

(19)



(11)

EP 3 671 776 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
24.06.2020 Bulletin 2020/26

(51) Int Cl.:
H01F 27/28 ^(2006.01) **H01F 27/32** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19217303.7**

(22) Date de dépôt: **18.12.2019**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **BERGOGNE, Dominique**
38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)
• **QUERINO DE CARVALHO, Hamilton**
38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)

(30) Priorité: **19.12.2018 FR 1873423**

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(54) ENSEMBLE INDUCTIF

(57) Ensemble inductif comportant des premiers éléments conducteurs (E1) et un substrat (2) comportant des deuxièmes éléments conducteurs, chaque premier élément conducteur (E1) ayant une forme de U contenant dans un plan et s'étendant orthogonalement au substrat (2), chaque branche des premiers éléments conducteurs

(E1) étant connectée électriquement à un deuxième élément conducteur distinct de celui auquel est connectée l'autre branche. Ainsi des spires sont formées par les premiers éléments conducteurs (E1) et les deuxièmes éléments conducteurs.

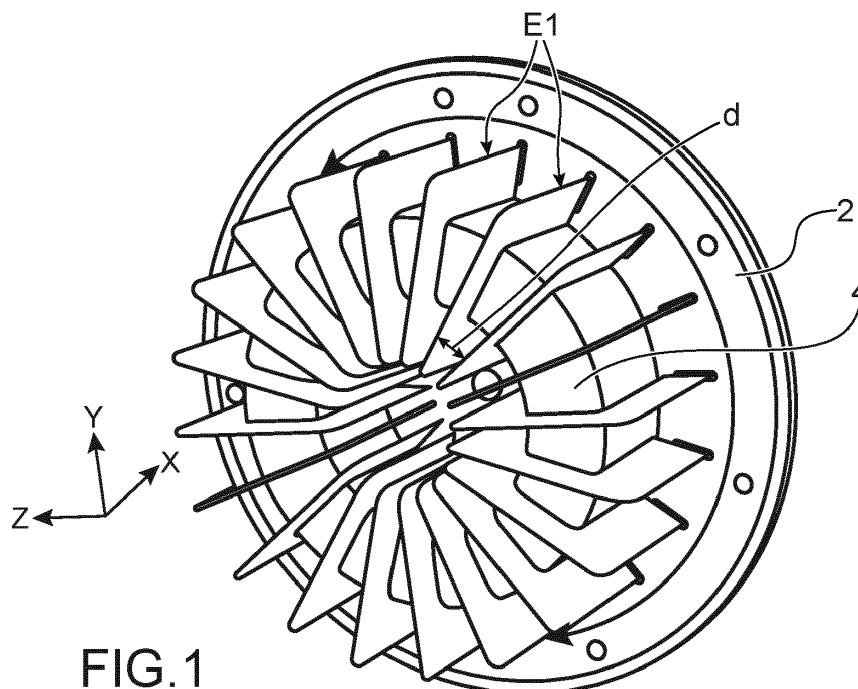


FIG.1

EP 3 671 776 A1

Description

DOMAINE TECHNIQUE ET ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0001] La présente invention se rapporte à un ensemble inductif et à son procédé de réalisation.

[0002] Les dispositifs inductifs sont par exemple utilisés dans les convertisseurs très hautes fréquences et les alimentations à découpage pour électronique de puissance et dans les transformateurs hautes fréquences.

[0003] Un dispositif inductif est un dispositif comportant un circuit électrique formant un enroulement de sorte que, lorsqu'un courant électrique circule dans le circuit électrique, un flux magnétique apparaît à l'intérieur de l'enroulement. Le dispositif inductif peut comporter un noyau disposé dans une zone où l'enroulement crée le flux magnétique.

[0004] Des dispositifs inductifs ou bobines sont généralement réalisés en enroulant un conducteur filaire autour d'un noyau.

[0005] Or, lorsque le courant circulant dans le conducteur est un courant alternatif à haute fréquence, un effet de peau apparaît, i.e. le courant tend à ne circuler que sur la périphérie extérieure du fil, tendance qui s'accroît avec l'augmentation de la fréquence.

[0006] Des bobinages avec des conducteurs plats, i.e. présentant une épaisseur faible par rapport à leur largeur peuvent alors être utilisés pour pallier l'apparition de ce phénomène.

[0007] Cependant la réalisation par exemple de tores avec un conducteur plat est complexe.

[0008] Une solution est de réaliser un tel bobinage avec les techniques de la microélectronique, i.e. en mettant en œuvre des couches, dans lesquelles les conducteurs sont réalisés par des pistes conductrices dans des plans différents et sont connectées entre elles par des vias. Cependant il apparaît un phénomène de proximité entre les conducteurs et l'apparition de capacité parasite.

[0009] Le document US 9754714 décrit un exemple de réalisation d'un dispositif inductif comportant des conducteurs plats. Le dispositif comporte un premier substrat muni d'une face dans laquelle est formée un évidement annulaire dans lequel sont disposés à plat des premiers éléments conducteurs plats les uns à côté des autres, chaque premier élément conducteur plat est disposé sur les deux bords annulaire et le fond de l'évidement et comporte deux pattes à chacune de ses extrémités à plat sur la face du premier substrat. Le dispositif comporte un deuxième substrat comportant des deuxième conducteurs électriques disposés de sorte à former avec les premiers éléments conducteurs des enroulements. Un noyau est disposé dans l'évidement annulaire à l'intérieur des premiers éléments conducteurs.

[0010] On cherche à augmenter le nombre de spires à unité de surface. En outre, un effet de proximité entre les premiers éléments peut apparaître.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0011] C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un ensemble inductif présentant un effet de peau réduit et un effet de proximité également réduit, et dans lequel le nombre d'enroulements réalisables est augmenté par rapport aux dispositifs de l'état de la technique.

[0012] Le but énoncé ci-dessus est atteint par un dispositif inductif comportant au moins un premier élément conducteur et un substrat avec au moins un deuxième élément conducteur. Le au moins premier élément conducteur s'étend dans au moins un plan différent du substrat, ledit au moins un premier élément conducteur étant relié électriquement à au moins un deuxième élément conducteur, ledit au moins un premier élément conducteur étant configuré de sorte que son emprise au sol soit réduite par rapport aux dispositifs de l'état de la technique.

[0013] Pour cela le premier élément conducteur comporte deux faces de grande surface séparées par une faible épaisseur et formant un chemin conducteur comportant des première et deuxième portions connectées chacune à un deuxième élément conducteur et une troisième portion de connexion entre les première et deuxième portions, la troisième portion étant orientée de sorte que les lignes de courant sont à des distances différentes du substrat en considérant une direction transversale des faces par rapport à la circulation du courant.

[0014] En d'autres termes le ou les premiers éléments conducteurs ont une forme telle que tout en présentant une même section de passage de courant, leur projection sur le substrat est sensiblement réduite.

[0015] Ainsi, le nombre de premiers éléments conducteurs qui peut être monté sur le substrat est augmenté, ainsi que le nombre spires formé.

[0016] Le dispositif selon l'invention est de fabrication facilitée par rapport aux dispositifs inductifs de l'état de la technique, en particulier ceux présentant un contour fermé, tel que les dispositifs de forme torique.

[0017] Selon l'invention, les premiers éléments conducteurs s'étendent principalement transversalement par rapport au substrat, ce qui réduit sensiblement l'emprise au sol de chaque premier élément conducteur. Le nombre d'enroulements réalisable est sensiblement augmenté.

[0018] Une partie du circuit inductif est réalisée dans le substrat et une autre partie est réalisée au-dessus du substrat et peut mettre en œuvre plusieurs conducteurs électriques au-dessus du substrat disposés côte à côte. Dans un exemple avantageux, les premiers éléments conducteurs sont plans et sont orthogonaux au substrat, leur projection se réduit à l'épaisseur du premier élément conducteur.

