

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 097 366

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

19 06443

⑤① Int Cl⁸ : H 01 F 41/02 (2019.01), H 01 F 27/28, 27/30

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 17.06.19.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.12.20 Bulletin 20/51.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment Public — FR.

⑦② Inventeur(s) : BERGOGNE Dominique et QUERINO
DE CARVALHO Hamilton.

⑦③ Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment Public.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤④ PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF INDUCTIF.

⑤⑦ Procédé de fabrication d'un dispositif inductif compor-
tant au moins un premier enroulement conducteur élec-
trique comprenant au moins une spire, ledit procédé
comprenant : a) la fourniture d'un support tridimensionnel
comprenant au moins un chemin en creux formé dans sa
surface extérieure, ledit chemin en creux ayant le profil du
premier enroulement à réaliser, b) application d'un matériau
conducteur sur la surface extérieure du support de sorte à
remplir au moins partiellement le chemin en creux, c) retrait
du matériau conducteur en dehors du chemin en creux de
sorte à ne conserver que le au moins un premier enroule-
ment conducteur électrique.

Pas de figure.

FR 3 097 366 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF INDUCTIF

[0001] **DOMAINE TECHNIQUE ET ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

[0002] La présente invention se rapporte à un procédé de réalisation d'un dispositif inductif.

[0003] 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.

[0004] 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.

[0005] Des dispositifs inductifs ou bobines sont généralement réalisés en enroulant un conducteur filaire autour d'un noyau.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] Cependant la réalisation par exemple de tores avec un conducteur plat est complexe.

[0009] 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 connectées entre elles par des via. Cependant il apparaît un phénomène de proximité entre les conducteurs et de capacité parasite.

[0010] 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 formé 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 annulaires 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 deuxièmes conducteurs électriques disposés de sorte à former avec les premiers éléments conducteurs un enroulement. Un noyau est disposé dans l'évidement

annulaire à l'intérieur des premiers éléments conducteurs.

- [0011] Ce procédé est complexe et long, car chaque conducteur plat doit être disposé dans l'évidement. En outre il requiert une étape de connexion à un deuxième substrat pour fermer les spires.

Exposé de l'invention

- [0012] C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un procédé de fabrication d'un dispositif inductif plus simple que les procédés de l'état de la technique.
- [0013] Le but énoncé ci-dessus est atteint par un procédé de fabrication d'un dispositif inductif comportant un enroulement comprenant au moins une spire, comprenant au moins les étapes :
- Fourniture d'un support comprenant au moins un chemin en creux délimitant un enroulement autour du support.
 - Remplissage du chemin en creux au moins partiellement avec un matériau conducteur électrique.
 - Retrait du matériau en dehors du chemin en creux.
- [0014] Le procédé selon l'invention permet de réaliser, relativement facilement, un enroulement conducteur de forme complexe.
- [0015] Le support muni du chemin en creux est réalisé par exemple directement par moulage, par usinage, par gravure ou par impression en trois dimensions.
- [0016] Le remplissage au moins partiel de l'évidement est par exemple réalisé en trempant le support dans un bain de métal fondu, tel que le cuivre.
- [0017] Le retrait du conducteur électrique en dehors de l'évidement est par exemple obtenu par abrasion.
- [0018] En d'autres termes, on utilise un support structuré, par exemple rainuré, ayant le profil d'un enroulement autour du support, sur lequel on forme une couche de matériau conducteur électrique. Il y a alors un contact intime entre le support et le matériau de l'enroulement, puisqu'il est issu d'une couche formée sur la surface extérieure du noyau.
- [0019] Grâce au procédé de fabrication, on peut réaliser des dispositifs inductifs pour lesquels le phénomène de peau et de proximité sont réduits, tout en évitant d'effectuer un enroulement manuel d'un conducteur électrique.
- [0020] La présente invention a alors pour objet un procédé de fabrication d'un dispositif inductif comportant au moins un premier enroulement conducteur électrique comprenant au moins une spire, ledit procédé comprenant :
- a) la fourniture d'un support tridimensionnel comprenant au moins un chemin en creux formé dans sa surface extérieure, ledit chemin en creux ayant le profil du premier enroulement à réaliser,

b) application d'un matériau conducteur sur la surface extérieure du support de sorte à remplir au moins partiellement le chemin en creux,
 c) retrait du matériau conducteur en dehors du chemin en creux de sorte à ne conserver que le au moins un premier enroulement conducteur électrique.

