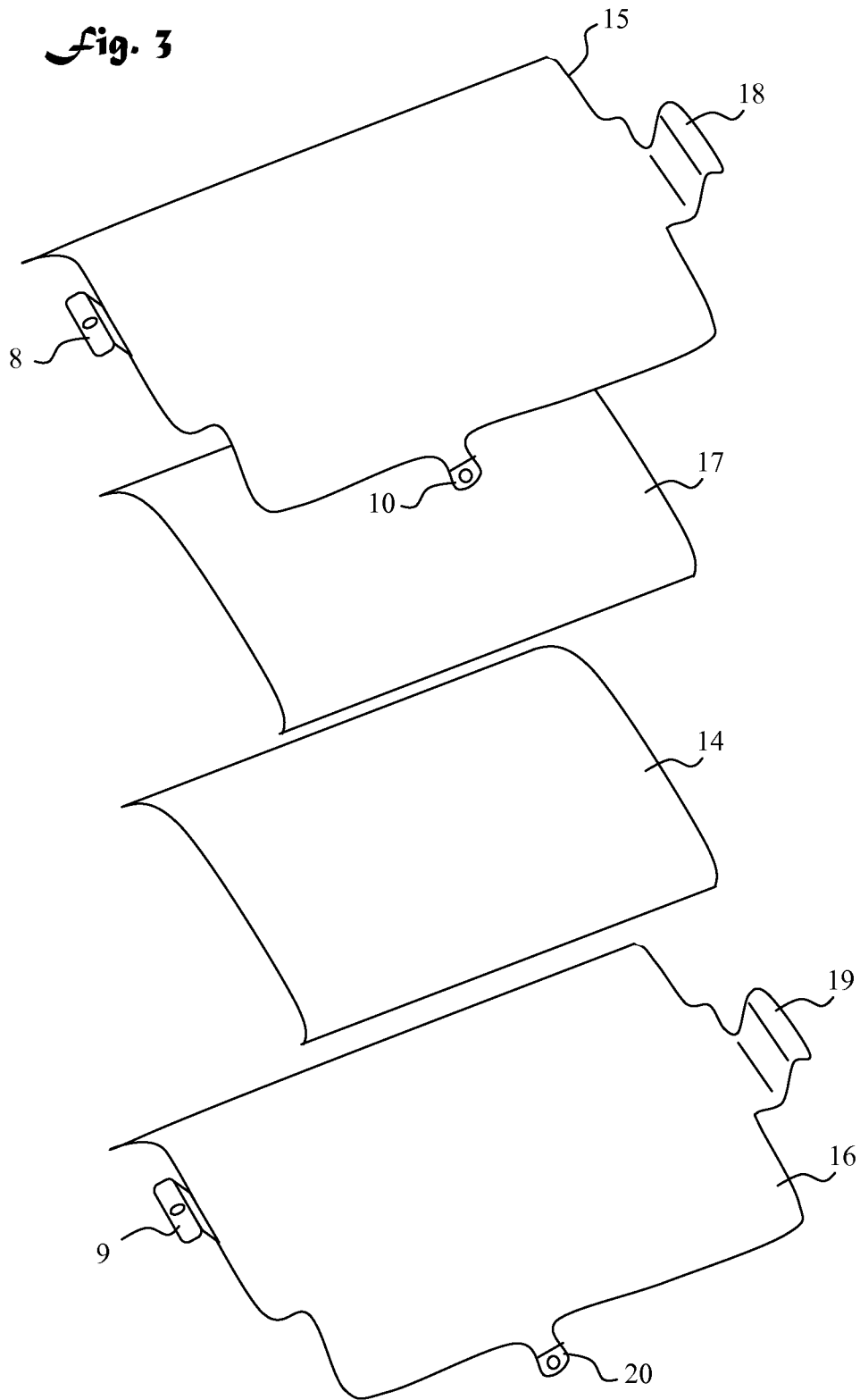


fig. 2

Fig. 3



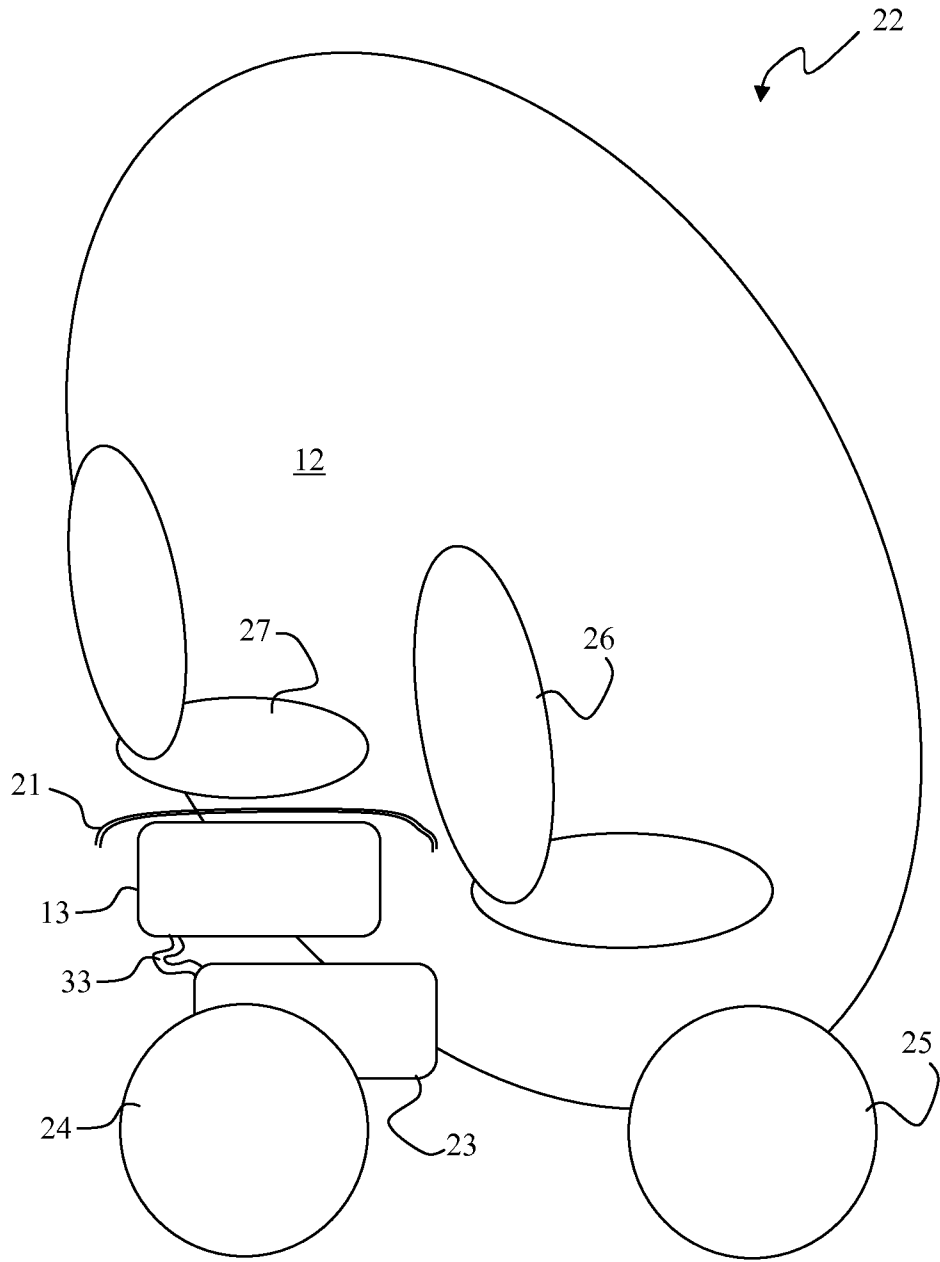


fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/051328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H05K9/00
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H05K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2009 039600 B3 (BREITENMOSER RETO [DE]; HAURI ROBERT [CH]) 17 March 2011 (2011-03-17)	1-10
Y	paragraphs [0001], [0013], [0014], [0026] - [0032], [0034], [0037]; figures 1,3,6	11,12
Y	----- JP 2002 291113 A (ZERO SPORTS CO LTD) 4 October 2002 (2002-10-04) abstract; figures 1-4	11,12
X	----- US 4 890 083 A (TRENKLER GEORGE [US] ET AL) 26 December 1989 (1989-12-26)	1-3
A	column 1, line 6 - column 3, line 62; figures 1-5 column 5, line 1 - column 5, line 62 ----- -/--	4-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 24 August 2012	Date of mailing of the international search report 31/08/2012
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Sozzi, Roberto
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/051328

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 720 421 A2 (EUROSHIELD OY [FI]) 3 July 1996 (1996-07-03) column 5, line 8 - line 29 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/051328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009039600 B3	17-03-2011	CH 701747 A2 DE 102009039600 B3	15-03-2011 17-03-2011

JP 2002291113 A	04-10-2002	NONE	

US 4890083 A	26-12-1989	NONE	