[0019] Dans un exemple de réalisation, les premiers éléments conducteurs ont des formes de U, les extrémités libres du U étant connectées aux deuxième conducteurs.

[0020] Par exemple Les premiers éléments conducteurs peuvent être découpés dans des plaques métalliques, par exemple dans des plaques de cuivre, ou être réalisés séparément sous la forme d'un circuit imprimé, par exemple par dépôt d'au moins une ligne conductrice sur un substrat isolant, par exemple en époxy.

[0021] La présente invention est particulièrement avantageuse pour réaliser des dispositifs inductifs à contour fermés, telle que des dispositifs toriques qui sont très difficilement réalisables par les techniques classiques d'enroulement. La présente invention est également très avantageuse pour réaliser des dispositifs inductifs de type E-I, puisqu'elle évite de mettre en œuvre un noyau en plusieurs parties dans lequel la présence d'un entrefer ne peut pas être évité.

[0022] La présente invention permet également de manière aisée de réaliser simultanément plusieurs bobines, par exemple pour réaliser un transformateur de courant ou de tension.

[0023] En variante, des premiers éléments conducteurs sont connectés au substrat sur les deux faces du substrat comportant chacune des seconds éléments conducteurs.

[0024] La présente invention présente l'avantage de permettre de réaliser des dispositifs inductifs sur des plaques de circuits imprimés qui peuvent intégrer d'autres fonctions. Ainsi l'invention permet d'atteindre un haut niveau d'intégration.

[0025] La présente invention a alors pour objet un ensemble inductif comportant au moins n premiers éléments conducteurs et un substrat comportant au moins n deuxièmes éléments conducteurs, n étant un entier supérieur ou égal à 1, chaque premier élément conducteur s'étendant au moins en partie dans un plan différent du substrat, et comportant une première extrémité et une deuxième extrémité reliées par un chemin conducteur électrique, le chemin conducteur comportant une première portion connectée électriquement à un des deuxièmes éléments conducteurs par la première extrémité, et une deuxième portion connectée électriquement à l'autre desdits deuxièmes éléments conducteurs par la deuxième extrémité, et au moins une troisième portion de connexion entre la première portion et la deuxième portion, le chemin conducteur comportant également deux faces reliées par des bords, lesdites faces présentant une surface très grande par rapport à celle des bords de sorte que le chemin conducteur présente une faible épaisseur, les faces présentant une dimension transversale par rapport à la direction de circulation du courant électrique dans ledit chemin conducteur. Les première, deuxième et troisième portions sont orientées de sorte que les lignes de courant circulant dans la troisième portion soient situées à des distances différentes du substrat dans la direction transversale des faces.

[0026] De préférence, n est supérieur ou égal à 2, et une première portion d'un élément conducteur électrique est connectée électriquement à un des deuxièmes éléments conducteurs par la première extrémité, et une

deuxième portion de l'élément conducteur électrique est connectée électriquement à l'autre desdits deuxièmes éléments conducteurs par la deuxième extrémité.

[0027] De préférence, la dimension transversale est sensiblement constante le long du chemin conducteur entre la première extrémité et la deuxième extrémité.

[0028] Dans un exemple de réalisation, chaque premier élément conducteur est contenu dans un ou plusieurs plans, chaque plan étant orthogonal au substrat. Dans un exemple avantageux, chaque premier élément conducteur est contenu entièrement dans un plan distinct des plans contenant les autres premiers éléments conducteurs.

[0029] Dans une configuration, les n premiers éléments conducteurs et les n deuxièmes éléments conducteurs sont connectés électriquement formant un seul dispositif inductif.

[0030] Dans une autre configuration, au moins une première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs sont reliées électriquement entre eux et une deuxième partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs sont reliées électriquement entre eux et isolées électriquement de la première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs, formant deux dispositifs inductifs.

[0031] Dans un exemple de réalisation, les premiers éléments conducteurs ont la forme de U, les première et deuxième portions formant les branches du U et la troisième portion forme le fond du U.

[0032] Les première et deuxième extrémités peuvent comporter au moins une patte de connexion mécanique et/ou électrique. Dans un exemple avantageux, le substrat comporte des orifices dans lesquels sont insérées les pattes de connexion.

[0033] Chaque patte de connexion peut être maintenue dans un orifice par coopération mécanique avec la paroi de l'orifice et/ou par une brasure.

[0034] Dans un autre exemple de réalisation, l'ensemble comporte des premiers éléments conducteurs sur une face du substrat et des premiers éléments conducteurs sur l'autre face du substrat.

[0035] Par exemple, les n premiers éléments conducteurs et les n deuxièmes éléments conducteurs sont répartis radialement de sorte à former un ou plusieurs dispositifs inductifs toriques.

[0036] Les deuxièmes éléments conducteurs peuvent être répartis dans plusieurs plans sensiblement parallèles du substrat.

[0037] Selon un exemple de réalisation, les premiers éléments conducteurs sont découpés dans une plaque de matériau conducteur électrique. Selon un autre exemple, chaque premier élément conducteur comporte un substrat en matériau isolant électrique et une piste en matériau conducteur électrique entre la première et la deuxième extrémité et formant le chemin conducteur.

[0038] Le substrat est avantageusement un circuit imprimé.

[0039] Les premiers éléments conducteurs sont maintenus solidaires les uns aux autres par un matériau isolant électrique surmoulé.

[0040] La présente invention a également pour objet un transformateur électrique comportant au moins un ensemble inductif selon l'invention. La première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs forment un primaire et la deuxième partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs forme un secondaire.

[0041] La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un ensemble inductif selon l'invention, comportant :

- la fabrication de n premiers éléments conducteurs,
- la fabrication du substrat avec les n deuxièmes éléments conducteurs,

le montage des n premiers éléments conducteur, comprenant :

- la fixation mécanique des n premiers éléments conducteurs sur le substrat,
- la connexion électrique de chaque premier élément conducteur à deux deuxièmes éléments conducteurs.

[0042] Les n premiers éléments conducteurs peuvent être fabriqués par découpe d'une plaque en matériau conducteur électrique, ou les n premiers éléments conducteurs sont fabriqués à partir d'un circuit imprimé.

[0043] Lors du montage, des pattes de connexion des premiers éléments conducteurs sont par exemple insérées dans des orifices du substrat.

[0044] Dans un exemple de réalisation, la fixation mécanique et la connexion électrique sont réalisées par brasage de pattes de connexion des premiers éléments conducteurs sur et/ou dans les deuxièmes éléments conducteurs et/ou par insertion des pattes des orifices du substrat.

[0045] Préalablement au montage, les n premiers éléments conducteurs peuvent être disposés les uns par rapport aux autres de manière fixe et être ensuite montés simultanément sur le substrat.

[0046] De préférence, les n premiers éléments conducteurs sont montés dans un outil.