- [0021] De manière avantageuse, le retrait de l'étape c) est réalisé mécaniquement.
- [0022] Dans un exemple de réalisation, l'étape a) comporte les réalisations simultanées du support et du chemin en creux dans la surface extérieure du support. L'étape a) peut être réalisée par moulage.
- [0023] Lors de l'étape b), l'application d'un matériau conducteur peut par exemple se faire en plusieurs sous-étapes.
- [0024] Par exemple, l'étape b) comprend le trempage du support dans un bain de matériau conducteur électrique.
- [0025] Selon un exemple de réalisation, l'étape a) comporte une première sous-étape de trempage du support dans le bain de matériau conducteur électrique et une ou plusieurs sous-étapes d'accroissement de l'épaisseur de la couche de matériau conducteur électrique.
- [0026] Le procédé peut comporter préalablement à l'étape b), l'application d'une couche d'un matériau isolant électrique sur le support.
- [0027] Le procédé peut comporter, après l'étape c), l'application d'une couche d'un matériau isolant électrique sur au moins le premier enroulement conducteur électrique et la répétition des étapes b) et c) pour réaliser un deuxième enroulement électrique.
- [0028] Par exemple, le chemin en creux présente une profondeur P et une largeur L , le rapport profondeur sur largeur P/L étant compris entre 0,001 et 0,8, de préférence entre 0,01 et 0,1.
- [0029] Par exemple, lors de l'étape c), au moins un outil muni d'au moins une lame destinée à venir en contact avec la couche de matériau conducteur électrique est mis en œuvre. Le support peut comporter au moins deux surfaces parallèles et dans lequel l'outil comporte deux lames parallèles disposées l'une par rapport à l'autre pour venir chacune en contact avec une desdites surfaces parallèles.
- [0030] Dans un exemple de réalisation, le support a une forme d'anneau présentant deux surfaces radiales concentriques et deux faces d'extrémité planes parallèles.
- [0031] L'étape a) peut comporter la fourniture d'un support comportant plusieurs chemins en creux distincts.
- [0032] Par exemple, le matériau conducteur électrique est du cuivre
- [0033] Le support peut être en un matériau magnétique de sorte à former un noyau magnétique du dispositif inductif.
- [0034] La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un transformateur comportant le procédé de réalisation d'un dispositif inductif selon

l'invention comprenant plusieurs enroulements conducteurs électriques et la connexion des enroulements à au moins un circuit électrique.

Brève description des dessins

[0035] La présente invention sera mieux comprise sur la base de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels:

[0036] [fig.1A]

[0037] [fig.1B]

[0038] [fig.1C] sont des représentations schématiques d'exemple de support comportant des chemins en creux, pouvant être mis en œuvre dans le procédé de fabrication,

[0039] [fig.2A]

[0040] [fig.2B]

[0041] [fig.2C] sont des représentations schématiques d'autres exemples de support comportant des chemins en creux, pouvant être mis en œuvre dans le procédé de fabrication,

[0042] [fig.3] est une représentation schématique du support après l'étape b) du procédé,

[0043] [fig.4] est une vue de détail de la figure 3,

[0044] [fig.5]

[0045] [fig.6] sont des représentations schématiques d'exemples d'outils pour l'étape c),

[0046] [fig.7] est une représentation schématique du dispositif inductif obtenu grâce au procédé de fabrication,

[0047] [fig.8] est une représentation schématique d'un dispositif inductif obtenu grâce au procédé selon l'invention, monté sur un circuit imprimé,

[0048] [fig.9A] est une représentation schématique d'un exemple de transformateur obtenu avec le procédé de fabrication,

[0049] [fig.9B] représente le circuit électrique du transformateur de la figure 9A,

[0050] [fig.10A] est une représentation schématique d'un autre exemple de transformateur obtenu avec le procédé de fabrication,

[0051] [fig.10B] représente le circuit électrique du transformateur de la figure 10A.

[0052] EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0053] Le procédé de fabrication a pour but de fabriquer un dispositif inductif.

[0054] Dans la présente demande, on entend par « dispositif inductif », un dispositif comportant un circuit électrique formant un enroulement comprenant au moins une spire de sorte que, lorsqu'un courant électrique circule dans le circuit électrique, un flux magnétique apparaît à l'intérieur de l'enroulement.

[0055] Le dispositif inductif peut comporter un noyau magnétique ou un noyau isolant électrique.

[0056] Une spire désigne un chemin enroulé en hélice pendant un tour.