EP 0720421 A2	03-07-1996	AT 165948 T CA 2165600 A1 DE 69502376 D1 DE 69502376 T2 EP 0720421 A2 FI 96473 B JP 3025187 B2 JP 8232362 A US 5603196 A	15-05-1998 28-06-1996 10-06-1998 29-10-1998 03-07-1996 15-03-1996 27-03-2000 10-09-1996 18-02-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051328

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H05K9/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H05K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 2009 039600 B3 (BREITENMOSER RETO [DE]; HAURI ROBERT [CH]) 17 mars 2011 (2011-03-17)	1-10
Y	alinéas [0001], [0013], [0014], [0026] - [0032], [0034], [0037]; figures 1,3,6 -----	11,12
Y	JP 2002 291113 A (ZERO SPORTS CO LTD) 4 octobre 2002 (2002-10-04) abrégé; figures 1-4 -----	11,12
X	US 4 890 083 A (TRENKLER GEORGE [US] ET AL) 26 décembre 1989 (1989-12-26)	1-3
A	colonne 1, ligne 6 - colonne 3, ligne 62; figures 1-5 colonne 5, ligne 1 - colonne 5, ligne 62 -----	4-8
X	EP 0 720 421 A2 (EUROSHIELD OY [FI]) 3 juillet 1996 (1996-07-03) colonne 5, ligne 8 - ligne 29 -----	1-4
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 août 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 31/08/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Sozzi, Roberto

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051328

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102009039600 B3	17-03-2011	CH 701747 A2	15-03-2011
		DE 102009039600 B3	17-03-2011

JP 2002291113 A	04-10-2002	AUCUN	

US 4890083 A	26-12-1989	AUCUN	

EP 0720421 A2	03-07-1996	AT 165948 T	15-05-1998
		CA 2165600 A1	28-06-1996
		DE 69502376 D1	10-06-1998
		DE 69502376 T2	29-10-1998
		EP 0720421 A2	03-07-1996
		FI 96473 B	15-03-1996
		JP 3025187 B2	27-03-2000
		JP 8232362 A	10-09-1996
		US 5603196 A	18-02-1997