[0047] Dans un exemple de réalisation, un matériau isolant électrique est surmoulé sur les premiers éléments conducteurs et sont maintenus immobiles les uns par rapport aux autres.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0048] La présente invention sera mieux comprise sur la base de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels:

La figure 1 est une vue en perspective d'un exemple

de réalisation d'un dispositif inductif selon l'invention,

La figure 2A est une vue de côté d'un exemple de réalisation d'un premier élément conducteur,

La figure 2A' est une vue en perspective du premier élément conducteur de la figure 2A,

La figure 2B est une vue de côté d'un autre exemple de réalisation d'un premier élément conducteur,

La figure 2C est une vue de côté d'un autre exemple de réalisation d'un premier élément conducteur,

La figure 2D est une vue en perspective d'un autre exemple de réalisation d'un premier élément conducteur connecté au substrat,

La figure 3 est une vue de face d'un autre exemple de réalisation d'un premier élément conducteur réalisé sous la forme d'un circuit imprimé,

La figure 4 est une vue de dessus du substrat du dispositif de la figure 1 représenté seul, supportant les seconds éléments conducteurs,

La figure 5 est une représentation schématique d'une vue de détail du dispositif de la figure 1,

La figure 6A est une vue en perspective d'un autre exemple d'un premier élément conducteur s'étendant dans plusieurs plans,

La figure 6B est une vue de dessus de plusieurs premiers éléments conducteurs de la figure 6A,

La figure 7A est une vue en perspective d'un autre exemple d'un premier élément conducteur s'étendant dans plusieurs plans,

La figure 7B est une vue en perspective de plusieurs premiers éléments conducteurs de la figure 7A,

La figure 8 est une vue de dessus d'un exemple de substrat permettant la réalisation de deux dispositifs inductifs en utilisant des éléments conducteurs de forme identique ou similaire à ceux du dispositif de la figure 1,

La figure 9 est une vue en perspective d'un exemple de dispositif inductif selon l'invention comportant un grand nombre de spires.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0049] Dans la description, le terme «conducteur» signifie «conducteur électrique».

[0050] Dans la présente demande, on entend par « substrat » un élément plan ou sensiblement plan comportant une partie en matériau isolant électrique et plusieurs pistes conductrices qui s'étendent au moins dans le plan du substrat. Le substrat peut comporter des pistes conductrices dans plusieurs niveaux du substrat, de préférence parallèles entre eux et pouvant être connectées par des vias. Typiquement un substrat est fabriqué par les techniques de la microélectronique. Un circuit imprimé ou PCB (Printed Circuit Board en terminologie anglo-saxonne) est un exemple de substrat selon l'invention.

[0051] Sur la figure 1, on peut voir un exemple de réalisation d'un dispositif inductif selon l'invention compor-

tant un substrat 2, une pluralité de premiers éléments conducteurs électriques E1 et un noyau 4 disposé dans l'espace délimité par le substrat 2 et les premiers éléments conducteurs E1.

[0052] Dans cet exemple, le substrat s'étend dans le plan XY et les premiers éléments conducteurs E1 s'étendent dans des plans orthogonaux au plan XY et contenant la direction Z.

[0053] Dans cet exemple, le substrat 2 a la forme d'un disque et le noyau 4 a une forme d'anneau de diamètre extérieur inférieur au diamètre du substrat, de sorte à ménager un rebord annulaire extérieur sur le substrat pour fixer une extrémité libre des premiers éléments conducteurs E1.

[0054] Les premiers éléments conducteurs E1 sont fixés sur le substrat 2 qui forme à la fois un support mécanique et un connecteur électrique.

[0055] Sur la figure 2A, on peut voir un exemple de premier élément conducteur E1 représenté seul. Dans cet exemple, le premier élément conducteur E1 est contenu dans un plan et a une forme de U, dont les deux extrémités libres E1.1, E1.2 sont destinées à être fixées au substrat 6. Les branches sont désignées par B1, B2 et le fond 15 du U reliant les deux branches.

[0056] Le premier élément conducteur comporte un chemin conducteur CC reliant les deux extrémités E1.1 et E1.2. Le chemin conducteur CC a une dimension transversale L qui est perpendiculaire à la direction de circulation du courant symbolisée par les lignes de courant I1, I2, I3 sur la figure 5. De préférence, la dimension transversale L est sensiblement constante le long du chemin conducteur entre la première et la deuxième extrémité.

[0057] De préférence, le chemin conducteur CC de chaque premier élément conducteur E1 et le chemin conducteur de chaque deuxième élément conducteur E2 présentent des sections de passage de courant proches ou égales.

[0058] Sur la figure 2A', on peut voir le chemin conducteur CC comportant deux faces F de grandes dimensions reliées par deux rebords R. Les deux faces sont séparées par une distance e faible par rapport aux autres dimensions du premier élément conducteur et qui correspond à l'épaisseur du chemin conducteur.

[0059] Le premier élément conducteur E1 présente une hauteur h. Dans cet exemple les deux branches B1 et B2 du U présentent la même hauteur h.

[0060] Le fond du U ou portion de connexion 15 a une dimension l entre les deux branches B2, B2.

[0061] De préférence $e/L < 1$. De manière préférée également, $L > 0,5 \text{ mm}$, $l > 1 \text{ mm}$ et $10 \mu\text{m} < e < 0,5 \text{ mm}$.

[0062] A des fins de simplicité, les premiers éléments conducteurs E1 seront désignés « ponts de connexion » dans la suite de la description.

[0063] Le pont de connexion E1 de la figure 2A est réalisé entièrement en matériau conducteur électrique, par exemple par découpage dans une tôle de matériau conducteur, par exemple le cuivre. Ainsi le chemin con-

ducteur forme le pont de connexion.

[0064] L'épaisseur de la plaque de matériau conducteur électrique est suffisante pour que les premiers éléments conducteurs soient autoportants.

[0065] Dans l'exemple de la figure 2A, les extrémités libres E1.1 et E1.2 comportent chacune deux pattes 6 conductrices qui sont destinées à venir connecter le premier élément conducteur E1 à des deuxième conducteurs E2 formés dans, ou sur, le substrat 2. Il sera compris que le nombre de pattes 6 n'est pas limitatif.

[0066] Sur la figure 4, on peut voir un exemple de substrat 2 sur lequel les ponts de connexion E1 sont montés. Le substrat comporte des orifices O pour l'insertion des pattes 6 des premiers éléments conducteurs. Les orifices O ont des formes adaptées à la formes des pattes, ils sont par exemple circulaires pour des pattes cylindriques à section circulaire ou de forme oblongue pour des pattes en forme de lame.

[0067] Les premiers éléments conducteurs peuvent être solidarités au substrat par exemple par brasure ou par insertion, de préférence à froid.

[0068] La connexion mécanique et la connexion électrique peuvent être réalisées par les mêmes moyens ou des moyens différents. Par exemple, on peut envisager une connexion mécanique par encastrement et une connexion électrique par brasure

[0069] Sur la figure 4, les deuxième conducteurs électriques E2 formés par des pistes conductrices situées sur au moins une face du substrat 2. Les deuxième conducteurs E2 s'étendent sensiblement radialement sur le substrat 2, de sorte qu'une extrémité libre d'un pont de connexion E1 située radialement à l'extérieur, et l'extrémité libre d'un autre pont de connexion E1 adjacent situé radialement à l'intérieur puisse se connecter au même deuxième conducteur E2 et ainsi former un enroulement.

[0070] Une extrémité libre d'un premier élément conducteur E1 est connectée électriquement à un deuxième élément conducteur E2, qui est distinct de celui auquel est connecté l'autre extrémité libre du même premier élément conducteur, de sorte à connecter électriquement tous les premiers éléments conducteurs en série et à former avec les deuxième conducteurs des enroulements.

[0071] Sur la figure 5, on peut voir représenté un détail du dispositif de la figure 1 montrant les connexions électriques entre les premiers et deuxième conducteurs.

[0072] Désignons E1 et E1' deux premiers éléments conducteurs directement adjacents, une extrémité libre E1.1 du premier élément conducteur E1 située radialement à l'extérieur est connectée électriquement au deuxième conducteur E2, une extrémité libre E1.1' du premier élément conducteur E1' située radialement à l'intérieur est connectée électriquement au deuxième conducteur E2. Les lignes de courant I1, I2, I3 sont représentées sur la figure 5. On peut voir que la ligne de courant I1 est plus proche du substrat que les lignes I2 et I3.