- [0057] Une spire électrique est un élément conducteur électrique enroulé en hélice pendant un tour.
- [0058] Le procédé de fabrication comporte :
- a) La fourniture d'un support en trois dimensions comportant dans sa surface extérieure un chemin en creux de sorte à former au moins une spire autour du support.
 - b) Le remplissage au moins partiel du chemin en creux par un matériau conducteur électrique.
 - c) le retrait du matériau conducteur électrique en dehors du chemin en creux de sorte à former au moins une spire électrique.
- [0059] Les étapes du procédé vont être détaillées.
- [0060] Sur les figures 1A à 1C, on peut voir des exemples de support 2.1, 2.2, 2.3 mis en œuvre dans l'étape a).
- [0061] Sur les figures 1A à 1C, les supports sont des pièces de révolution engendrées par la rotation d'un rectangle autour d'un axe extérieur au rectangle et situé dans son plan. Cette forme sera désignée « anneau ». Les supports 2.1, à 2.3 comportent deux faces planes parallèles F1, F2 et des faces F3 et F4 concentriques (figures 5 et 6). Cette forme présente l'avantage de simplifier l'étape c) comme cela sera décrit ci-dessous. Les supports 2.1, 2.2, 2.3 comportent un chemin en creux respectivement C1, C2, C3.
- [0062] En variante le support peut être un tore.
- [0063] Sur la figure 2A, le support 2.4 a la forme d'un cadre rectangulaire.
- [0064] Sur la figure 2B, le support 2.5 a la forme d'un pavé. En variante il peut s'agir d'un barreau de révolution.
- [0065] Sur la figure 2C, le support 2.6 a une forme de cylindre dont la courbe directrice est quelconque.
- [0066] Les supports 2.4, 2.5, 2.6 comportent un chemin en creux respectivement C4, C5, C6.
- [0067] Dans un exemple le support est en matériau magnétique et remplit également la fonction de noyau magnétique guidant le flux générant par l'enroulement du dispositif inductif, en plus de la fonction de support mécanique pour l'enroulement. Le matériau magnétique est par exemple un matériau à base de fer, tel que la ferrite, un matériau à base de nickel ou de chrome. Par ailleurs, le matériau magnétique peut comporter une ou plusieurs couches de matériau magnétiques formant un matériau feuilleté.
- [0068] Dans un autre exemple, le support est en un matériau non magnétique. Dans ce cas, le support n'a qu'une fonction de support mécanique pour l'enroulement. Le support est par exemple en matériau plastique tel que l'acrylonitrile butadiène styrène ou ABS, le polyétheréthercétone, en bois, en verre, en SiO_2 .
- [0069] Les supports ont par exemple réalisés par moulage, par exemple par injection, par usinage dans une pièce massive ou par impression 3D, par exemple par un procédé par

fusion de lit de poudre ou PBF (Powder Bed Fusion en terminologie anglo-saxonne) et par un procédé de dépôt de matière sous énergie concentrée ou DED (Directed Energy Deposition en terminologie anglo-saxonne). La fabrication par impression 3D est utilisée de préférence pour des petites séries.

- [0070] Pour la description détaillée du procédé, nous considérons le support 2.2 de la figure 1B.
- [0071] Le support 2.2 comporte une surface extérieure 4 dans laquelle est formé au moins un chemin en creux C2 formant un enroulement à au moins une spire. Sur les figures 1A à 2C, le chemin en creux comporte un seul enroulement comportant plusieurs spires tournant autour du support.
- [0072] Dans un autre exemple, le support comporte plusieurs enroulements séparés destinés à former plusieurs enroulements électriques séparés électriquement les uns des autres.
- [0073] Le chemin en creux 6 peut être obtenu directement lors du moulage du support ou ultérieurement par structuration de la surface extérieure 4 du support. La structuration de la surface extérieure 4 est par exemple réalisée par usinage mécanique, usinage laser ou par gravure chimique, telle que mise en œuvre dans les procédés de microélectroniques.
- [0074] Le chemin en creux présente une profondeur P et une largeur L (figure 4). De manière avantageuse le rapport P/L est inférieur à 1, de préférence le rapport P/L est compris entre 0,001 et 0,8, de manière encore préférée compris entre 0,01 et 0,1.
- [0075] Le chemin en creux peut être réparti sur tout le support ou être localisé dans une zone du support.
- [0076] Dans le cas d'un support en un matériau magnétique très capacitif, présentant par exemple une permittivité relative $\epsilon_r > 4$, une couche de matériau isolant électrique est formé sur la surface extérieure du support afin d'éloigner le ou les spires électriques qui seront formées à l'étape b) du support magnétique.
- [0077] La couche d'isolant électrique est par exemple réalisée par trempage du support dans un bain par exemple de vernis isolant électrique. En variante, la couche d'isolant électrique est réalisé en recouvrant le support avec une laque isolante par exemple en polyuréthane, avec une peinture liquide ou en poudre, par exemple en PVC, qui est ensuite chauffée. En variante encore, le support est recouvert d'une couche de céramique ou d'un polyester-imide et/ou polyamide-imide de manière similaires aux fils conducteurs dits fils émaillés.
- [0078] La couche isolante électrique recouvre alors le fond et les bords latéraux du chemin en creux et les zones en dehors du chemin en creux.
- [0079] Lors de l'étape b), on remplit au moins partiellement le chemin en creux C2 avec un matériau conducteur électrique de sorte à former un chemin conducteur continu destiné à former un enroulement autour du support 2.