[0073] Les premiers éléments conducteurs E1 sont par exemple réalisés par découpe dans une plaque de ma-

tériau conducteur électrique, par exemple une plaque de cuivre. Par exemple il s'agit d'une découpe au LASER, découpe au jet d'eau..., d'un emboutissage, d'une découpe au rouleau à couteaux.

[0074] Dans l'exemple représenté, chaque premier élément conducteur est situé dans un plan. Dans l'exemple de la figure 1, le plan de chaque conducteur est perpendiculaire au plan du substrat. Les premiers éléments conducteurs sont disposés radialement les uns par rapport aux autres. La configuration et l'orientation des ponts de connexion qui s'étendent de préférentiellement dans des plans transversaux au substrat, permet de réduire sensiblement l'encombrement de chaque pont dans le plan du substrat.

[0075] De manière avantageuse, les extrémités radialement intérieures des deuxième éléments conducteurs sont sur un même cercle, et les extrémités radialement intérieures des deuxième éléments conducteurs sont sur un même cercle. Ainsi les mêmes premiers éléments peuvent être utilisés pour toutes les spires.

[0076] Un dispositif inductif toroïdal est ainsi formé.

[0077] Chaque pont de connexion forme une partie d'une spire et chaque deuxième élément conducteur forme une autre partie de la spire, les proportions de la spire formée par le pont de connexion et par le deuxième élément conducteurs sont variables, de préférence les proportions sont 3/4 et 1/4 respectivement.

[0078] Sur la figure 2B, on peut voir une variante d'un premier élément conducteur dans laquelle les extrémités de connexion comportent une patte 6. Cette variante est avantageuse dans le dispositif de la figure 1 car la patte de l'extrémité se connectant à la partie centrale du substrat est située sur un plus grand diamètre, ce qui permet de disposer de plus de place pour la connexion entre l'extrémité de connexion et le second conducteur radialement à l'intérieur.

[0079] Sur la figure 2C on peut voir une autre variante d'un premier élément conducteur, dans laquelle chaque extrémité comporte une patte 6 dont la largeur ne représente qu'une partie de la largeur du chemin conducteur, par exemple la moitié dans l'exemple représenté. Dans cet exemple, les pattes sont situées du même côté du chemin conducteur et le premier élément conducteur est orienté de sorte que les pattes soient situées radialement à l'extérieur. Cette variante est encore plus avantageuse, car elle assure une section de passage de courant suffisante tout en assurant une connexion sur un plus grand diamètre. En variante, les pattes sont situées au centre du chemin conducteur.

[0080] Dans les exemples des figures 2A à 2C, la connexion électrique et mécanique entre les ponts de connexion et les deuxième éléments conducteurs est réalisée par insertion des pattes dans les orifices pratiqués dans le substrat et par brasage éventuel.

[0081] En variante comme cela est représenté sur la figure 2D, le pont de connexion comporte deux pattes de connexion 16 destinées à venir en appui plan contre les deuxième éléments de connexion et à être solidarisées

à celle-ci, par exemple par brasage. Par exemple de la pâte à braser 18 est interposée entre chaque patte de connexion 16 et le deuxième élément de connexion E2.

[0082] Il peut être envisagé de surmouler chaque premier élément conducteur avec un matériau isolant électrique sauf au niveau des contacts électriques.

[0083] Sur la figure 9, on peut voir un exemple de dispositif inductif selon l'invention comportant un grand nombre de premiers éléments conducteurs et donc un grand nombre de spires.

[0084] Sur la figure 3, on peut voir un autre exemple de premier élément conducteur sous la forme d'un circuit imprimé. Il comporte un support isolant électrique 10 sur et/ou dans lequel est formée une piste conductrice 12 formant le chemin conducteur. Des pattes de connexion 14 au substrat sont formées. En variante, plusieurs pistes peuvent être formées sur une face du circuit imprimé. En variante encore, une ou plusieurs pistes électriques peuvent être réalisées sur les deux faces du circuit imprimé, ainsi au moins deux portions de spires peuvent être formées sur un même circuit imprimé. On peut également envisager d'ajouter un ou des composants électriques sur le circuit imprimé

[0085] Dans cet exemple, les ponts de connexion sont contenus dans un plan.

[0086] Selon la variante représentée sur la figure 6A, les ponts de connexion sont contenus dans plusieurs plans. Les branches B1 et B2 sont contenus dans des plans sécants.

[0087] Sur la figure 6B, on peut voir plusieurs ponts de la figure 6A, vus de dessus, disposés les uns à côtés des autres, illustrant le fait qu'ils permettent de réaliser un dispositif inductif présentant une grande densité de spires.

[0088] En variante les ponts de connexion peuvent être ondulés en regardant dans la direction de l'axe Z.

[0089] Sur la figure 7A, c'est la portion de connexion 15 qui est contenue dans un plan distinct des branches. Sur la figure 7B, on peut voir plusieurs ponts de la figure 7A, vus de côté, disposés les uns à côtés des autres, illustrant le fait qu'ils permettent de réaliser un dispositif inductif présentant une grande densité de spires.

[0090] Les exemples de ponts de connexion des figures 6A à 7B sont disposés les uns par rapport aux autres de manière à s'emboîter. Ainsi la forme dans plusieurs plans permet néanmoins d'obtenir une densité de spires élevée.

[0091] La forme des premiers éléments conducteurs peuvent présenter d'autres formes qu'une forme en U, par exemple une forme en V.

[0092] Selon l'invention, le ou les plans contenant la portion de connexion 15 ne sont pas parallèles au substrat afin de réduire l'emprise au sol des ponts de connexion

[0093] Dans un exemple de procédé de réalisation, les premiers éléments conducteurs sont montés un à un sur le substrat et connectés électriquement aux deuxième éléments conducteurs.

[0094] Dans un autre exemple de procédé de réalisation préféré, tous les ponts de connexion sont disposés dans un outil de maintien qui monte simultanément tous les ponts de connexion sur le substrat.

[0095] Le dispositif de la figure 9 comporte un surmoulage 20 est réalisé sur les premiers éléments conducteurs E1 formant un ensemble monobloc, immobilisant les premiers éléments conducteurs les uns par rapport aux autres avant montage sur le substrat et facilitant l'assemblage des premiers éléments conducteurs sur le substrat 2. Le matériau surmoulé est isolant électrique et assure une protection. Le matériau surmoulé peut avantageusement participer au moins à la solidarisation mécanique des premiers éléments conducteurs électriques avec le substrat 2. Le matériau surmoulé est par exemple un matériau plastique, par exemple l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène), une résine époxy, un matériau silicone

[0096] Par exemple la distance d entre deux extrémités radialement intérieures de deux premiers éléments conducteurs peut être de l'ordre de 1 mm ben l'absence de surmoulage (figurer 1). Dans le cas d'un surmoulage réalisé sur les premiers éléments conducteurs surmoulés, la distance d peut être de l'ordre de 0,3 mm (figure 9).

[0097] Sur la figure 8, on peut voir un exemple de substrat permettant de réaliser deux dispositifs inductifs par exemple par exemple pour réaliser un primaire et un secondaire d'un transformateur électrique.

[0098] Dans cet exemple, les premiers éléments conducteurs et leur disposition relative sont identiques à ceux du dispositif de la figure 1.

[0099] Le substrat comporte des groupes de deuxièmes conducteurs électriques. Un premier groupe de deuxièmes conducteurs électriques participe à la connexion électrique de premiers éléments conducteurs E1 entre eux pour former le primaire et un deuxième groupe participe à la connexion électrique d'autres premiers éléments conducteurs électriques E1 entre eux pour former le secondaire.

[0100] Les références E2p désignent les conducteurs électriques assurant les connexions entre les premiers éléments conducteurs E1 pour former le primaire et les références E2s désignent les conducteurs électriques assurant les connexions entre les premiers éléments conducteurs E1 pour former le secondaire.

[0101] Comme on peut le voir sur la figure 8, de manière avantageuse les extrémités radialement extérieures des deuxièmes éléments connecteurs électriques E2p et E2s des deux groupes sont situées sur le même cercle C1 et les extrémités radialement intérieures des deuxièmes connecteurs électriques E2p et E2s des deux groupes sont situées sur le même cercle C2. Ainsi en utilisant les mêmes ponts de connexion, on peut réaliser deux dispositifs inductifs distincts.

[0102] En variante les deux dispositifs inductifs sont réalisés avec des ponts de connexion de géométries différentes, les connexions aux deuxièmes conducteurs se situant sur des cercles différents.

[0103] Il sera compris que plus de deux dispositifs inductifs peuvent être réalisés simultanément.

[0104] Dans cet exemple, les deuxièmes conducteurs E2p et les deuxièmes conducteurs E2s sont réalisés dans des plans distincts.

[0105] Dans les exemples décrits, les ponts de connexion sont situés sur une seule face du substrat.

[0106] Dans d'autres exemples, des ponts de connexion sont situés sur les deux faces du substrat. Il peut alors être envisagé de réaliser des dispositifs inductifs distincts sur chacune des faces et/ou de réaliser un ou plusieurs dispositifs inductifs distincts sur les deux faces, chaque spire d'un dispositif étant formée par un pont de connexion sur une face et un pont de connexion sur l'autre face.

[0107] Le ou les dispositifs inductifs peuvent comporter ou non des noyaux en matériau magnétique. Dans le où des dispositifs inductifs distincts sont réalisés sur les deux faces du substrat, l'un peut comporter un noyau et l'autre peut ne pas en comporter.

[0108] Un exemple de procédé de réalisation d'un dispositif inductif de la figure 1 selon l'invention va maintenant être décrit.

[0109] Les premiers éléments conducteurs sont fabriqués par découpe dans une plaque de cuivre. Les premiers éléments conducteurs sont par exemple ceux de la figure 2A.

[0110] Le substrat muni de deuxièmes éléments conducteurs est fabriqué par les techniques de la microélectronique, par exemple par gravure d'un circuit imprimé. Des perçages sont réalisés à travers le substrat aux extrémités radiales intérieures et extérieures des deuxièmes éléments conducteurs pour l'insertion des contacts électriques des premiers éléments conducteurs.

[0111] Le noyau est mis en place sur le substrat.

[0112] Les contacts électriques 6 des premiers éléments conducteurs E1 sont insérés dans les perçages et chevauchent le noyau. Par exemple tous les premiers éléments sont montés dans un outil pour assurer un montage simultané des tous les premiers éléments conducteurs sur le substrat. Une brasure peut être réalisée si cela est requis au niveau de chaque contact électrique afin de connecter électriquement chaque contact électrique à un deuxième élément conducteur.

[0113] Le dispositif inductif est terminé.

[0114] Un surmoulage sur l'ensemble des premiers éléments conducteurs peut ensuite être réalisé.

[0115] Le procédé selon l'invention est particulièrement avantageux pour fabriquer des dispositifs inductifs à contour fermé, tels que les dispositifs inductifs toriques ou en E. Néanmoins il sera compris que la présente invention s'applique à aux dispositifs inductifs de toute forme, par exemple à un dispositif inductif en forme de barreau.

[0116] L'invention est également très avantageuse pour réaliser plusieurs dispositifs inductifs simultanément et présentant un encombrement réduit.

[0117] Le dispositif inductif selon l'invention peut per-

mettre de manière très avantageuse de réaliser l'enroulement de l'inducteur des moteurs électriques.

[0118] L'invention présente également l'avantage de permettre d'intégrer un ou plusieurs dispositifs inductifs directement sur un substrat comportant d'autres fonctions électroniques, par exemple le circuit de redressement d'un transformateur d'un système de puissance électronique. Les diodes peuvent être soudées sur le substrat directement au niveau des extrémités des ponts de connexion réalisant le secondaire du transformateur.

Revendications

1. Ensemble inductif comportant au moins n premiers éléments conducteurs (E1) et un substrat (2) comportant au moins n deuxièmes éléments conducteurs (E2), n étant un entier supérieur ou égal à 1, chaque premier élément conducteur (E1) s'étendant au moins en partie dans un plan différent du substrat (2), et comportant une première extrémité (E1.1) et une deuxième extrémité (E1.2) reliées par un chemin conducteur électrique (CC), le chemin conducteur (CC) comportant une première portion (B1) munie de la première extrémité (E1.1), et une deuxième portion (B2) munie de la deuxième extrémité (E1.2), au moins l'une des première (B1) et deuxième (B2) portions étant connectée électriquement à un deuxième élément conducteur (E2) par la première ou la deuxième extrémité, et au moins une troisième portion de connexion (15) entre la première portion (B1) et la deuxième portion (B2), la première portion (B1), la deuxième portion (B2) et la troisième portion de connexion (15) comportant également deux faces (F) reliées par des bords (R), lesdites faces présentant une surface très grande par rapport à celle des bords de sorte que le chemin conducteur (CC) présente une faible épaisseur (e), les faces (F) présentant une dimension transversale (L) par rapport à la direction de circulation du courant électrique dans ledit chemin conducteur (CC), dans lequel les première (B1), deuxième (B2) et troisième (15) portions sont orientées de sorte que les lignes de courant (I1, I2, I3) circulant dans la troisième portion (15) soient situées à des distances différentes du substrat dans la direction transversale des faces (F).
2. Ensemble inductif selon la revendication 1, dans lequel n est supérieur ou égale à 2 et dans lequel la première portion (B1) de l'élément conducteur électrique est connectée électriquement à un des deuxièmes éléments conducteurs (E2) par la première extrémité (E1.1), et la deuxième portion (B2) de l'élément conducteur électrique est connectée électriquement à l'autre desdits deuxièmes éléments conducteurs (E2) par la deuxième extrémité (E1.2).

3. Ensemble inductif selon la revendication 1 ou 2, dans

lequel chaque premier élément conducteur (E1) est contenu dans un ou plusieurs plans, chaque plan étant orthogonal au substrat, ou dans lequel chaque premier élément conducteur (E1) est contenu entièrement dans un plan distinct des plans contenant les autres premiers éléments conducteurs.

4. Ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les n premiers éléments conducteurs (E1) et les n deuxièmes éléments conducteurs (E2) sont connectés électriquement formant un seul dispositif inductif.
5. Ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel au moins une première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs sont reliées électriquement entre eux et une deuxième partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs sont reliées électriquement entre eux et isolées électriquement de la première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs, formant deux dispositifs inductifs.
6. Ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel les premiers éléments conducteurs ont la forme de U, les première (B1) et deuxième (B2) portions formant les branches du U et la troisième portion (15) forme le fond du U.
7. Ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel les première (E1.1) et deuxième (E1.2) extrémités comportent au moins une patte de connexion 6 mécanique et/ou électrique, le substrat (2) comportant avantageusement des orifices (O) dans lesquels sont insérées les pattes de connexion (6), chaque patte de connexion (6) étant avantageusement maintenue dans un orifice (O) par coopération mécanique avec la paroi de l'orifice (O) et/ou par une brasure.
8. Ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 7, comportant des premiers éléments conducteurs (E1) sur une face du substrat et des premiers éléments conducteurs (E1) sur l'autre face du substrat.
9. Ensemble inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les n premiers éléments conducteurs (E1) et les n deuxièmes éléments conducteurs (E2) sont réparties radialement de sorte à former un ou plusieurs dispositifs inductifs toriques.
10. Ensemble inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les deuxièmes éléments conducteurs sont répartis dans plusieurs plans parallèles du substrat.
11. Ensemble inductif selon l'une des revendications