- [0080] Par exemple, on recouvre toute la surface extérieure du support avec une couche 8 de matériau conducteur. La couche 8 est formée par exemple dans un bain de matériau conducteur fondu, par exemple du cuivre ou par pulvérisation.
- [0081] La couche 8 peut être réalisée en une seule étape de trempage ou en plusieurs étapes de trempage.
- [0082] En variante, dans une première sous-étape on forme une première couche fine, par exemple par trempage ou pulvérisation, et dans une deuxième sous-étape, on augmente l'épaisseur de la couche 8, par exemple par dépôt électrolytique, par exemple dans un bain de sulfate de cuivre pour réaliser une couche de cuivre.
- [0083] Sur la figure 3, on peut voir représenté schématiquement le support 2 recouvert d'une couche 8 de matériau conducteur. Sur la figure 4, on peut voir une vue de détail de la figure 3. Le dépôt est avantageusement uniforme sur tout le support et suit le relief du support.
- [0084] Par exemple la couche 8 a une épaisseur supérieure à la profondeur P, par exemple 200 μm .
- [0085] La couche 8 peut être une couche épaisse formée en une passe unique, d'épaisseur supérieure à P ou de plusieurs couches minces superposées jusqu'à atteindre l'épaisseur voulue supérieure à P.
- [0086] Il peut être envisagé de ne déposer la couche 8 que sur une partie seulement du support, par exemple dans le cas où on ne souhaite réaliser un enroulement que sur une portion angulaire du support. Il peut également être envisagé de réaliser plusieurs enroulements en des matériaux conducteurs différents. Dans ce cas, chaque zone angulaire est recouverte d'une couche de matériau conducteur 8 différent de ceux des autres zones angulaires. Les dimensions des conducteurs électrique des enroulements peuvent variées les unes des autres.
- [0087] Lors de l'étape c), une étape de retrait partiel du matériau conducteur a lieu afin de conserver l'enroulement conducteur dans le chemin en creux. Lors de cette étape, on retire le matériau déposé à l'extérieur du chemin en creux.
- [0088] Le retrait du matériau est par exemple réalisé par abrasion mécanique ou par raclage.
- [0089] Sur les figures 5 et 6, on peut voir un exemple d'outils T1 et T2 adaptés pour retirer le matériau sur les faces du support.
- [0090] L'outil T1 est adapté pour retirer le matériau conducteur sur les faces F3 et F4 simultanément.
- [0091] L'outil comporte deux paires de racloirs R1, chaque paire enserrant une zone du support. Les racloirs R1 entrent en contact avec les faces F1 et F2 et sont mis en rotation pour assurer un raclage sur l'ensemble des faces. En variante un outil présentant une forme adaptée réalise l'opération de retrait en une unique translation.
- [0092] Un autre outil T2 est prévu pour retirer le matériau 8 sur les faces F1 et F2. Il

comporte également une paire de racloirs R2 enserrant les deux faces F1 et F2, qui entre en contact avec celle-ci. Les racloirs sont ensuite mis en rotation autour de l'axe du support. Les racloirs sont par exemple en acier, en tungstène, en céramique ou en aluminium chargé en diamant.