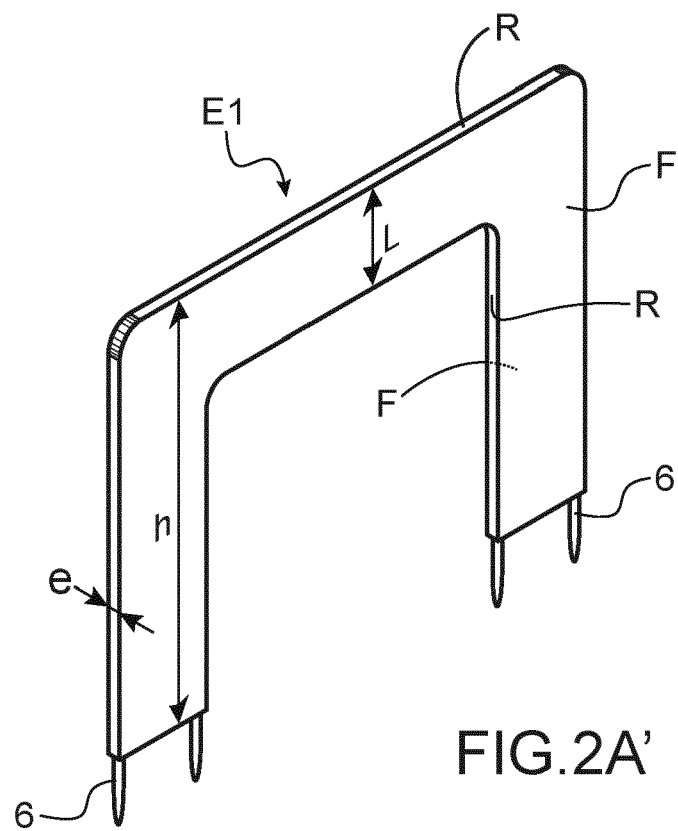
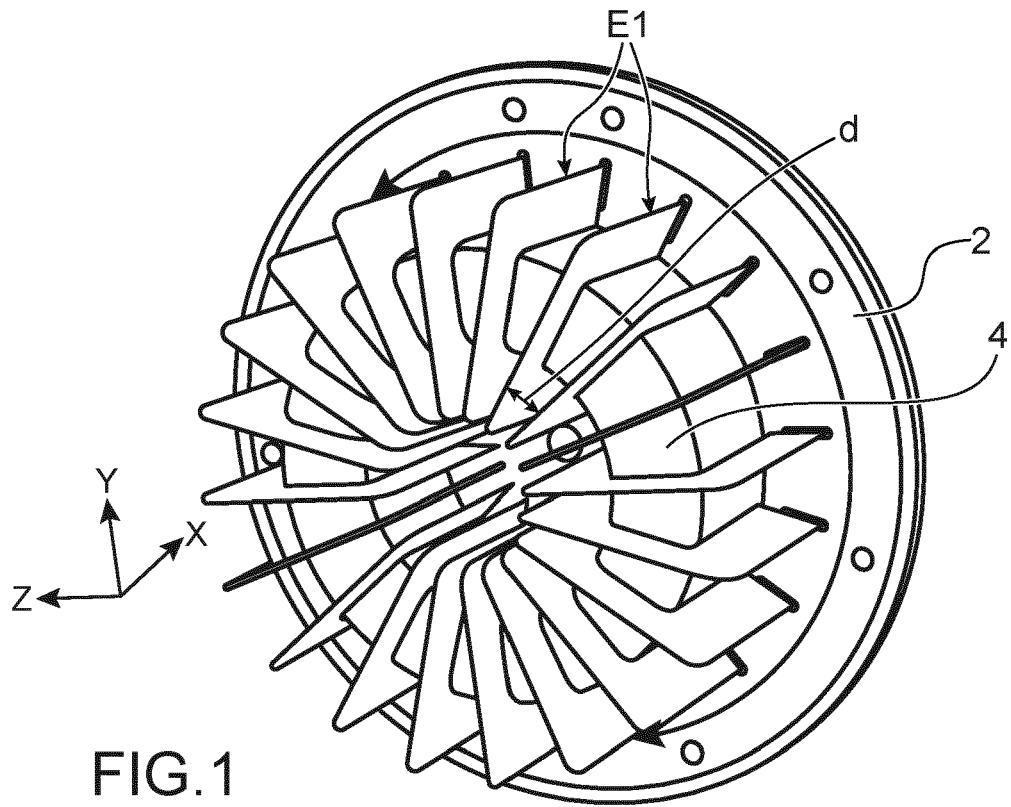
précédentes, dans lequel les premiers éléments conducteurs (E1) sont issus d'une plaque de matériau conducteur électrique découpée

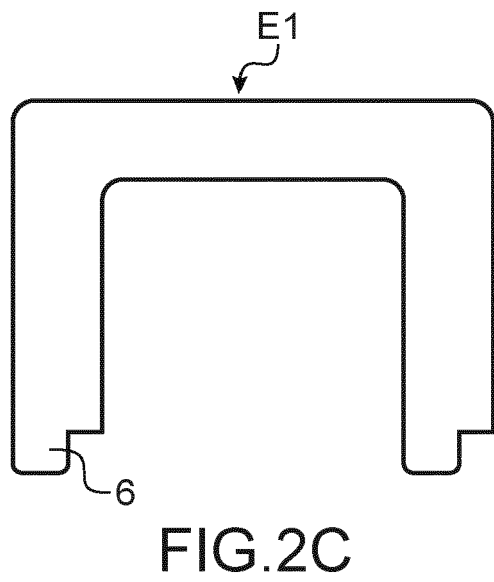
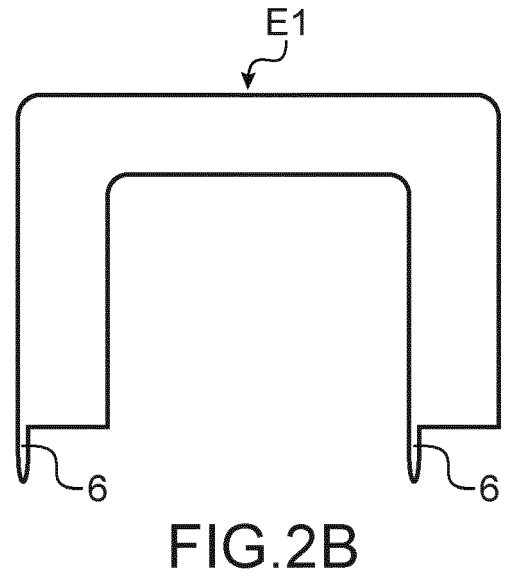
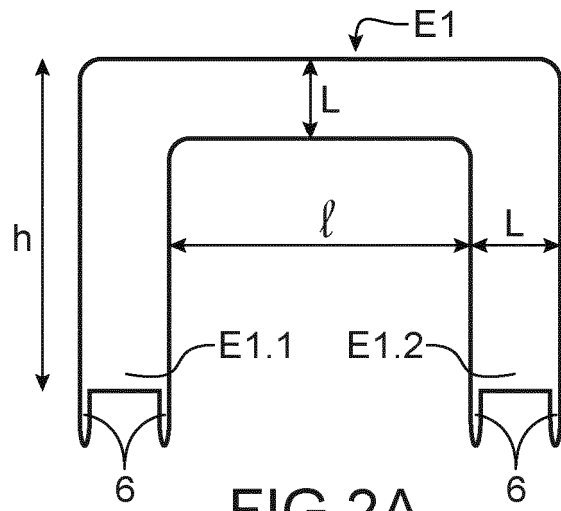
12. Ensemble inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque premier élément conducteur (E1) comporte un substrat (10) en matériau isolant électrique et une piste (12) en matériau conducteur électrique entre la première et la deuxième extrémité et formant le chemin conducteur. 5 10
13. Ensemble inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat est un circuit imprimé, et/ou les premiers éléments conducteurs sont maintenus solidaires les uns aux autres par un matériau isolant électrique surmoulé. 15
14. Transformateur électrique comportant au moins un ensemble inductif selon la revendication 5, dans lequel la première partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs forme un primaire et la deuxième partie des premiers éléments conducteurs et deuxièmes éléments conducteurs forme un secondaire. 20 25
15. Procédé de fabrication d'un ensemble inductif selon l'une des revendications 1 à 13, comportant :
- la fabrication de n premiers éléments conducteurs, 30
 - la fabrication du substrat avec les n deuxièmes éléments conducteurs,
 - le montage des n premiers éléments conducteur, comprenant :
 - la fixation mécanique des n premiers éléments conducteurs sur le substrat, 35
 - la connexion électrique de chaque premier élément conducteur à deux deuxièmes éléments conducteurs. 40