- [0093] En utilisant un support avec des surfaces extérieures parallèles, les outils de retrait du matériau conducteur électrique peuvent être simplifiés et l'étape de retrait peut être plus rapide.
- [0094] Il sera compris que le ou les outils de retrait du matériau conducteur sont adaptés à la forme du support. Avantageusement l'écartement des racloirs est variable pour s'adapter à différentes dimensions des supports.
- [0095] L'écartement des lames et/ou la pression exercée par celles-ci sur la couche 8 est ou sont adaptés pour retirer tout le matériau 8 dans les zones en dehors du ou des chemins creux et pour ne pas attaquer le matériau du support.
- [0096] En variante, on réalise le retrait du matériau sur une face à la fois.
- [0097] En variante encore, un ou des outils portés par un bras robotisé mobile dans les trois directions de l'espace est ou sont envisageables.
- [0098] En variante, le matériau en dehors du chemin en creux est retiré au moyen d'au moins un outil abrasif, par exemple un disque abrasif ou un rouleau abrasif déplacé sur la surface extérieure du support, par exemple le disque abrasif est porté par un bras robotisé. Cette technique peut être combinée à la technique de raclage.
- [0099] En variante encore, le matériau en dehors du chemin en creux est retiré par gravure chimique en utilisant les techniques bien connues pour la fabrication des circuits imprimés.
- [0100] Il sera compris que, lors du retrait du matériau en dehors du chemin en creux, du matériau dans le chemin en creux peut être retiré en fonction de la technique de retrait mise en œuvre. Néanmoins la quantité retirée reste faible et ne gêne pas la réalisation d'un enroulement inductif.
- [0101] Sur la figure 7, on peut voir un exemple de dispositif inductif DI obtenu grâce au procédé selon l'invention comportant un enroulement conducteur formant un bobinage électromagnétique. Si le support est en un matériau magnétique, il forme un noyau magnétique guidant le flux magnétique.
- [0102] Le procédé selon l'invention permet également de réaliser plusieurs enroulements superposés. Pour cela, le procédé comporte après l'étape c), une étape d) d'enrobages de l'enroulement déjà réalisé, une étape e) de réalisation d'un ou plusieurs chemins en creux et de répétition des étapes b) et c).
- [0103] Un accès à l'enroulement réalisé préalablement est conservé pour effectuer la connexion électrique.
- [0104] Un dispositif inductif avec plus de deux enroulements superposés séparés par une

couche isolante électrique peut être fabriqué.

- [0105] Sur la figure 8, le dispositif inductif réalisé par le procédé selon l'invention peut être monté sur un circuit imprimé PCB et l'enroulement est connecté électriquement au circuit par ses deux bornes terminales B1, B2.
- [0106] Le dispositif inductif permet de réaliser simplement des transformateurs à au moins deux enroulements.
- [0107] Sur la figure 9A, on peut voir un transformateur à trois enroulements E1, E2, E3 disposés chacun sur un secteur angulaire α_1 , α_2 , α_3 respectivement. L'enroulement E1 comporte les bornes B1, B2, l'enroulement E2 comporte les bornes B3, B4 et l'enroulement E3 comporte les bornes B5, B6.
- [0108] Sur la figure 9B, on peut voir le schéma électrique de ce transformateur.
- [0109] Sur la figure 10A, on peut voir un transformateur à deux enroulements E1', E2' disposés chacun sur un secteur angulaire α_1' , α_2' respectivement. L'enroulement E1' comporte les bornes B1', B2', l'enroulement E2' comporte les bornes B3', B4'. Sur la figure 10B, on peut voir le schéma électrique de ce transformateur.
- [0110] Selon un autre exemple de réalisation, le support ne comporte pas de chemin en creux, et l'enroulement est obtenu en structurant la couche 10 de sorte à former un enroulement. Par exemple, dans le cas d'un support en forme de barreau, l'outil peut comporter un racloir se déplaçant en hélice autour du corps et retirer le matériau de couche 10 de sorte à ne laisser qu'un enroulement continu.
- [0111] En variante, le support est retiré après le retrait du matériau conducteur en dehors du chemin en creux, ce qui permet d'obtenir un enroulement creux. Le retrait du support est par exemple obtenu par gravure.
- [0112] Grâce à l'invention, les dispositifs inductifs ainsi réalisés offrent de bonnes performances en conduction et de bonnes performances de dissipation thermique, car le procédé de réalisation permet de réaliser simplement un conducteur électrique de faible épaisseur enroulé. Ainsi le phénomène d'effet de peau est sensiblement réduit, et le dispositif n'est pas sujet à l'effet de proximité qui apparaît lorsque l'enroulement est réalisé par des pistes conductrices dans des plans différents connectées entre elles par des via. Les risques d'apparition de capacité parasite sont donc sensiblement réduits.
- [0113] Le procédé de fabrication permet de réaliser un dispositif inductif offrant l'avantage d'un conducteur plan sans le phénomène de proximité qui apparaît dans les dispositifs inductifs obtenus par empilement de couches.
- [0114] En outre le procédé permet de réaliser des dispositifs inductifs présentant une grande diversité de configurations, avec un ou plusieurs enroulements, superposés ou non.
- [0115] Enfin il offre un gain en temps et en prix de revient puisque la réalisation du bobinage par enroulement d'un conducteur électrique par des moyens mécanique n'est plus requise.