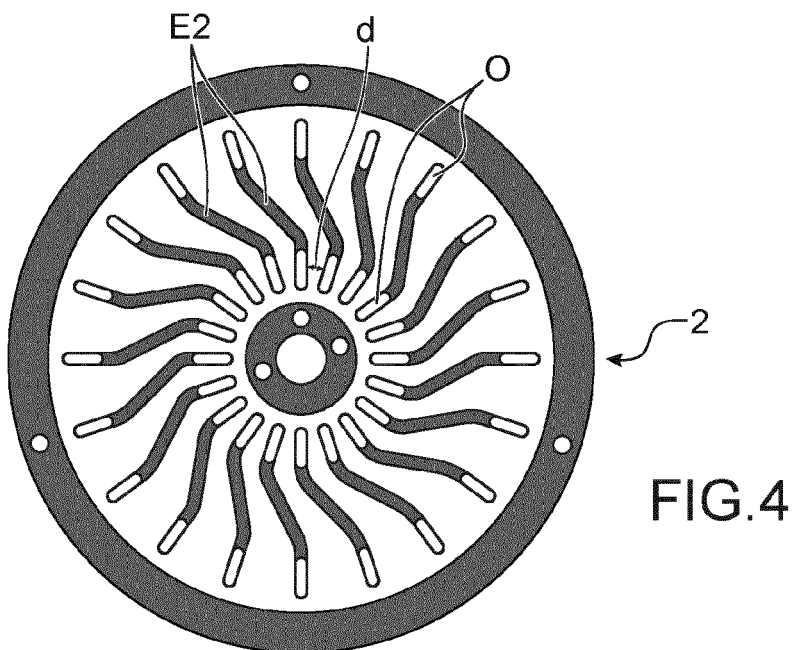
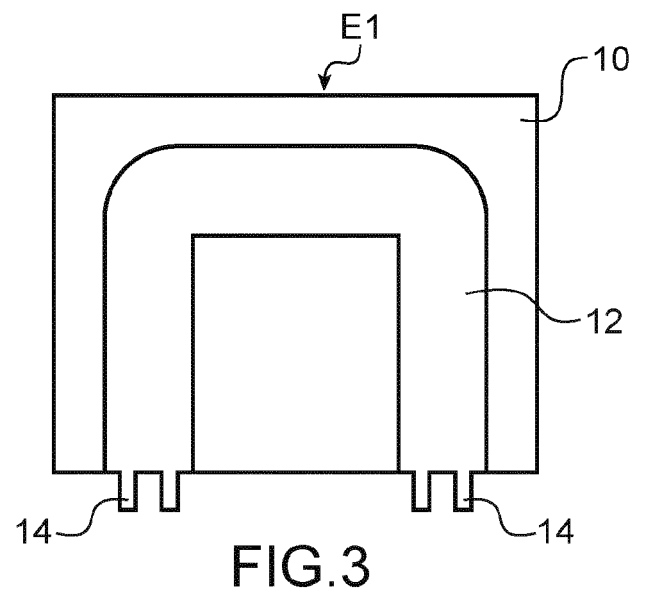
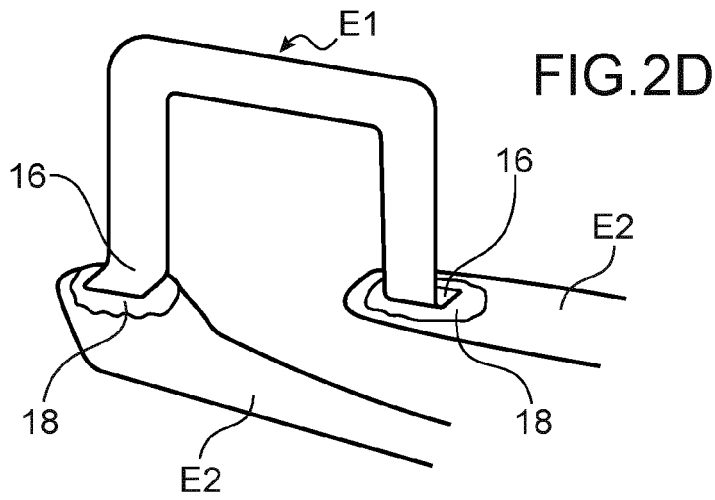
45