[0116] Par exemple, le dispositif inductif selon l'invention peut être utilisé pour fabriquer des composants inductifs avec noyau magnétique, des convertisseurs très hautes fréquences et alimentation à découpage pour l'électronique de puissance et des transformateurs et inductances de puissance.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'un dispositif inductif comportant au moins un premier enroulement conducteur électrique comprenant au moins une spire, ledit procédé comprenant :
- a) la fourniture d'un support tridimensionnel comprenant au moins un chemin en creux formé dans sa surface extérieure, ledit chemin en creux ayant le profil du premier enroulement à réaliser,
 - b) application d'un matériau conducteur sur la surface extérieure du support de sorte à remplir au moins partiellement le chemin en creux,
 - c) retrait du matériau conducteur en dehors du chemin en creux de sorte à ne conserver que le au moins un premier enroulement conducteur électrique.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le retrait de l'étape c) est réalisé mécaniquement.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape a) comporte les réalisations simultanées du support et du chemin en creux dans la surface extérieure du support.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape a) est réalisée par moulage.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel lors de l'étape b), l'application d'un matériau conducteur se fait en plusieurs sous-étapes.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape b) comprend le trempage du support dans un bain de matériau conducteur électrique.
- [Revendication 7] Procédé selon les revendications 5 et 6, dans lequel l'étape b) comporte une première sous-étape de trempage du support dans le bain de matériau conducteur électrique et une ou plusieurs sous-étapes d'augmentation de l'épaisseur de la couche de matériau conducteur électrique.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, comportant, dans le cas d'un support en matériau magnétique préalablement à l'étape b), l'application d'une couche d'un matériau isolant électrique sur le support.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, comportant après l'étape c), l'application d'une couche d'un matériau isolant électrique sur au moins le premier enroulement conducteur électrique et la répétition des

- étapes b) et c) pour réaliser un deuxième enroulement électrique.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le chemin en creux présente une profondeur P et une largeur L, le rapport profondeur sur largeur P/L étant compris entre 0,001 et 0,8, de préférence entre 0,01 et 0,1.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel lors de l'étape c), au moins un outil muni d'au moins une lame destinée à venir en contact avec la couche de matériau conducteur électrique est mis en œuvre.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, dans lequel le support comporte au moins deux surfaces parallèles et dans lequel l'outil comporte deux lames parallèles disposées l'une par rapport à l'autre pour venir chacune en contact avec une desdites surfaces parallèles.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel le support a une forme d'anneau présentant deux surfaces radiales concentriques et deux faces d'extrémité planes parallèles.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel l'étape a) comporte la fourniture d'un support comportant plusieurs chemins en creux distincts.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel le matériau conducteur électrique est du cuivre
- [Revendication 16] Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, dans lequel le support est en un matériau magnétique de sorte à former un noyau magnétique du dispositif inductif.
- [Revendication 17] Procédé de fabrication d'un transformateur comportant le procédé de réalisation d'un dispositif inductif selon la revendication 9 ou 14 comprenant plusieurs enroulements conducteurs électriques et la connexion des enroulements à au moins un circuit électrique.

[Fig. 1A]

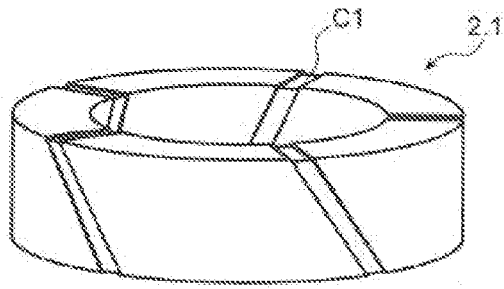


FIG. 1A

[Fig. 1B]

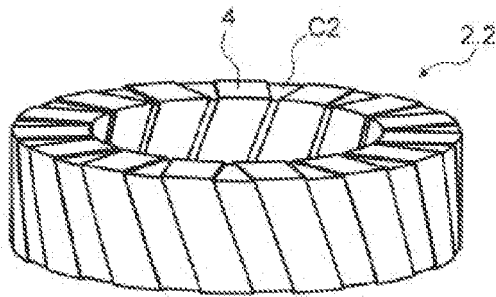


FIG. 1B

[Fig. 1C]

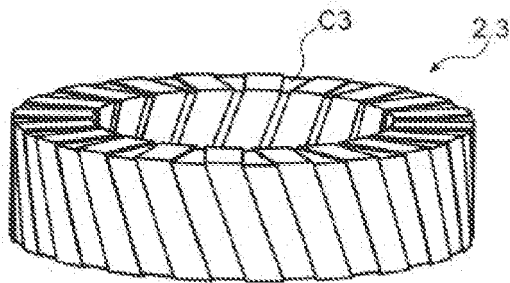


FIG. 1C

[Fig. 2A]

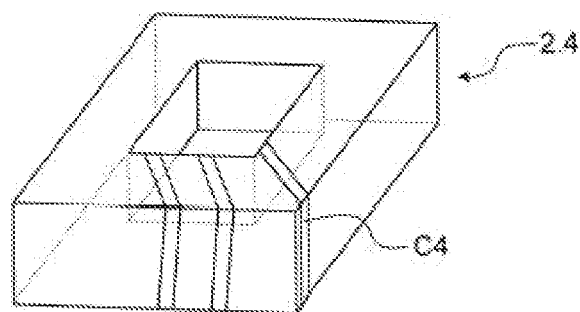
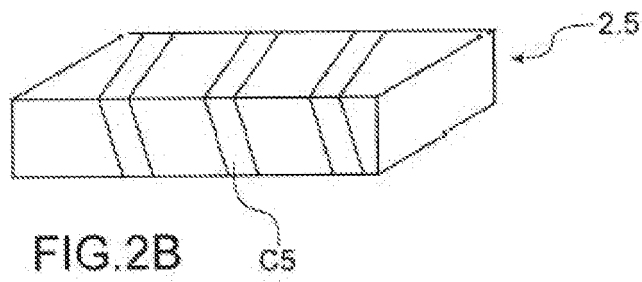
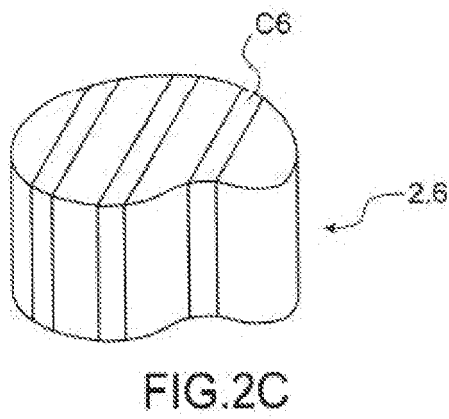


FIG. 2A

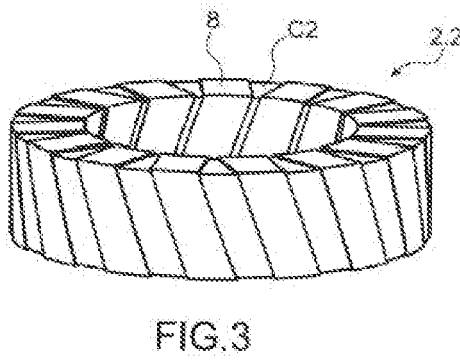
[Fig. 2B]



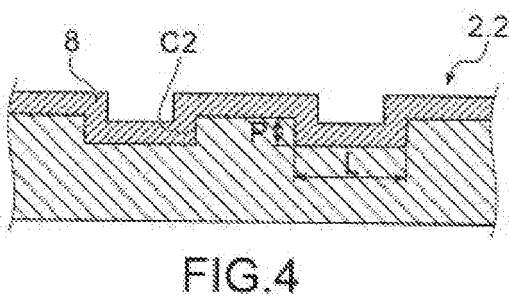
[Fig. 2C]



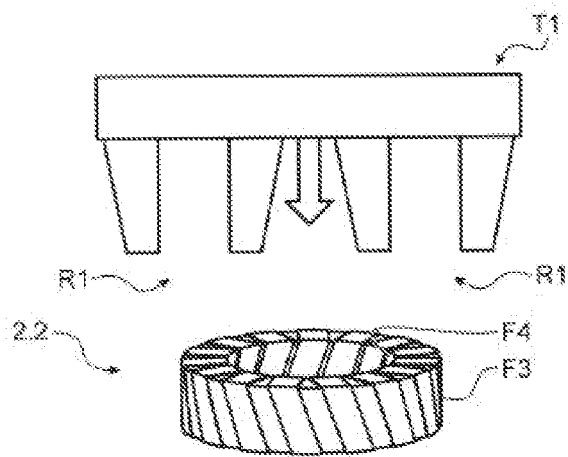
[Fig. 3]