50

55







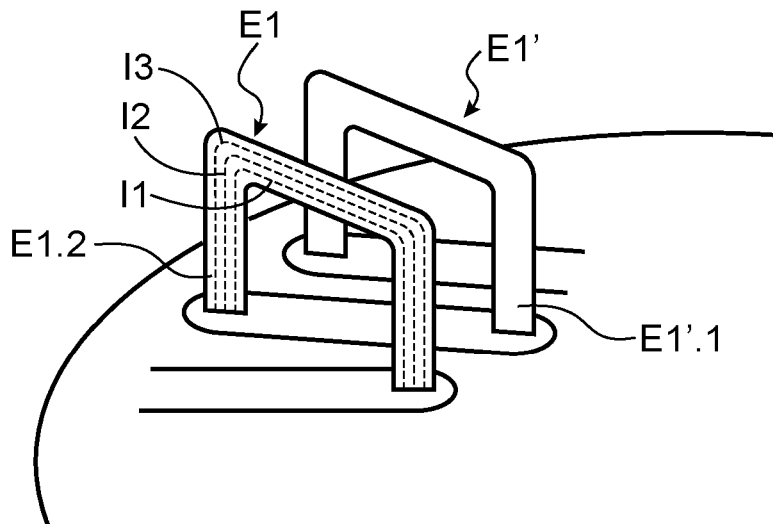


FIG. 5

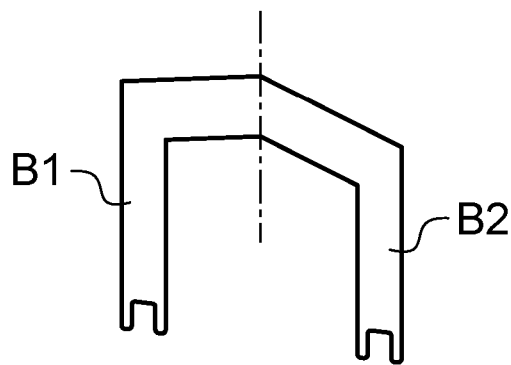


FIG. 6A

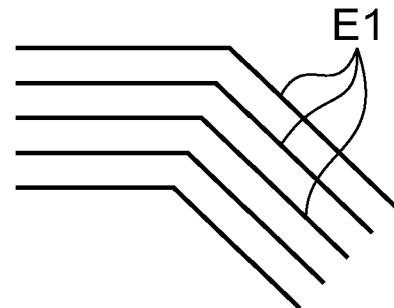


FIG. 6B

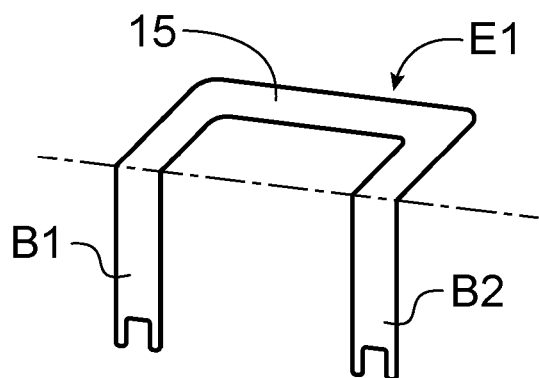


FIG. 7A

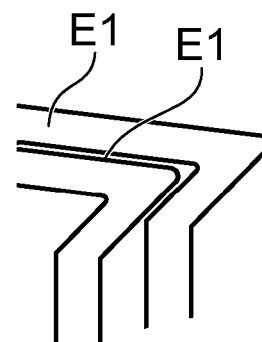


FIG. 7B

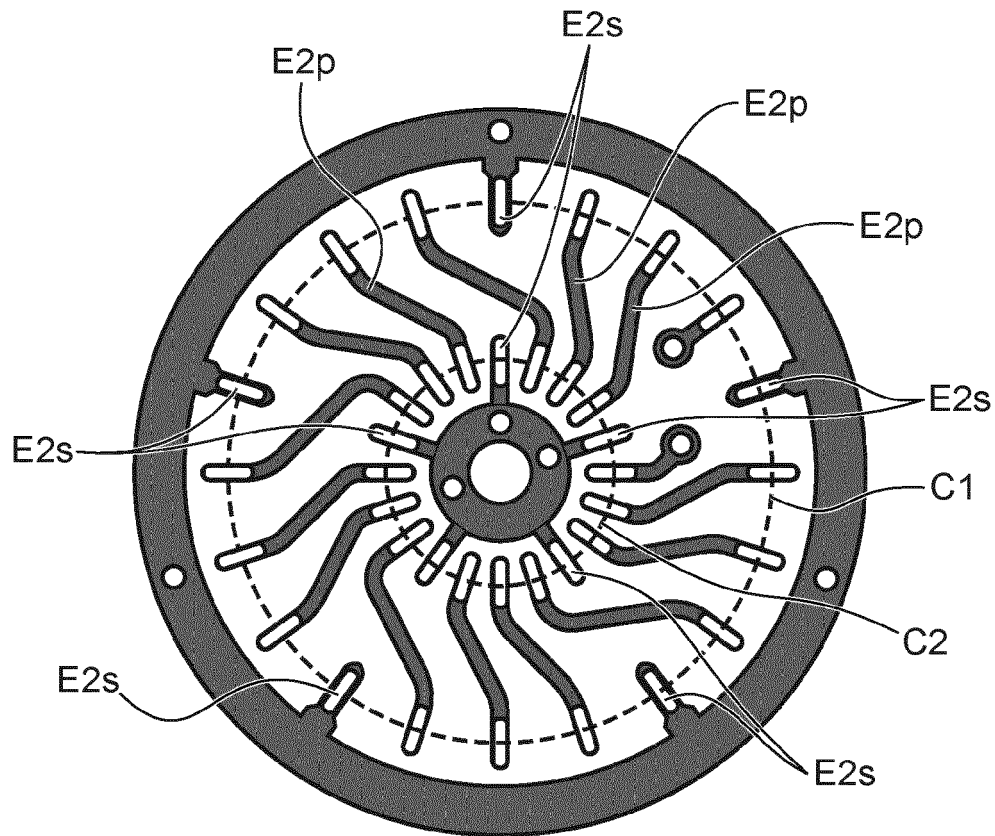


FIG. 8

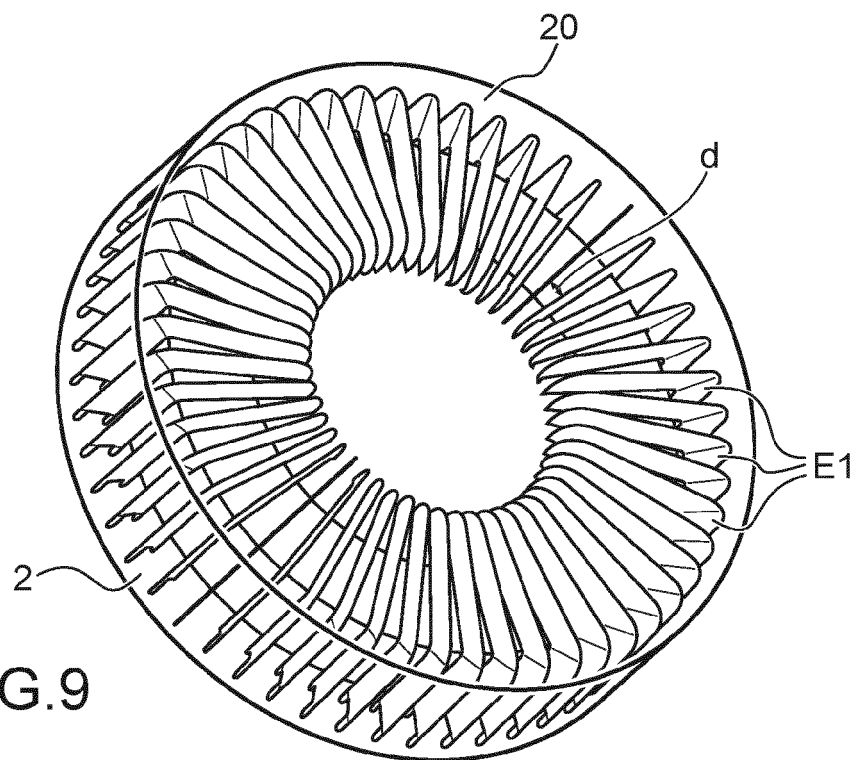


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 7303

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 2006/053862 A1 (SIEMENS AG OESTERREICH [AT]; RUMPLER HELMUT [AT]; ECKL GERALD [AT]) 26 mai 2006 (2006-05-26) * abrégé; figures 1,3 *	1-15	INV. H01F27/28 H01F27/32
X	DE 295 11 040 U1 (BENNING ELEKTROTECHNIK [DE]) 14 septembre 1995 (1995-09-14) * figures 2,3 * * alinéa [0038] *	1-15	
A	FR 2 874 123 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 10 février 2006 (2006-02-10) * abrégé; figures 1,3 *	10	
A	JP 2003 309012 A (TOSHIBA CORP) 31 octobre 2003 (2003-10-31) * alinéa [0036] *	13	
A	DE 10 2014 005118 A1 (ROSENBERGER HOCHFREQUENZTECH [DE]) 8 octobre 2015 (2015-10-08) * figure 3 *	5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 6 mai 2020	Examineur Rouzier, Brice
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 19 21 7303

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

06-05-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2006053862 A1	26-05-2006	AT 390699 T AT 501073 A1 EP 1812938 A1 WO 2006053862 A1	15-04-2008 15-06-2006 01-08-2007 26-05-2006
DE 29511040 U1	14-09-1995	AUCUN	
FR 2874123 A1	10-02-2006	AUCUN	
JP 2003309012 A	31-10-2003	AUCUN	
DE 102014005118 A1	08-10-2015	CA 2941891 A1 CN 106165034 A DE 102014005118 A1 EP 3129993 A1 JP 2017510996 A KR 20160142824 A TW 201539496 A US 2017018350 A1 WO 2015154858 A1	15-10-2015 23-11-2016 08-10-2015 15-02-2017 13-04-2017 13-12-2016 16-10-2015 19-01-2017 15-10-2015

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 9754714 B [0009]