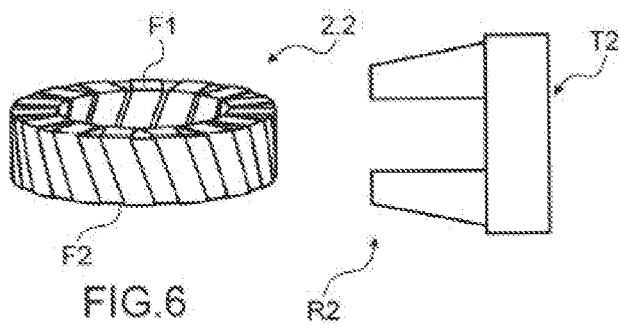
[Fig. 4]



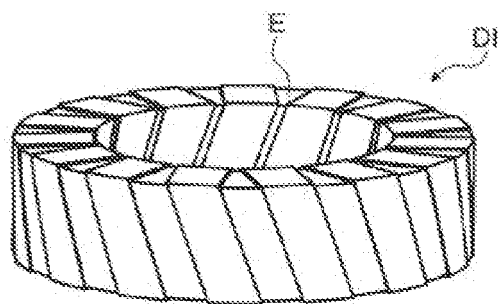
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 10A]

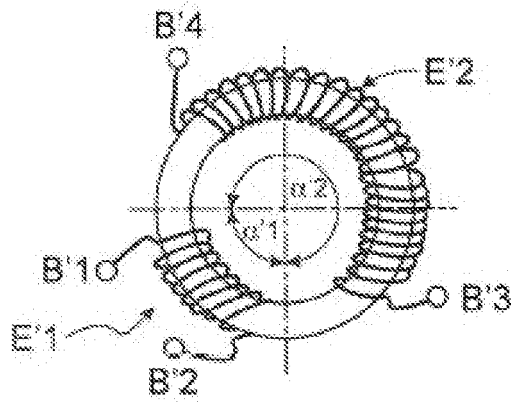


FIG. 10A

[Fig. 10B]

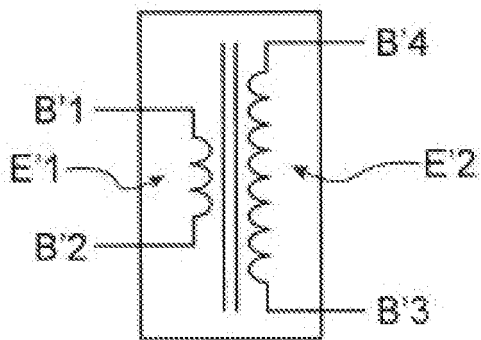


FIG. 10B

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 870729
FR 1906443

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	EP 0 747 913 A1 (MOTOROLA INC [US]) 11 décembre 1996 (1996-12-11) * abrégé * * colonne 2, ligne 25- - colonne 3, ligne 41 * * colonne 3, ligne 53 - colonne 4, ligne 56; figures 1-3 * -----	1-4,6,8, 11,13-17 5,7,9, 10,12	H01F41/02 H01F27/28 H01F27/30
X A	US 3 319 207 A (JESSE DAVIS) 9 mai 1967 (1967-05-09) * abrégé * * colonne 2, lignes 25-38,43-54 * * colonne 5, lignes 17-24,28-58; figures 1-12 * -----	1,2,8, 11,13-17 3-7,9, 10,12	
X A	JP S58 78402 A (YAGI ANTENNA) 12 mai 1983 (1983-05-12) * abrégé; figures 1-3 * -----	1-4, 13-17 5-12	
A	US 1 994 767 A (HEINTZ RALPH M) 19 mars 1935 (1935-03-19) * abrégé * * page 1, colonne de droite, ligne 45 - page 2, colonne de gauche, ligne 36; figures 1-7 * -----	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 mars 2020		Winkelmann, André	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1906443 FA 870729**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **13-03-2020**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0747913	A1	11-12-1996	DE 69610524 D1	09-11-2000
			DE 69610524 T2	17-05-2001
			EP 0747913 A1	11-12-1996
			JP H08330142 A	13-12-1996

US 3319207	A	09-05-1967	AUCUN	

JP S5878402	A	12-05-1983	AUCUN	

US 1994767	A	19-03-1935	AUCUN	
